Pametna energija za trajnostno prihodnost

Gradivo za Ekokviz OŠ
2026–2027



Ekošola

EKOKVIZ ZA OSNOVNE ŠOLE 2026/2027



KAZALO

UVOD - ENERGIJA JE POVSOD OKOLI NAS	**1**
1. OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE	**2**
2. UČINKOVITA RABA ENERGIJE	**9**
3. ELEKTRIČNA ENERGIJA - OD PROIZVODNJE DO RABE	**14**
4. HIDROENERGIJA IN DRUGE ELEKTRARNE	**19**
5. SHRANJEVANJE ENERGIJE	**23**
6. PAMETNA OMREŽJA	**28**
7. UMETNA INTELIGENCA V ENERGETIKI	**31**
8. PODNEBNE SPREMEMBE IN RAZOGLJIČENJE	**35**
9. ELEKTRIFIKACIJA PROMETA	**40**
SKLEP	**45**
VIRI IN LITERATURA	**45**

hse 25 let

Skupina hse
POSPEŠENO V ZELENO

Podpornik Ekokviza za osnovne šole za šolsko leto 2026/2027

REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA IZOBRAŽEVANJE, ZNANOST IN MLADINO

Tekmovanje Ekokviz OŠ sofinancira Ministrstvo za izobraževanje, znanost in mladino.



UVOD - ENERGIJA JE POVSOD OKOLI NAS

Ko zjutraj zazvoni budilka na telefonu, ko se prižge luč, ko se segreje voda za čaj, ko avtobus odpelje proti šoli ali ko računalnik odpre spletno stran, je v ozadju energija. Energija omogoča gibanje, segrevanje, hlajenje, svetlobo, delovanje naprav, prenos podatkov in skoraj vse procese v živih sistemih. Človeška družba je od energije odvisna bolj kot kadar koli prej, vendar se hkrati sooča z vprašanjem, kako energijo zagotavljati zanesljivo, dostopno in z vedno manjšim vplivom na okolje.

Energije ne moremo ustvariti iz nič in je ne moremo uničiti. Lahko pa jo pretvarjamo iz ene oblike v drugo. V hidroelektrarni se potencialna in kinetična energija vode pretvarjata v mehansko energijo turbine in nato v električno energijo. V sončni celici se energija svetlobe pretvori neposredno v električno energijo. V bateriji je energija shranjena v kemični obliki, v črpalni hidroelektrarni pa kot potencialna energija vode na višji legi.

Pomembno je razlikovati med energijo in močjo. Energija pove, koliko dela lahko opravimo oziroma koliko energije porabimo ali proizvedemo. Moč pa pove, kako hitro se energija prenaša ali pretvarja. Naprava z močjo 2 kW, ki deluje pol ure, porabi 1 kWh energije. Kilovat (kW) je enota moči, kilovatna ura (kWh) pa enota energije. To razliko bomo srečevali skoraj v vsakem poglavju.

Energetski prehod pomeni spreminjanje načina, kako energijo proizvajamo in uporabljamo. Ne gre samo za postavljanje sončnih in vetrnih elektrarn. Potrebujemo tudi učinkovite stavbe in naprave, zmogljiva električna omrežja, hranilnike energije, pametno upravljanje porabe, nizkoogljično proizvodnjo, elektrifikacijo prometa ter spremembe navad. Energetski sistem prihodnosti bo zato precej bolj povezan, digitalen in prilagodljiv kot sistem, ki smo ga poznali v preteklosti.

Slovenija ima pri tem posebno izhodišče. Ima dolgo tradicijo hidroenergije, eno jedrsko elektrarno, še vedno uporablja fosilna goriva, hitro povečuje število sončnih elektrarn in je močno vpeta v evropsko elektroenergetsko omrežje. Leta 2024 je bilo v bruto končni rabi energije 25 % energije iz obnovljivih virov, pri električni energiji pa je delež OVE dosegel 43,08 %. Slovenija je dejansko dosegla 24,64 % in manjkajoči del do 25 % zagotovila s statističnim prenosom 207 GWh obnovljive energije iz Hrvaške. To je lep primer, zakaj je pri energiji pomembno razumeti tudi način izračunavanja kazalnikov, ne le eno samo številko.
(Vir: SURS, Obnovljivi viri v bruto končni rabi energije, 2024.)

1. OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

Obnovljivi viri energije so viri, ki se v naravi **obnavljajo dovolj hitro**, da jih lahko ob smotrni rabi uporabljamo dolgoročno. Mednje sodijo **sončna energija, energija vetra, hidroenergija, geotermalna energija in biomasa**. Njihova skupna značilnost je, da se njihova osnovna energija nenehno obnavlja s Sončnim sevanjem, kroženjem vode, gibanjem ozračja, rastjo biomase ali toploto iz notranjosti Zemlje.

Pomembno pa je razumeti, da beseda obnovljivo ne pomeni brez vpliva na okolje. Sončna elektrarna potrebuje materiale in prostor, hidroelektrarna spremeni rečni ekosistem, vetrna elektrarna vpliva na krajino in lahko vpliva na ptice ter netopirje, pri biomasi pa nastajajo izpusti in je trajnost odvisna od načina gospodarjenja z gozdovi. Pri presoji energetskega vira zato upoštevamo celoten življenjski cikel, količino proizvedene energije, zanesljivost proizvodnje, rabo prostora, stroške, vpliv na naravo in možnosti recikliranja opreme.

1.1 Sončna energija – energija svetlobe

Sonce je **glavni vir energije** za večino procesov na Zemlji. Sončno sevanje poganja vodni krog, vpliva na veter in omogoča fotosintezo, s katero rastline shranjujejo sončno energijo v kemične vezi. Pri fotonapetostni tehnologiji pa svetlobno energijo pretvarjamo neposredno v električno energijo.

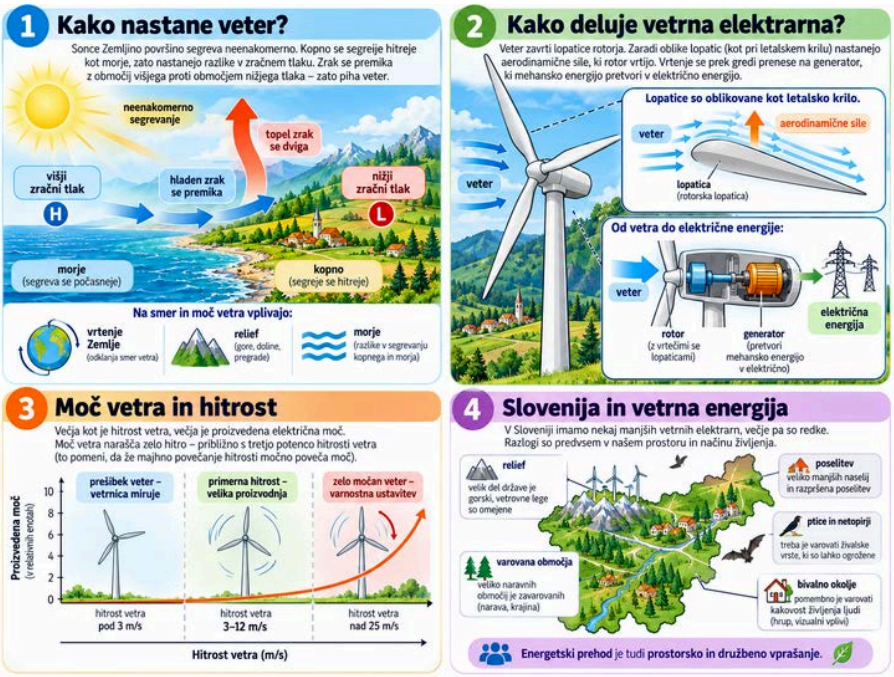
Osnovni gradnik fotonapetostnega sistema je **sončna celica**. Najpogosteje je izdelana iz silicija, polprevodniškega materiala. Ko fotoni svetlobe zadenejo celico, lahko sprostijo elektrone. Zaradi električnega polja znotraj celice se elektroni začnejo usmerjeno gibati in nastane električni tok. Posamezne celice so povezane v modul, več modulov pa sestavlja **fotonapetostno elektrarno.**

Sončne celice proizvajajo enosmerni tok. Večina naprav v stavbah in javno električno omrežje pa uporabljata izmenični tok. Zato je pomemben del sončne elektrarne razsmernik oziroma inverter, ki enosmerni tok pretvori v izmeničnega. Razsmernik pogosto opravlja tudi druge naloge: spremlja delovanje elektrarne, skrbi za varnost in prilagaja električne parametre zahtevam omrežja.

Količina proizvedene električne energije ni odvisna samo od velikosti elektrarne. Pomembni so **orientacija in naklon panelov, senčenje, oblačnost, temperatura, čistost površine in letni čas**. Zanimivo je, da zelo visoka temperatura panelov ni idealna. Sončna celica za delovanje potrebuje svetlobo, ne toplote, učinkovitost silicijevih celic pa se pri visokih temperaturah lahko zmanjša.

Pozimi je dan krajši in je Sonce nižje, zato je letna proizvodnja sončne elektrarne v Sloveniji izrazito sezonska. Ponoči je proizvodnja nič. Prav zato sončna energija od energetskega sistema zahteva prilagodljivost: druge elektrarne, hranilnike, povezave z drugimi državami ali porabnike, ki del svoje porabe premaknejo v ure z veliko sončne proizvodnje.

Sončne elektrarne v Sloveniji v zadnjih letih zelo hitro naraščajo. Po podatkih, predstavljenih na Borzenu, je bilo konec leta 2024 v Sloveniji skupaj 65.318 sončnih elektrarn z močjo približno 1.422 MW; do sredine leta 2025 se je skupno število približalo 69.000, moč pa 1.523 MW. To pomeni, da sončna energija ni več obrobna tehnologija, temveč pomemben del elektroenergetskega sistema.
(Vir: Borzen, pregled stanja sončnih elektrarn, 2025.)



Grafika 1: Vetrna energija

1.2 Energija vetra

Veter nastaja zaradi neenakomernega segrevanja Zemljinega površja. Različni deli površja se segrevajo različno hitro, zato nastajajo razlike v temperaturi in zračnem tlaku. Zrak se začne premikati iz območij višjega proti območjem nižjega tlaka. Na smer vetrov vplivajo tudi vrtenje Zemlje, relief, morje in drugi dejavniki.

Vetrna elektrarna izkorišča kinetično energijo zraka. Lopatice rotorja so oblikovane podobno kot krilo letala. Veter na njih ustvari aerodinamične sile, zaradi katerih se rotor zavrti. Vrtenje se prenese na generator, ki mehansko energijo pretvori v električno.

Moč vetra zelo hitro narašča s hitrostjo vetra. To pomeni, da majhna razlika v hitrosti vetra lahko povzroči veliko razliko v razpoložljivi energiji. Vetrnica zato ne deluje enako učinkovito pri vsakem vetru. Pri prešibkem vetru miruje, pri primerni hitrosti doseže veliko proizvodnjo, pri zelo močnem vetru pa se zaradi varnosti lahko ustavi.

Slovenija ima zaradi reliefa, poselitve, varovanih območij in razmer vetra manj velikih vetrnih elektrarn kot številne severnoevropske države. Pri umeščanju vetrnic je treba uskladiti energetske koristi z varovanjem narave, krajine, ptic, netopirjev, bivalnega okolja in drugimi rabami prostora. To je dober primer, kako je energetski prehod tudi prostorsko in družbeno vprašanje.

1.3 Hidroenergija

Hidroenergija izkorišča **energijo vode**. Voda na višji legi ima potencialno energijo, tekoča voda pa kinetično energijo. Ko usmerjen tok vode zavrti turbino, se energija vode spremeni v mehansko energijo, generator pa jo pretvori v električno.

Količina proizvedene energije je odvisna predvsem **od pretoka in višinske razlike oziroma padca**. Velik pretok z majhnim padcem in majhen pretok z velikim padcem lahko oba omogočata pomembno proizvodnjo, vendar zahtevata različne vrste turbin in zasnovo elektrarne.

Poznamo **pretočne hidroelektrarne**, pri katerih je proizvodnja močno odvisna od trenutnega pretoka reke, **akumulacijske elektrarne**, ki del vode shranjujejo v zbiralniku, ter **črpalne hidroelektrarne**, ki delujejo predvsem kot hranilniki energije. Slovenija ima razvito hidroenergetiko na Dravi, Savi in Soči. Zaradi razmeroma velikega deleža hidroenergije je slovenska proizvodnja elektrike občutljiva na vodnatost rek: mokro leto in sušno leto se lahko po proizvodnji hidroelektrarn močno razlikujeta.

Hidroelektrarna med obratovanjem ne kuri fosilnega goriva, vendar jez spremeni rečni tok, zadržuje sediment, lahko prekine selitvene poti rib in spremeni habitat. Zato sodobno načrtovanje vključuje ekološko sprejemljiv pretok, ribje prehode, spremljanje sedimentov in druge omilitvene ukrepe.

1.4 Geotermalna energija

Geotermalna energija je **toplota iz notranjosti Zemlje**. Del toplote izvira še iz časa nastanka planeta, velik del pa nastaja pri radioaktivnem razpadu naravnih elementov v kamninah. Temperatura z globino praviloma narašča, vendar je dostopnost geotermalne energije zelo različna glede na geološko zgradbo.

Geotermalno energijo lahko uporabljamo neposredno **za ogrevanje stavb, rastlinjakov, bazenov in tehnološke procese.** Kjer so temperature dovolj visoke, jo je mogoče uporabiti tudi za proizvodnjo električne energije. V Sloveniji ima največji potencial za neposredno rabo severovzhodni del države, kjer je termalna voda že dolgo pomembna za zdravilišča in ogrevanje.

Toplotna črpalka zemlja–voda ni isto kot geotermalna elektrarna. Toplotna črpalka izkorišča toploto plitvega okolja in jo s pomočjo električne energije prenese na višjo temperaturno raven. Geotermalna elektrarna pa uporablja bistveno višje temperature iz globljih geoloških plasti.



Grafika 2: Geotermalna energija

1.5 Biomasa

Biomasa vključuje snovi biološkega izvora: **les, lesne ostanke, nekatere kmetijske ostanke, bioplin in biogoriva**. V Sloveniji je najpomembnejša lesna biomasa. Les pri gorenju sprošča energijo, ki jo je drevo pred tem s fotosintezo shranilo iz sončne energije.

Pri biomasi pogosto rečemo, da je del kratkega ogljikovega kroga, vendar to ne pomeni, da je vsako kurjenje lesa podnebno nevtralno. Pomembno je, kako hitro gozd ponovno veže sproščeni ogljik, kakšna je učinkovitost kurilne naprave, kako daleč se gorivo prevaža in ali gozdne zaloge ostajajo stabilne.

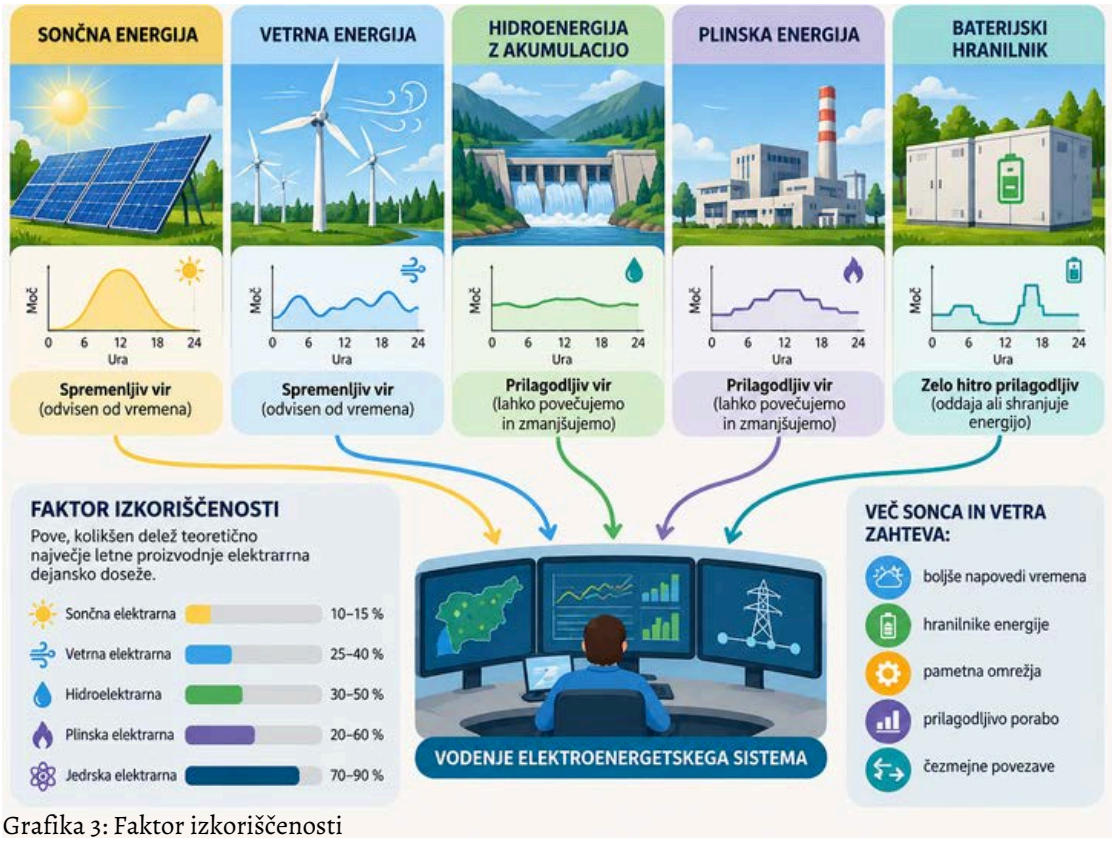
Kurjenje v zastarelih pečeh lahko povzroča velike izpuste delcev in drugih onesnaževal zraka. Energetska in okoljska kakovost biomase je zato odvisna tudi od tehnologije zgorevanja, kakovosti goriva in pravilnega upravljanja naprave.

1.6 Spremenljivi in vodljivi viri

V energetiki je zelo pomembno, ali lahko proizvodnjo elektrarne načrtno povečujemo in zmanjšujemo. Sončna in vetrna elektrarna sta spremenljiva vira: njuna razpoložljiva moč je odvisna od vremena. Hidroelektrarna z akumulacijo, plinska elektrarna ali baterijski hranilnik lahko proizvodnjo oziroma oddajo energije prilagajajo hitreje.

To ne pomeni, da so spremenljivi viri slabi. Pomeni pa, da večji delež sonca in vetra zahteva drugačen način vodenja sistema. Potrebujemo boljše napovedi vremena, hranilnike, pametna omrežja, prilagodljivo porabo in čezmejne povezave.

Pomemben pojem je **faktor izkoriščenosti**. Elektrarna z nazivno močjo 1 MW ne proizvaja 1 MW vse leto. Sončna elektrarna ponoči ne proizvaja, hidroelektrarna je omejena s pretokom, jedrska elektrarna pa lahko velik del leta deluje blizu polne moči. Faktor izkoriščenosti pove, kolikšen delež teoretično največje letne proizvodnje elektrarna dejansko doseže.



Grafika 3: Faktor izkoriščenosti

Slovenija in obnovljivi viri

Po končnih podatkih SURS je **delež obnovljivih virov** v bruto končni rabi energije leta 2024 znašal 25 %. V sektorju električne energije je znašal 43,08 %, pri ogrevanju in hlajenju 33,66 %, v transportu pa 9,24 %. Posodobljeni slovenski Nacionalni energetski in podnebni načrt predvideva najmanj 33-odstotni delež OVE v bruto končni rabi energije do leta 2030.

Ti podatki pokažejo, da **elektrika ni edino področje energetskega prehoda**. Tudi če bi velik del elektrike proizvedli iz obnovljivih virov, bi morali zmanjševati uporabo fosilnih goriv pri ogrevanju, v industriji in prometu.

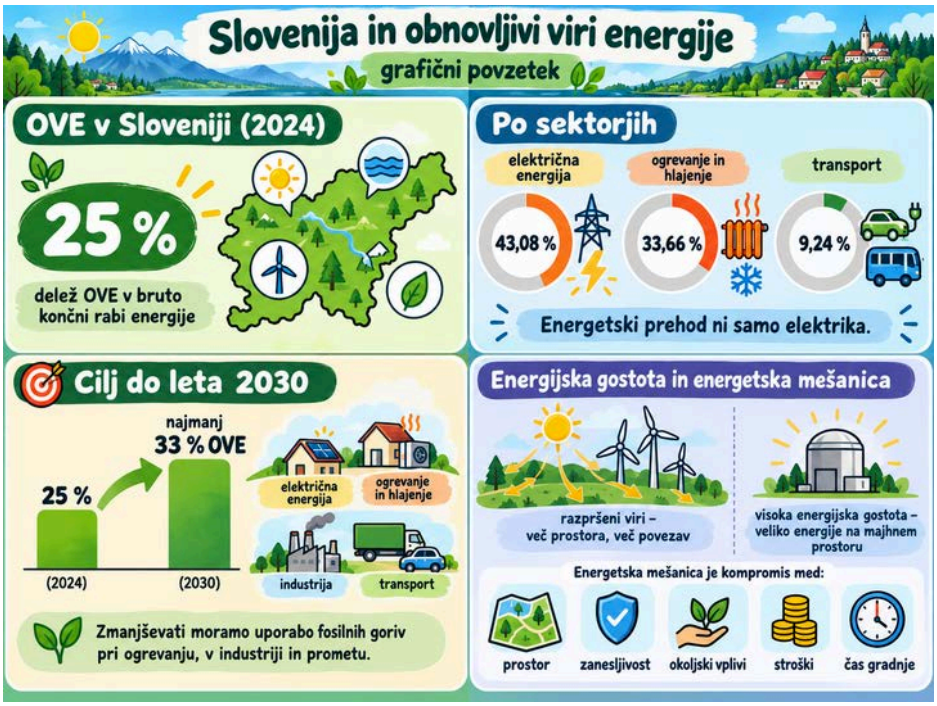
Energijska gostota in zakaj potrebujemo različne vire

Energijska gostota opisuje, koliko energije lahko pridobimo iz določene mase, prostornine ali površine. Fosilna goriva in jedrsko gorivo imajo zelo veliko energijsko gostoto v primerjavi z razpršenimi tokovi sonca in vetra. To je eden od razlogov, da obnovljivi viri pogosto potrebujejo večjo površino in razvejano infrastrukturo.

To ni nujno slabost, je pa pomembna lastnost sistema. Razpršena proizvodnja omogoča, da elektriko proizvajamo bližje porabnikom, hkrati pa zahteva veliko število naprav in povezav. Visoko energijsko gosti viri lahko na majhnem prostoru proizvedejo veliko energije, vendar imajo druge izzive. Energetska mešanica je zato kompromis med prostorom, zanesljivostjo, okoljskimi vplivi, stroški in časom gradnje.

Raba prostora in večnamenska raba

Pri energetiki prostor ni samo prazna površina. Na istem območju so lahko narava, kmetijstvo, promet, naselja, rekreacija in kulturna krajina. Zato je vprašanje, kam postavimo energetske objekte, pogosto prav tako pomembno kot vprašanje, katero tehnologijo izberemo.



Grafika 4: Slovenija in obnovljivi viri energije

Pri **hidroelektrarnah** se raba prostora kaže drugače: akumulacija lahko poplavi dolino ali spremeni rečno krajino. Pri vetrnicah je fizično zasedena površina temeljev majhna, vidni in ekološki vpliv pa se razteza precej širše. Zato pri vseh tehnologijah potrebujemo presojo konkretnega prostora, ne le splošne trditve, da je neka tehnologija 'zelena'.

Sončne elektrarne lahko nameščamo na strehe, fasade, parkirišča, protihrupne ograje in druga že pozidana območja. Takšna raba pogosto zmanjša pritisk na kmetijska in naravna zemljišča. Pri večjih elektrarnah na prostem se razvija tudi agrivoltaika, kjer se na isti površini združujeta proizvodnja elektrike in kmetijska dejavnost. Senčenje lahko nekaterim kulturam v vročih razmerah celo koristi, vendar mora biti sistem prilagojen rastlinam in obdelavi.

Življenjski cikel sončnih in vetrnih elektrarn

Pri presoji tehnologije je pomemben življenjski cikel: pridobivanje surovin, izdelava, prevoz, gradnja, obratovanje, vzdrževanje in razgradnja. Sončni moduli vsebujejo predvsem steklo, aluminij, silicij, bakrene povezave in manjše količine drugih materialov. Vetrnice potrebujejo velike količine jekla in betona, za generatorje pa tudi baker in pri nekaterih izvedbah trajne magnete.

Večina izpustov sončne ali vetrne elektrarne nastane pri izdelavi materialov in gradnji, med obratovanjem pa neposrednega zgorevanja ni. Zato je pomembno, koliko elektrike naprava proizvede v svoji življenjski dobi. Elektrarna na območju z dobrim virom lahko energijo, porabljeno za izdelavo, nadomesti v razmeroma kratkem delu življenjske dobe, nato pa še mnogo let proizvaja elektriko z majhnimi dodatnimi izpusti.

Ob koncu življenjske dobe postane pomembno recikliranje. Pri sončnih modulih lahko ponovno pridobimo velik delež stekla in aluminija, razvijajo pa se postopki za učinkovitejše vračanje silicija in kovin. Pri vetrnicah je recikliranje jekla in bakra dobro razvito, večji izziv so kompozitne lopatice.

Kaj določa proizvodnjo sončnega panela?

Sončno sevanje, ki doseže površje Zemlje, je zelo veliko, vendar ga nobena sončna celica ne more v celoti spremeniti v elektriko. Del svetlobe se odbije, del preide skozi material, del energije pa se spremeni v toploto. Učinkovitost običajnih sodobnih silicijevih modulov je približno okoli petine prejete sončne energije, pri najboljših komercialnih izvedbah nekoliko več. To pomeni, da večina sončne energije na panelu ne postane električna energija. Kljub temu je vir tako obilen, da lahko velika površina modulov proizvede zelo velike količine elektrike.

Pri načrtovanju elektrarne zato ne gledamo samo nazivne moči. Pomembna je **letna proizvodnja**, ki jo ocenjujemo v kWh ali MWh. Dve elektrarni z enako nazivno močjo lahko zaradi različne lege, senčenja in orientacije proizvedeta različno količino energije. Na severni strešini je proizvodnja praviloma manjša kot na dobro osončeni južni, vzhodna in zahodna orientacija pa lahko razporedita proizvodnjo bolj proti jutru in večeru.

Tudi umazanija, sneg in delno senčenje vplivajo na rezultat. Če je del modula v senci, se lahko **proizvodnja zmanjša** bolj, kot bi pričakovali samo iz zasenčene površine, ker so posamezne celice električno povezane. Sodobni sistemi zato uporabljajo obvodne diode, optimizatorje ali mikroinverterje, ki zmanjšujejo posledice neenakomernega osončenja.



Grafika 5: Življenjski cikel sončnih in vetrnih elektrarn

Rast sončnih elektrarn v Sloveniji

Rast sončnih elektrarn je eden najbolj vidnih premikov v slovenski energetiki. Konec leta 2021 je bilo po podatkih, zbranih pri Borzenu, približno 18.400 sončnih elektrarn s skupno močjo 468 MW. Konec leta 2022 jih je bilo že več kot 31.000 in skoraj 700 MW, konec leta 2023 približno 49.000 in 1.105 MW, konec leta 2024 pa več kot 65.000 in 1.422 MW. V samo treh letih se je torej skupna moč približno potrojila.

Takšna rast je velik uspeh z vidika novih obnovljivih virov, vendar hkrati pomeni nove zahteve za distribucijsko omrežje. Če se veliko elektrarn priključi na isto lokalno omrežje, se lahko pojavi omejitev pri oddaji energije. Zato razvoj sončnih elektrarn in razvoj omrežja ne moreta potekati ločeno.

Podatek o številu naprav tudi ne pove, koliko elektrike dejansko proizvedejo. Majhna hišna elektrarna in večja elektrarna na industrijski hali se štejeta vsaka kot ena naprava, njuna moč pa se zelo razlikuje. Pri primerjavi je zato treba gledati hkrati število, skupno moč in letno proizvodnjo.



Grafika 6: Sončne elektrarne v Sloveniji



Grafika 7: Ključni pojmi



Grafika 8: Energijska dejstva

2. UČINKOVITA RABA ENERGIJE

Energetski prehod ni samo iskanje novih virov. Enako pomembno je vprašanje, koliko energije sploh potrebujemo. Če enako storitev dosežemo z manj energije, govorimo o **večji energetski učinkovitosti**. Dobro izolirana stavba lahko ohranja enako temperaturo z manj toplote, LED-sijalka ustvari podobno količino svetlobe z manj električne energije, učinkovit elektromotor pa za enako mehansko delo porabi manj elektrike.

Energetska učinkovitost se razlikuje od varčevanja. Varčevanje lahko pomeni, da storitve ne uporabimo, na primer ugasnemo luč. Učinkovitost pa pomeni, da za isto storitev potrebujemo manj energije. V praksi se oba pristopa dopolnjujeta.

2.1 Kje gospodinjstva porabijo največ energije?

V Sloveniji je bilo leta 2024 gospodinjstvom namenjenih približno 43.000 TJ končne energije. Največji delež, približno 60 %, je šel za ogrevanje prostorov. Razsvetljava in električne naprave so predstavljale približno 19 %, ogrevanje sanitarne vode 16 %, kuhanje 4 %, hlajenje pa približno 1 %. Podrobnejši pregled, objavljen leta 2026, kaže skoraj enako strukturo: 59 % za ogrevanje, 20 % za električne naprave in razsvetljavo, 16 % za toplo vodo, 4 % za kuhanje in 2 % za hlajenje. (Vir: SURS, Energetska statistika 2024.)
Ta podatek je pomemben, ker pokaže, zakaj so ukrepi na stavbah pogosto učinkovitejši od osredotočanja samo na majhne elektronske naprave. Če je skoraj dve tretjini energije povezane z ogrevanjem prostora, lahko dobra izolacija, učinkovito ogrevanje in pravilno prezračevanje prinesejo zelo velike prihranke.

2.2 Kako stavba izgublja toploto?

Toplota spontano prehaja iz toplejšega okolja v hladnejše. Pozimi toplota iz notranjosti stavbe prehaja skozi zunanje stene, streho, okna, vrata in tla proti hladnejšemu zunanjemu zraku. Del toplote izgubimo tudi zaradi prezračevanja in netesnosti.
Toplotna izolacija upočasni prehod toplote. Materiali z majhno toplotno prevodnostjo vsebujejo veliko drobnih zračnih prostorov, skozi katere se toplota prenaša počasneje. Pri stavbi je zelo pomembna neprekinjenost izolacijskega ovoja. Mesta, kjer toplota lažje uhaja, imenujemo toplotni mostovi. Pogosto nastanejo na balkonih, stikih sten, okoli oken in na drugih konstrukcijskih prehodih.

Okna so poseben del ovoja. Sodobna večslojna zasteklitev zmanjšuje toplotne izgube, hkrati pa lahko skozi okna v stavbo prihaja sončna energija. Pozimi je to lahko koristno, poleti pa lahko povzroči pregrevanje. Zato so zunanja senčila pomemben ukrep za zmanjševanje potrebe po hlajenju.

2.3 Ogrevanje in toplotne črpalke

Toplotna črpalka ne proizvaja vse toplote neposredno iz električne energije, temveč **toploto prenaša iz okolja** – zraka, tal ali vode – na višjo temperaturno raven. Zato lahko iz ene enote električne energije prenese več enot toplote. Razmerje med oddano toploto in porabljeno elektriko izražamo s koeficientom učinkovitosti COP. Če je COP 4, naprava v določenih pogojih z 1 kWh elektrike prenese približno 4 kWh toplote.

COP ni vedno enak. **Toplotna črpalka deluje učinkoviteje**, kadar je temperaturna razlika med virom toplote in ogrevalnim sistemom manjša. Zato so nizkotemperaturni sistemi, na primer talno ogrevanje, pogosto dobra kombinacija s toplotno črpalko.



Grafika 9: Delovanje toplotne črpalke

Med letoma 2015 in 2024 se je v slovenskih gospodinjstvih delež toplote iz okolice, ki jo izkoriščajo toplotne črpalke, povečal z okoli 2 % na 7 % porabe energentov gospodinjstev. Hkrati se je delež električne energije povečal s 24 % na 35 %, uporaba fosilnih goriv pa se je zmanjšala. (Vir: SURS.)

2.4 LED razsvetljava

Klasična žarnica z žarilno nitko pretvori velik del električne energije v toploto in le manjši del v vidno svetlobo. LED-dioda ustvarja svetlobo z elektroluminiscenco v polprevodniškem materialu in je veliko učinkovitejša. Zato za podobno količino svetlobe potrebuje bistveno manj električne moči.

Pri sijalkah je pomembno razlikovati med vati in lumni. **Vat** pove električno moč, **lumen** pa količino vidne svetlobe. Če želimo primerjati svetila, je zato bolj smiselno gledati število lumnov in porabo v vatih kot samo moč.

Barvna temperatura, izražena v kelvinih, pove, ali svetlobo dojemamo kot toplo rumenkasto ali hladnejšo belo. To ni isto kot energetska učinkovitost, vpliva pa na počutje in primernost osvetlitve prostora.



Grafika 10: Vati in lumni



Grafika 11: Barvna temperatura

2.5 Energetske nalepke

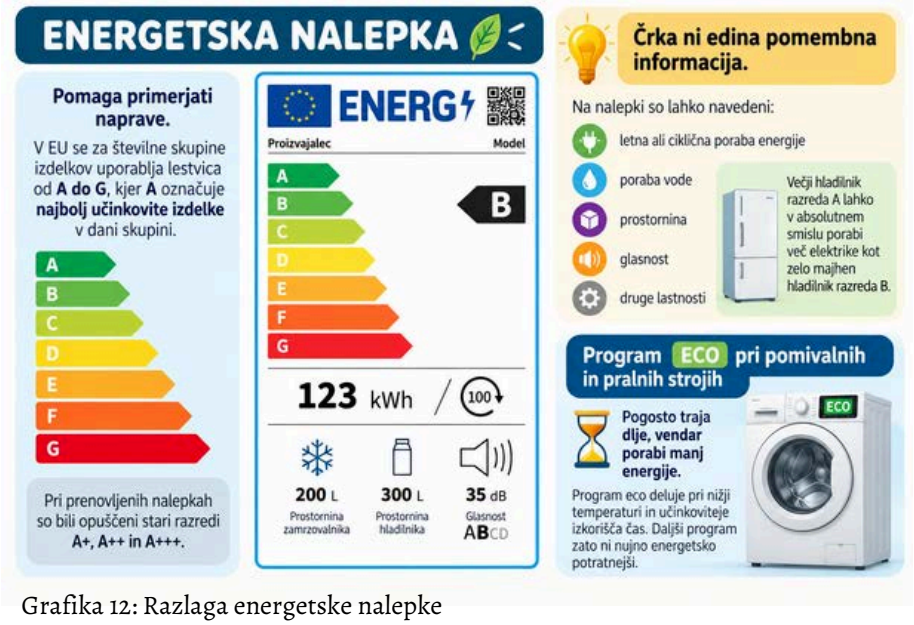
Energetska nalepka pomaga primerjati naprave. V Evropski uniji se za številne skupine izdelkov uporablja lestvica **od A do G**, kjer A označuje najbolj učinkovite izdelke v dani skupini. Pri prenovljenih nalepkah so bili opuščeni stari razredi A+, A++ in A+++.

Črka ni edina pomembna informacija. Na nalepki so lahko navedeni letna ali ciklična poraba energije, poraba vode, glasnost, prostornina in druge lastnosti. Večji hladilnik razreda A lahko v absolutnem smislu porabi več elektrike kot zelo majhen hladilnik razreda B. Pravilna izbira zato upošteva velikost, potrebe gospodinjstva in dejansko porabo.

Pri pomivalnih in pralnih strojih program 'eco' pogosto traja dlje, vendar porabi manj energije, ker deluje pri nižji temperaturi in učinkoviteje izkorišča čas. Daljši program zato ni nujno energetsko potratnejši.

2.6 Skrita poraba in stanje pripravljenosti

Naprave v stanju pripravljenosti lahko še vedno porabljajo elektriko. Posamezna poraba je majhna, vendar se pri velikem številu naprav skozi leto seštevajo. Smiselno je izklapljati naprave, ki jih dalj časa ne uporabljamo, vendar moramo razmišljati o velikostnem redu: ogrevanje prostora ali vode praviloma porabi mnogo več energije kot majhna LED-lučka ali polnilnik.



Grafika 12: Razlaga energetske nalepke

Pri energetiki je pomembna sposobnost razlikovanja med pomembnimi in manj pomembnimi ukrepi. Če želi šola zmanjšati porabo, je smiselno najprej izmeriti, kateri sistemi porabljajo največ: ogrevanje, prezračevanje, kuhinja, razsvetljava, računalniške učilnice ali kaj drugega.

2.7 Povratni učinek

Učinkovitejša naprava zmanjša porabo za posamezno storitev, vendar se lahko del prihranka izgubi, če napravo zaradi nižjih stroškov uporabljamo več. Temu pravimo povratni ali rebound učinek. Če kupimo zelo varčen avtomobil in nato zaradi nižjih stroškov goriva naredimo veliko več kilometrov, bo dejanski prihranek manjši od pričakovanega.

Zato trajnostna raba energije združuje učinkovito tehnologijo in smiselno vedenje. Zato pri stavbah hkrati spremljamo temperaturo, relativno vlažnost in koncentracijo CO_2 v zraku. Energetska učinkovitost mora iti skupaj z zdravim notranjim okoljem.

2.8 Primarna, končna in koristna energija

Ko govorimo o učinkovitosti, moramo vedeti, na kateri stopnji energijske verige merimo. **Primarna energija** je energija v naravnem viru, preden jo pretvorimo, na primer energija premoga, vetra, vode ali jedrskega goriva. **Končna energija** je tista, ki pride do uporabnika – elektrika iz vtičnice, plin na števcu ali gorivo na bencinski črpalki. **Koristna energija** pa je rezultat, ki ga uporabnik dejansko želi: toplota v prostoru, svetloba ali gibanje.

Med temi stopnjami nastanejo izgube. Pri avtomobilu z motorjem z notranjim zgorevanjem je razlika med energijo goriva in mehanskim delom na kolesih velika. Pri elektromotorju je manjša. Pri slabo izolirani hiši je lahko ogrevalna naprava učinkovita, toda koristna toplota hitro uhaja skozi ovoj. Zato celovita učinkovitost zahteva pogled na celotno verigo, ne samo na eno napravo.



Grafika 13: Energijska veriga

2.9 Izkoristek

Izkoristek je razmerje med koristno izhodno energijo in vhodno energijo. Če naprava iz 100 enot vhodne energije ustvari 90 enot koristne energije, ima 90-odstotni izkoristek. Pri pretvarjanju energije izkoristek ne more preseči 100 %, saj bi to pomenilo ustvarjanje energije iz nič.

Toplotne črpalke včasih zmedejo, ker je njihov COP lahko 3, 4 ali več. To ni izkoristek v običajnem smislu. Toplotna črpalka namreč poleg električne energije prenese še toploto iz okolja. Če porabi 1 kWh elektrike in v stavbo odda 4 kWh toplote, ni ustvarila dodatnih 3 kWh iz nič – prenesla jih je iz zraka, tal ali vode.

2.10 Pasivni ukrepi so pogosto najboljši

Pasivni ukrep deluje **brez stalne porabe energije**. Debela izolacija, pravilna orientacija stavbe, zunanja senčila, naravno prezračevanje v primernem času in dnevna svetloba lahko zmanjšujejo potrebo po aktivnih napravah.

Primer je poletno senčenje. Če sončno sevanje preprečimo še pred steklom z zunanjim senčilom, v prostor vstopi manj toplote. Če toplota že prodre skozi okno, jo mora klimatska naprava pozneje odstraniti. Preprečiti toplotni dobit je praviloma učinkoviteje kot ga pozneje aktivno odvajati.

Podobno velja za zimsko ogrevanje: najcenejša toplota je pogosto tista, ki je zaradi dobre izolacije sploh ni treba dodatno proizvesti.

2.11 Energetska učinkovitost in udobje

Učinkovita raba energije ne pomeni, da moramo živeti v temi ali mrazu. Cilj je doseči primerno osvetlitev, temperaturo, kakovost zraka in delovanje naprav z manjšo porabo. Slabo načrtovan ukrep lahko celo poslabša zdravje: če zaradi varčevanja vlažnega prostora nikoli ne prezračimo, lahko nastane plesen.

Zato pri stavbah hkrati spremljamo temperaturo, relativno vlažnost in koncentracijo CO_2 v zraku. Energetska učinkovitost mora iti skupaj z zdravim notranjim okoljem.

2.12 Primer izračuna: kaj pomeni znižanje moči?

Predstavljaj si šolo s 100 starimi svetilkami moči 50 W. Skupna moč razsvetljave je 5.000 W oziroma 5 kW. Če svetilke v povprečju gorijo 6 ur na šolski dan, porabijo 30 kWh na dan. Pri 180 šolskih dneh je to 5.400 kWh.

Če jih zamenjamo z LED-svetilkami moči 20 W, ki dajejo primerljivo količino svetlobe, je skupna moč 2 kW. V šestih urah porabijo 12 kWh, v 180 dneh pa 2.160 kWh. Razlika je 3.240 kWh na leto.

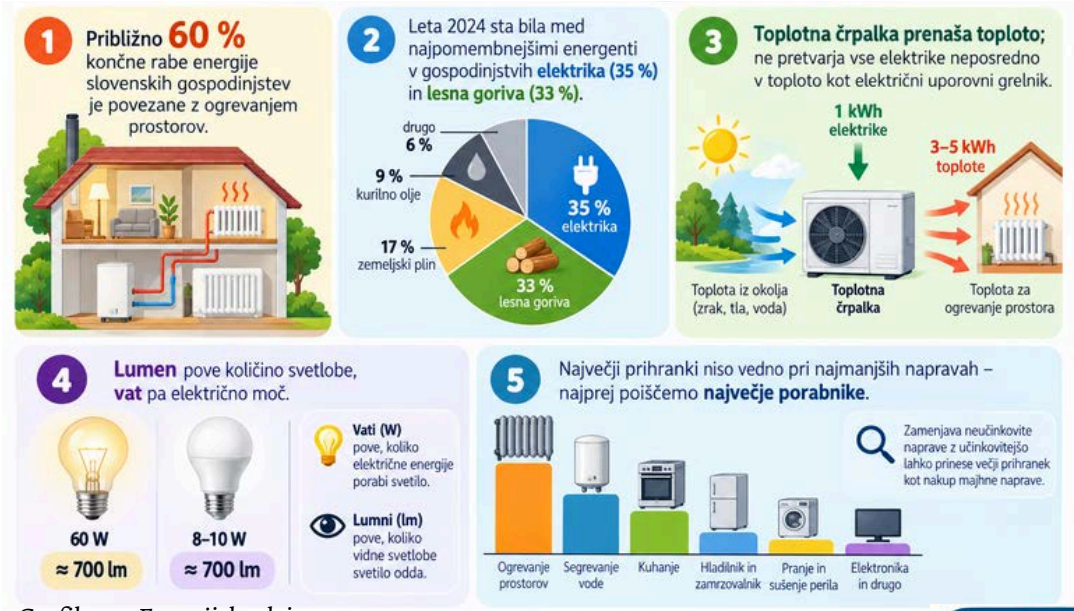
Izračun mora vključiti tudi dejansko **število ur, ceno naprav, življenjsko dobo in kakovost svetlobe**. Energetski ukrep je najboljši, ko združuje tehnično smiselnost, ekonomiko in dobro uporabniško izkušnjo.

2.13 Zakaj je energetska prenova stavbe sistemski ukrep?

Če zamenjamo samo okna, ne da bi uredili prezračevanje, se lahko v zelo zatesnjeni stavbi poveča vlaga in poslabša kakovost zraka. Če v slabo izolirano stavbo namestimo učinkovito toplotno črpalko, bo naprava delovala, vendar bo morala pokrivati velike toplotne izgube. Če dobro izoliramo stavbo, se potrebna moč ogrevalnega sistema zmanjša.

Celovita prenova zato usklajuje fasado, streho, okna, tesnjenje, senčenje, ogrevanje, hlajenje in prezračevanje. V praksi je pomemben vrstni red ukrepov: najprej zmanjšamo potrebo, nato prilagodimo naprave novi manjši potrebi.

To načelo je uporabno širše v energetiki: najprej vprašamo, koliko energije res potrebujemo, šele nato, kako jo bomo proizvedli.



Grafika 14: Energijska dejstva



Grafika 15: Ključni pojmi

3. ELEKTRIČNA ENERGIJA – OD PROIZVODNJE DO PORABE

Električna energija je izjemno uporabna, ker jo lahko učinkovito prenašamo na velike razdalje in pretvarjamo v svetlobo, gibanje, toploto, zvok ali računalniško obdelavo podatkov. Vendar elektrika ni primarni vir energije. Najprej jo moramo proizvesti iz druge oblike energije: **vode, jedrske energije, kemijske energije goriv, vetra, Sonca ali drugih virov.**

3.1 Generator in elektromagnetna indukcija

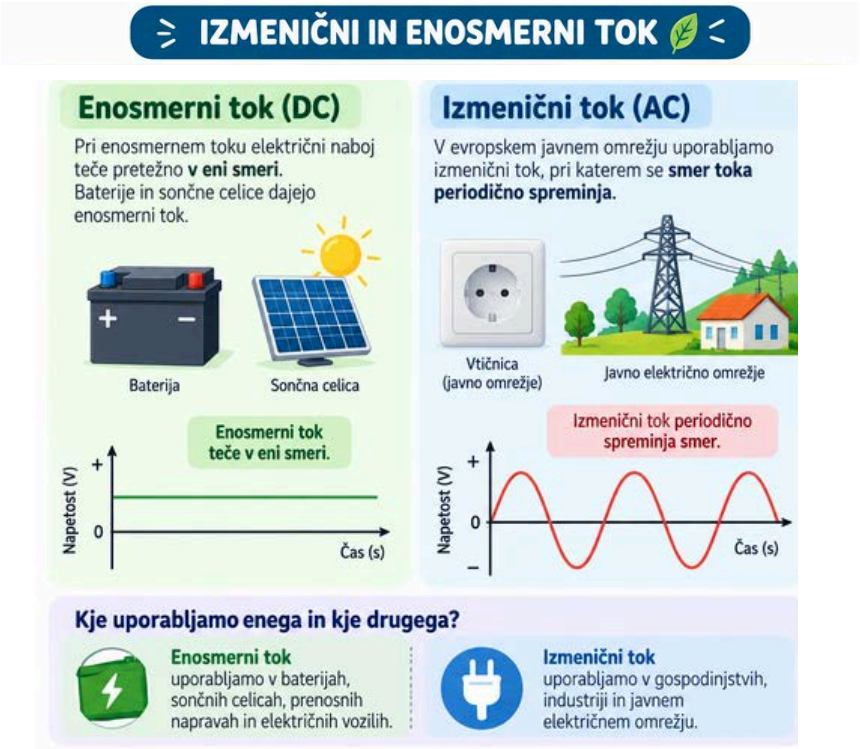
Večina velikih elektrarn uporablja **generator**. Generator temelji na **elektromagnetni indukciji**: ko se magnetno polje in električni vodnik gibljeta drug glede na drugega, se lahko v vodniku inducira električna napetost. V hidroelektrarni generator vrti turbina, ki jo poganja voda. V termoelektrarni in jedrski elektrarni pa turbino poganja para.

Sončna fotonapetostna elektrarna je izjema: nima turbine in generatorja. Svetlobo pretvarja neposredno v električno energijo. Tudi gorivne celice lahko kemično energijo pretvarjajo neposredno v električno.

3.2 Izmenični in enosmerni tok

Pri enosmernem toku električni naboj teče pretežno v eni smeri. Baterije in sončne celice dajejo enosmerni tok. **V evropskem javnem omrežju** pa uporabljamo izmenični tok, pri katerem se smer toka periodično spreminja.

V Sloveniji in večini Evrope je nazivna frekvenca omrežja 50 Hz. To pomeni 50 period izmeničnega signala na sekundo. Frekvenca je zelo pomemben pokazatelj ravnovesja med proizvodnjo in porabo. Če je poraba večja od proizvodnje, frekvenca začne padati; če je proizvodnje preveč, začne naraščati. Sistem mora zato proizvodnjo in porabo ves čas usklajevati



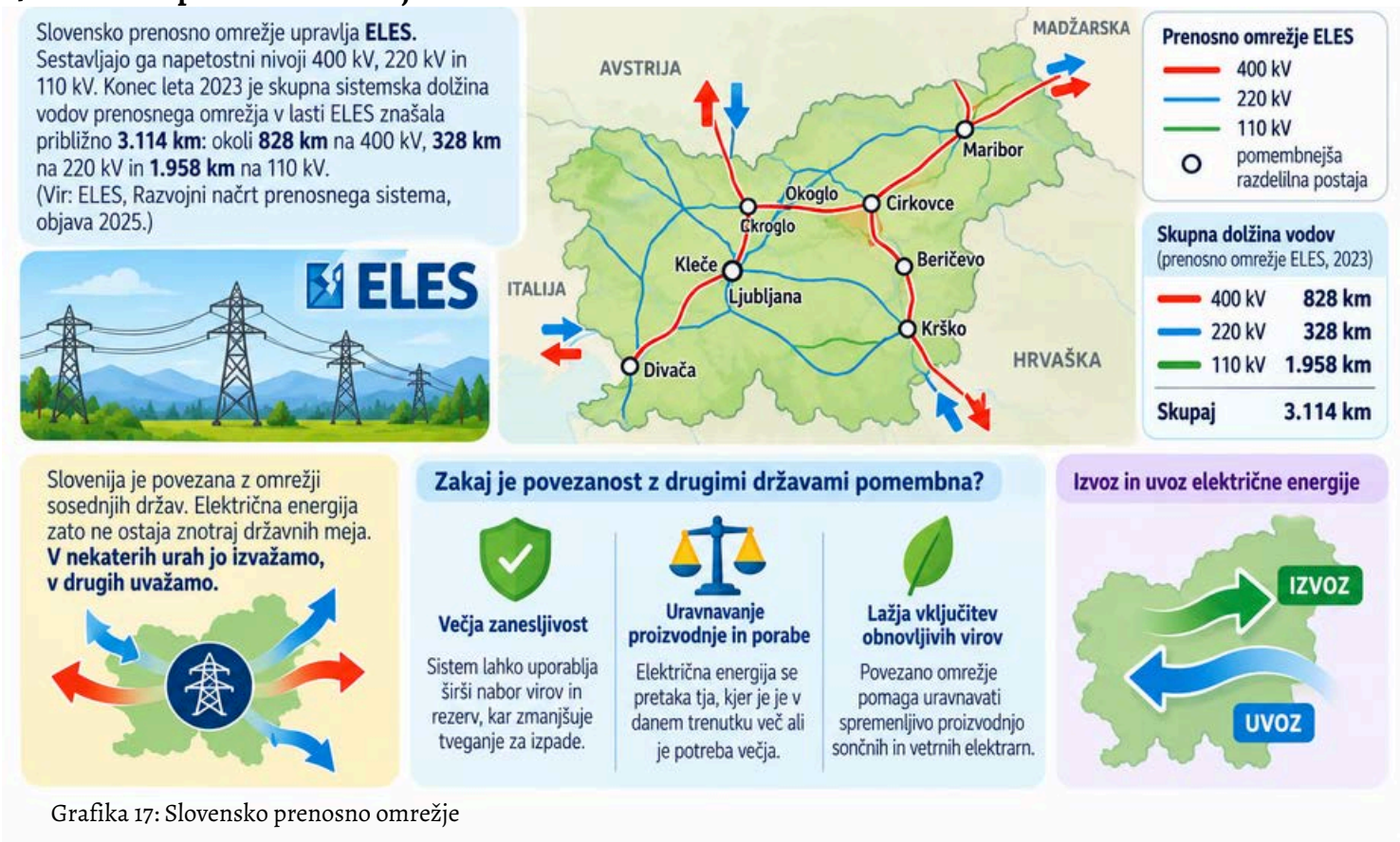
Grafika 16: Izmenični in enosmerni tok

3.3 Zakaj elektriko prenašamo pri visokih napetostih?

Električni vodniki imajo **upor** in se pri toku segevajo. Izgube so odvisne od toka: večji tok pomeni večje segrevanje. Za prenos enake moči lahko tok zmanjšamo tako, da povečamo napetost. Zato električno energijo na velike razdalje prenašamo pri zelo visokih napetostih.

Transformatorji omogočajo spreminjanje napetosti izmeničnega toka. V bližini elektrarne napetost zvišamo za prenos, nato jo v več stopnjah znižujemo proti uporabnikom. Prenosno omrežje je nekakšna avtocesta elektrike, distribucijsko omrežje pa mreža regionalnih in lokalnih cest do naselij, podjetij in gospodinjstev.

3.4 Slovensko prenosno omrežje



Grafika 17: Slovensko prenosno omrežje

3.5 Prenos, distribucija in uporabnik

Prenosno omrežje povezuje velike elektrarne, velike odjemalce in meddržavne povezave. Distribucijsko omrežje elektriko razdeli do gospodinjstev, šol, trgovin in manjših podjetij. Distribucijsko omrežje je danes vse bolj dvosmerno, ker številni uporabniki niso več samo porabniki, ampak imajo na strehah lastne sončne elektrarne.

Uporabnika, ki elektriko hkrati porablja in proizvaja, imenujemo **aktivni odjemalec** ali prosumer. Če ima še baterijo, lahko del elektrike shrani in jo uporabi pozneje. S tem se tradicionalna meja med elektrarno in uporabnikom zmanjšuje.

3.6 Proizvodnja in poraba morata biti usklajeni

Elektrike v klasičnem omrežju ne moremo preprosto 'naliti' v žico in jo tam pustiti za zvečer. Hranilniki obstajajo, vendar še vedno predstavljajo le del sistema. Zato morata biti v vsakem trenutku **proizvodnja in poraba približno uravnoteženi.**

Operaterji uporabljajo napovedi porabe, vremenske napovedi in podatke iz elektrarn. Rezervne zmogljivosti lahko hitro povečajo ali zmanjšajo proizvodnjo. Pri ravnotežju sodelujejo tudi čezmejne povezave, baterije, črpalne hidroelektrarne in prilagodljivi porabniki.

Varnost omrežja temelji na **pravilu N-1**: sistem mora biti načrtovan tako, da lahko prenese izpad enega pomembnega elementa, na primer daljnovoda ali transformatorja, ne da bi prišlo do širšega izpada.

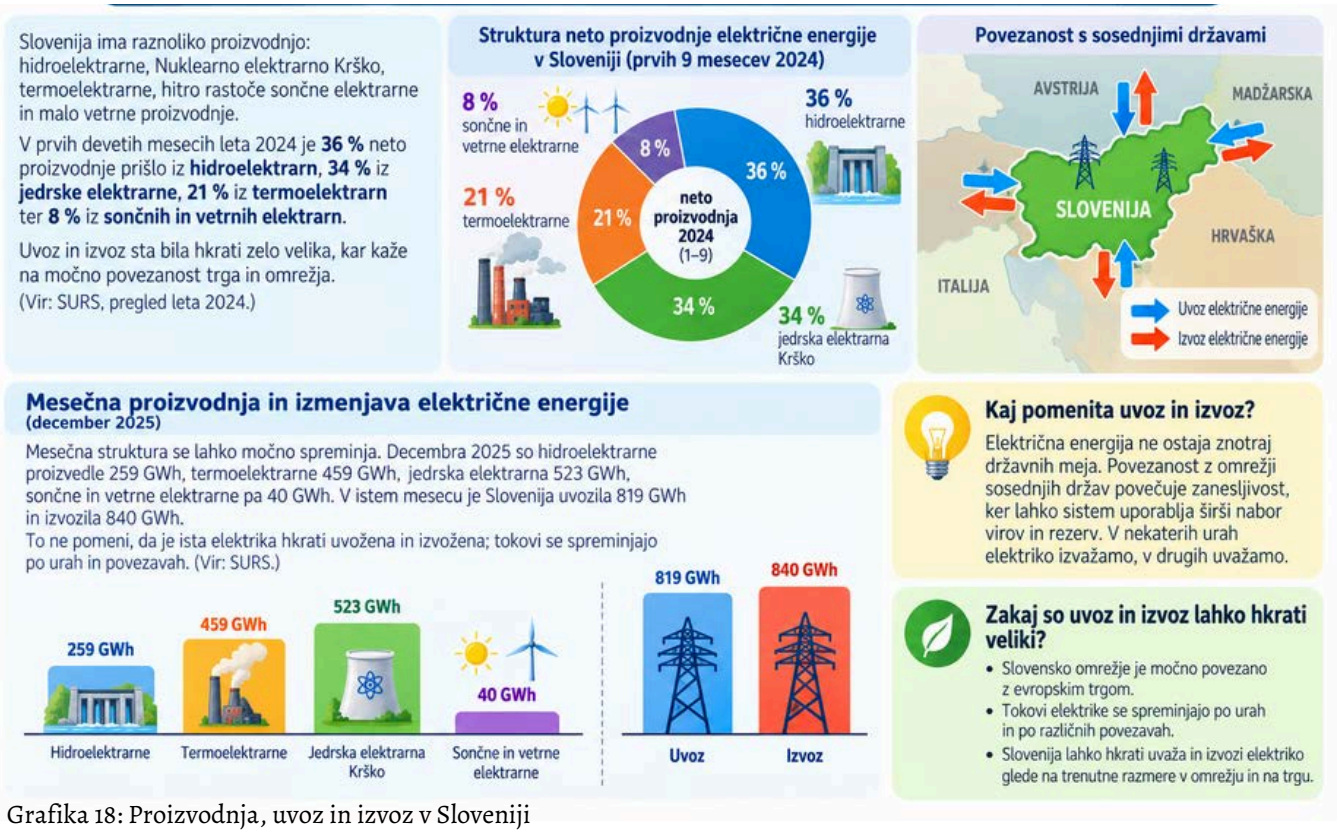
3.7 Izgube niso enake kraji energije

Pri prenosu in distribuciji **del električne energije izgubimo**, večinoma v obliki toplote v vodnikih in napravah. Izgub ni mogoče povsem odpraviti, lahko pa jih zmanjšamo z višjimi napetostmi, ustreznimi preseki vodnikov, dobrimi transformatorji in premišljenim načrtovanjem omrežja.

Fizikalne izgube so drugačne od netehničnih izgub, ki lahko nastanejo zaradi napak merjenja ali nepooblaščenega odvzema.

3.8 Slovenija – proizvodnja, uvoz in izvoz

Slovenija ima **raznoliko proizvodnjo:** hidroelektrarne, Nuklearno elektrarno Krško, termoelektrarne, hitro rastoče sončne elektrarne in malo vetrne proizvodnje. V prvih devetih mesecih leta 2024 je 36 % neto proizvodnje prišlo iz hidroelektrarn, 34 % iz jedrske elektrarne, 21 % iz termoelektrarn ter 8 % iz sončnih in vetrnih elektrarn. Uvoz in izvoz sta bila hkrati zelo velika, kar kaže na močno povezanost trga in omrežja. (Vir: SURS, pregled leta 2024.)
Mesečna struktura se lahko močno spreminja. Decembra 2025 so hidroelektrarne proizvedle 259 GWh, termoelektrarne 459 GWh, jedrska elektrarna 523 GWh, sončne in vetrne elektrarne pa 40 GWh. V istem mesecu je Slovenija uvozila 819 GWh in izvozila 840 GWh. To ne pomeni, da je ista elektrika hkrati uvožena in izvožena; tokovi se spreminjajo po urah in povezavah. (Vir: SURS.)



Grafika 18: Proizvodnja, uvoz in izvoz v Sloveniji

3.9 Kaj se zgodi ob velikem izpadu?

Če v elektroenergetskem sistemu pride do velikega neravnovesja ali okvare, se lahko zaščitne naprave samodejno odzovejo. Releji zaznajo prevelik tok, prenizko napetost ali druge nevarne razmere in odklopijo del sistema. Namen je omejiti škodo, tudi če to začasno pomeni prekinitev oskrbe.

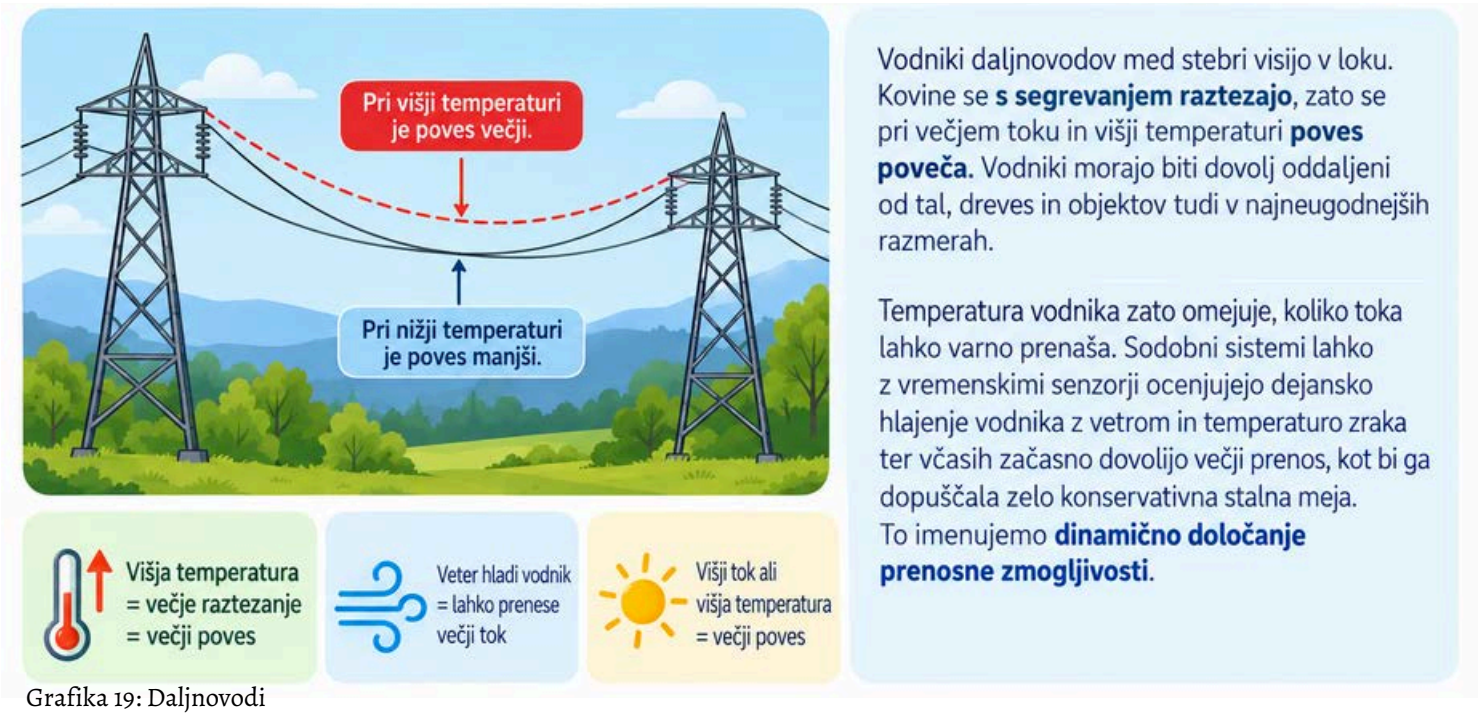
Če se motnja verižno širi, lahko pride do **obsežnega izpada oziroma black-outa**. Ponovni zagon je zahteven, ker večina elektrarn potrebuje elektriko za svoje pomožne sisteme. Nekatere elektrarne imajo sposobnost black-start, kar pomeni, da se lahko zaženejo brez napajanja iz zunanjega omrežja in pomagajo postopno vzpostaviti sistem.

Omrežje se pri ponovnem zagonu ne vključi vse naenkrat. Operaterji po korakih povezujejo vire, vode in porabnike ter ves čas skrbijo za napetost in frekvenco.

3.10 Jalova moč in napetost

Poleg **delovne moči**, ki opravlja koristno delo, v izmeničnem omrežju poznamo tudi **jalovo moč**. Nekatere naprave, zlasti motorji, transformatorji in kabli, izmenično shranjujejo energijo v magnetnem ali električnem polju in jo vračajo v omrežje. Ta izmenjava je potrebna za delovanje številnih naprav, vendar obremenjuje omrežje.
Upravljanje jalove moči je pomembno za vzdrževanje napetosti. Elektrarne, kompenzacijske naprave in sodobni razsmerniki lahko pomagajo podpirati napetost v omrežju. Za učenca je ključno sporočilo: stabilno omrežje ni odvisno samo od količine energije, ampak tudi od kakovosti električnih razmer.

3.11 Zakaj daljnovodi niso povsem ravni?



Grafika 19: Daljnovodi

3.12 Zakaj lokalna proizvodnja ne odpravi prenosnega omrežja

Če na strehi šole proizvajamo sončno elektriko, lahko del energije porabimo lokalno. Toda oblačen zimski dan lahko proizvodnja močno pade, ponoči pa je nič. Takrat šola potrebuje energijo iz drugih virov. Obratno lahko med poletnimi počitnicami sončna elektrarna proizvaja več, kot šola porabi, in presežek odteče v omrežje.

Zato razpršena proizvodnja in močno prenosno omrežje nista nasprotji. Več lokalnih obnovljivih virov lahko celo poveča potrebo po dobrih povezavah, saj omrežje prenaša presežke med območji in uravnava razlike v vremenu in porabi.

3.13 Kako elektrika teče po omrežju?

Ko elektrarna odda elektriko v omrežje, posameznega elektrona ne moremo 'slediti' do določene hiše. Tokovi se po medsebojno povezanem omrežju razporedijo glede na fizikalne lastnosti vodov, napetosti in razmere v sistemu. Zato je izraz 'ta hiša uporablja elektriko iz te elektrarne' fizikalno poenostavljen.

Na trgu lahko uporabnik kupi pogodbeno energijo iz določenega vira ali jamstvo o izvoru, vendar električni tok v skupnem omrežju sledi fiziki. To je podobno, kot če v veliko jezero priteka voda iz več rek, uporabnik pa zajema vodo na drugem mestu – posamezne molekule niso označene po izvoru.

Prav zato je pomembna **skupna sestava elektroenergetskega sistema**, ne samo ena pogodba ali ena elektrarna.

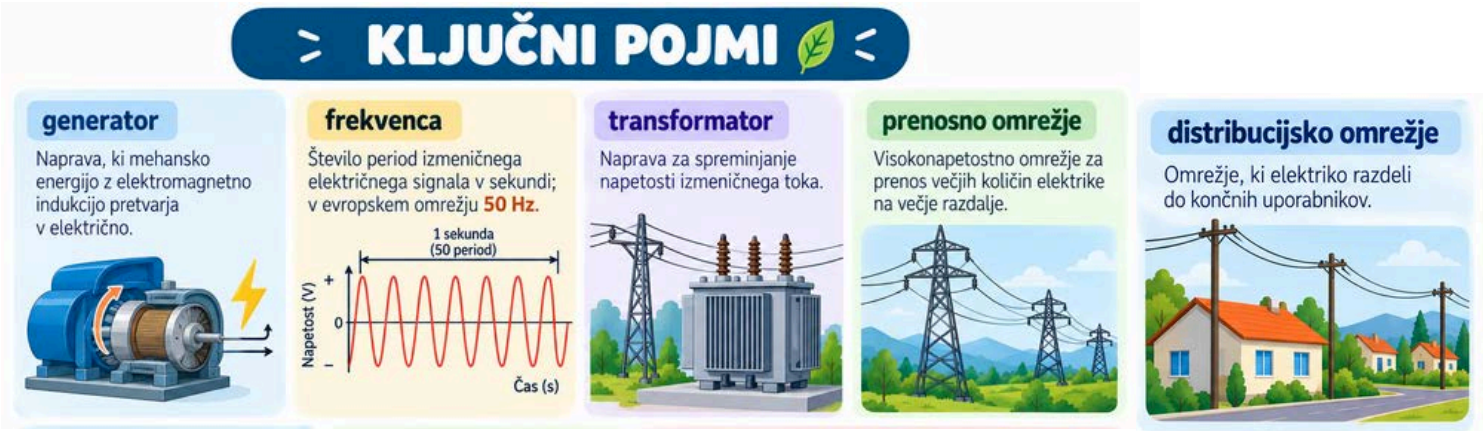
3.14 Meddržavne povezave – zakaj so pomembne

Slovenija je geografsko majhna in leži med več velikimi elektroenergetskimi sistemi. Čezmejne povezave omogočajo **izvoz presežkov in uvoz ob primanjkljaju.** Če je v eni državi vetrovno, v drugi pa ne, lahko povezave pomagajo izravnati razlike.

Povezave pa imajo omejeno zmogljivost. Če so daljnovodi polno obremenjeni, dodatne energije ni mogoče neomejeno prenašati. Zato evropski trg elektrike ni 'brezmejna baterija', temveč sistem s fizičnimi omejitvami.
Močno povezovanje držav zmanjšuje potrebo, da bi morala vsaka država v vsakem trenutku sama proizvesti natančno vse, kar porabi, vendar ne odpravlja potrebe po domači zanesljivosti in rezervah.



Grafika 20: Energijska dejstva



Grafika 21: Ključni pojmi

4. HIDROENERGIJA IN DRUGE ELEKTRARNE

Elektrarne se razlikujejo **po viru energije, načinu pretvorbe, hitrosti odziva, vplivih na okolje, življenjski dobi in zanesljivosti**. **Energetska mešanica** pomeni kombinacijo različnih virov in tehnologij, s katerimi država pokriva svoje potrebe.

4.1 Hidroelektrarne – pretok in padec

Moč hidroelektrarne je odvisna od količine vode, ki teče skozi turbino, in višinske razlike. Pretočne hidroelektrarne na velikih rekah izkoriščajo predvsem velik pretok, visokotlačne hidroelektrarne pa lahko izkoriščajo manjši pretok in velik padec. Turbina je izbrana glede na razmere; med znane vrste sodijo **Kaplanova, Francisova in Peltonova turbina**.

Akumulacijsko jezero omogoča časovno prilagajanje proizvodnje, vendar ima tudi prostorske in ekološke posledice. Pri hidroelektrarnah je treba spremljati pretoke, sediment, temperaturo vode, prehod rib in spremembe rečne dinamike.



Grafika 22: Delovanje HE, vrste turbin

4.2 Črpalna hidroelektrarna – elektrarna, ki je tudi hranilnik

Črpalna hidroelektrarna ima **zgornji in spodnji vodni zbiralnik**. Ko je električne energije dovolj, uporablja elektriko za črpanje vode navzgor. Ko elektriko potrebujemo, voda teče navzdol skozi turbino in generator. Ker pri črpanju in ponovni proizvodnji nastanejo izgube, ČHE ne proizvaja več energije, kot jo porabi. Njena vrednost je v tem, da energijo prestavi v drug čas.

ČHE Avče je edina črpalna hidroelektrarna v Sloveniji. Njena generatorska moč je približno 185 MW, višinska razlika sistema pa presega 500 m. Zaradi hitrega odziva pomaga pri prilagajanju sistema in vključevanju spremenljivih obnovljivih virov. (Vir: Soške elektrarne Nova Gorica.)

4.3 Jedrska elektrarna

V jedrski elektrarni se toplota sprošča pri **cepitvi atomskih jeder**. V Nuklearni elektrarni Krško je gorivo uran. Pri cepitvi jedra nastanejo lažja jedra, nevtroni in velika količina energije. Nevtroni lahko povzročijo nove cepitve, zato nastane verižna reakcija.

V **reaktorju** mora biti reakcija nadzorovana. Kontrolne palice absorbirajo nevtrone in omogočajo uravnavanje moči. Toplota iz reaktorja segreva vodo v primarnem sistemu. Ta toploto prenese na sekundarni sistem, kjer nastane para, ki poganja turbino in generator. Ločitev sistemov je pomemben varnostni element.
Jedrska elektrarna med obratovanjem ne kuri fosilnih goriv in ima nizke neposredne izpuste CO_2. Njena prednost je velika in stabilna proizvodnja, izzivi pa so jedrska varnost, radioaktivni odpadki, zahtevno financiranje, dolgo načrtovanje ter razgradnja po koncu obratovanja.

NEK ima električno moč okoli 700 MW in v običajnem letu proizvede več milijard kWh elektrike. Zaradi velike proizvodnje in visokega faktorja izkoriščenosti ima zelo pomembno vlogo v slovenskem sistemu. Proizvedena električna energija se v skladu z meddržavnimi dogovori deli med Slovenijo in Hrvaško.



Grafika 23: Delovanje jedrske elektrarne

4.4 Termoelektrarne

Termoelektrarna pretvarja kemično energijo goriva v toploto. Pri zgorevanju premoga, plina ali drugega goriva segrevamo vodo, nastala para poganja turbino, ta pa generator. Pri plinskih elektrarnah lahko uporabljamo tudi plinsko turbino; v kombiniranem ciklu izkoristimo še toploto iz izpušnih plinov.

Glavna podnebna težava fosilnih termoelektrarn je **CO_2.** Poleg njega lahko nastajajo dušikovi oksidi, žveplovi oksidi, delci in drugi onesnaževalci, odvisno od goriva in tehnologije čiščenja.

Termoelektrarne imajo lahko pomembno sistemsko vlogo, ker je njihovo proizvodnjo mogoče nadzorovati, vendar je dolgoročni cilj zmanjševanje uporabe fosilnih goriv zaradi podnebnih ciljev.

4.5 Sončne in vetrne elektrarne kot elektrarne brez turbine na paro

Sončna fotonapetostna elektrarna nima turbine, kot smo že spoznali. Vetrna elektrarna sicer uporablja rotor in generator, vendar ne potrebuje pare ali zgorevanja. Zaradi takšnih razlik ima elektroenergetski sistem z veliko sonca in vetra drugačne lastnosti kot sistem, ki temelji predvsem na velikih sinhronskih generatorjih.

Sodobni razsmerniki lahko sodelujejo pri podpori omrežju, vendar so njihove lastnosti drugačne od velikih vrtečih se generatorjev. Zato elektroenergetika razvija nove načine vodenja omrežij z velikim deležem elektronsko priključenih virov.

4.6 Moč elektrarne ni isto kot letna proizvodnja

Dve elektrarni z enako nazivno močjo lahko v letu proizvedeta **zelo različne količine energije**. Jedrska elektrarna lahko večino leta deluje blizu polne moči, sončna elektrarna pa proizvaja samo podnevi in je odvisna od vremena. Zato nazivna moč v MW ne pove celotne zgodbe.

Če bi elektrarna z močjo 100 MW vseh 8.760 ur v letu delovala s polno močjo, bi proizvedla 876 GWh. Če dejansko proizvede 175 GWh, je njen faktor izkoriščenosti približno 20 %. Ta pojem je zelo uporaben pri primerjavi različnih tehnologij.

4.7 Slovenska energetska mešanica

V domači proizvodnji primarne energije v Sloveniji je leta 2024 okoli **45 % predstavljala jedrska energija**, nekaj več kot **37 % obnovljivi viri** skupaj s hidroenergijo, **17 % pa premog**. V celotni oskrbi z energijo, ki vključuje tudi uvoz, so prevladovali naftni proizvodi s 34 %, sledile so jedrska energija (23 %), OVE skupaj s hidroenergijo (20 %), premog (12 %) in zemeljski plin (11 %). (Vir: SURS, Energetska statistika 2024.)

Ta primer pokaže razliko med proizvodnjo električne energije in celotno oskrbo z energijo. Naftni proizvodi so zelo pomembni predvsem zaradi prometa, čeprav jih pri proizvodnji elektrike skoraj ne vidimo.

4.8 Izkoristek različnih elektrarn

Pri elektrarnah na toploto je izkoristek omejen s **termodinamiko:** vse toplote ne moremo pretvoriti v mehansko delo. Del energije mora kot odpadna toplota zapustiti proces. Zato imajo termoelektrarne hladilne stolpe, rečne hladilne sisteme ali zračne kondenzatorje.

Hidroelektrarne in elektromotorji imajo lahko zelo visoke pretvorbene izkoristke, ker ne temeljijo na toplotnem krogu. Tudi sončna celica nima toplotne turbine, vendar je njena pretvorbena učinkovitost omejena z lastnostmi polprevodnika in spektra svetlobe.
Primerjava izkoristkov je koristna, vendar ne pove vsega. Sončna energija kot 'gorivo' ne stane in ne povzroča izpustov pri uporabi, jedrsko gorivo ima ogromno energijsko gostoto, plinska elektrarna pa se lahko hitro prilagaja. Zato različne tehnologije opravljajo različne sistemske naloge.



4.9 Bazna, vmesna in vršna proizvodnja

V tradicionalnih sistemih so elektrarne pogosto delili glede na način obratovanja. **Bazne elektrarne** delujejo dolgo in stabilno, **vršne** pa se vključijo za kratka obdobja visoke porabe. S povečevanjem sončne in vetrne energije postaja takšna delitev manj preprosta.

Danes postaja pomembnejši pojem fleksibilnosti: kako hitro lahko vir spremeni moč, kako nizko se lahko spusti, kako hitro se zažene in ali lahko zagotavlja sistemske storitve. Baterija lahko reagira skoraj takoj, plinska turbina hitro, velika termoelektrarna počasneje, sončna elektrarna pa svoje razpoložljive energije ne more povečati nad trenutno osončenje.

4.10 Hlajenje elektrarn in voda

Toplotne elektrarne morajo odvajati **veliko odpadne toplote**. Če uporabljajo rečno ali morsko vodo, lahko visoke temperature okolja in nizki pretoki omejijo hlajenje. To je še ena povezava med energetiko in podnebnimi spremembami: vročinski valovi in suše lahko vplivajo na razpoložljivost nekaterih elektrarn.

Hladilni stolp ne 'proizvaja dima'. Bela para nad stolpom je večinoma vodna para oziroma drobne kapljice kondenzirane vode. To je pomembna razlika med vodno paro in onesnaževali iz dimnika.

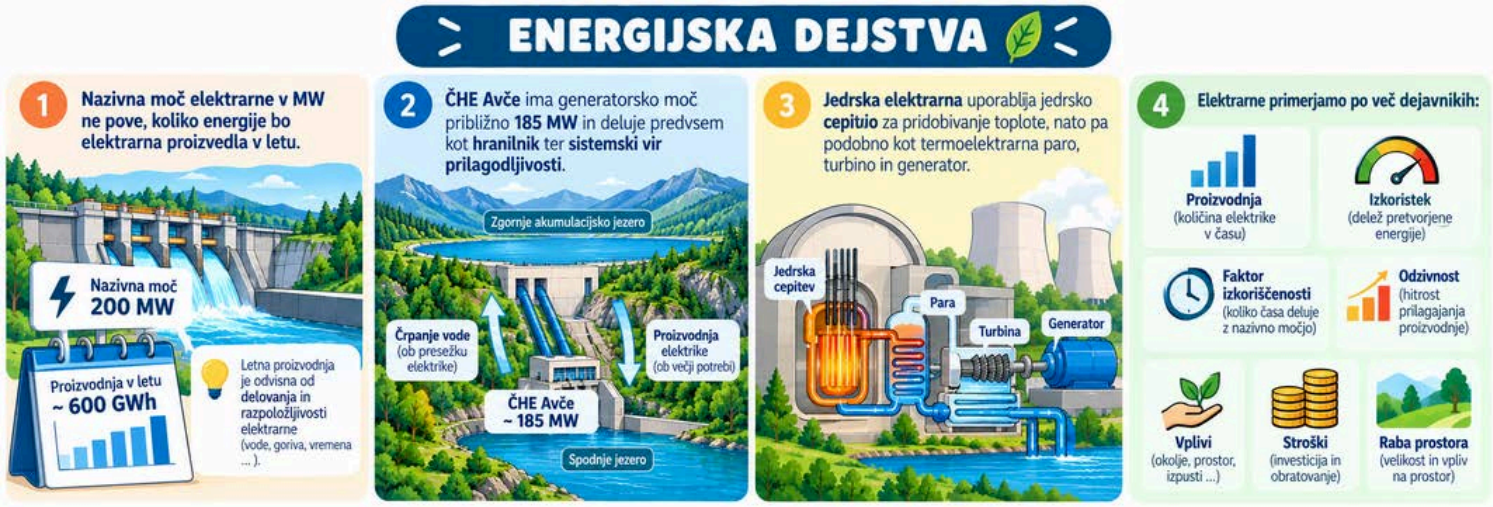
4.11 Zanesljivost in razpoložljivost

Elektrarna ni na voljo vsak trenutek. Potrebuje redne remonte, lahko pride do okvare, pri vremensko odvisnih virih pa morda ni na voljo primarni vir. **Razpoložljivost** opisuje, koliko časa je naprava tehnično sposobna obratovati, faktor izkoriščenosti pa vključuje tudi dejansko proizvodnjo.

Jedrska elektrarna ima lahko nekajtedenski remont, nato pa več mesecev neprekinjeno deluje z veliko močjo. Hidroelektrarna je tehnično pripravljena, vendar lahko zaradi nizkega pretoka proizvede malo. Razlikovanje teh pojmov pomaga pravilno brati statistike.



Grafika 24: Izkoriščanje Drave, Save in Soče



Grafika 25: Energijska dejstva



Grafika 26: Ključni pojmi

5. SHRANJEVANJE ENERGIJE

Shranjevanje energije postaja pomembnejše, ker proizvodnja in poraba nista vedno časovno usklajeni. Sončna elektrarna lahko največ proizvaja okoli poldneva, gospodinjstvo pa največ porabi zjutraj in zvečer. Vetrna elektrarna lahko ponoči proizvaja veliko, poraba pa je majhna. Hranilnik omogoči, da del energije prestavimo v čas, ko jo potrebujemo.

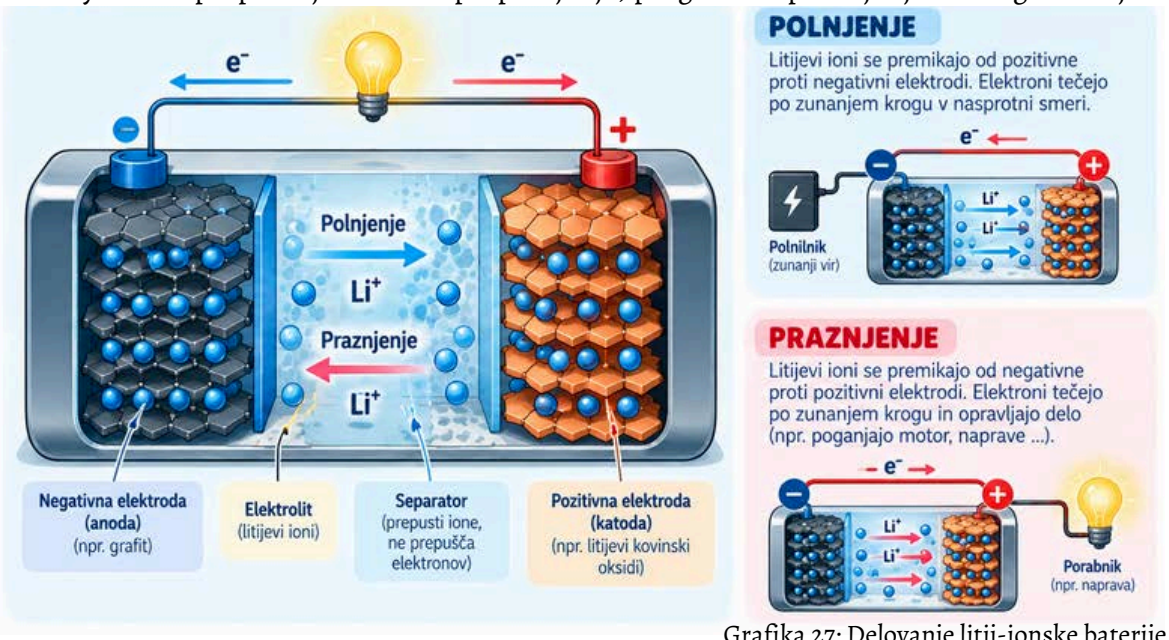
5.1 Moč in kapaciteta hranilnika

Pri bateriji moramo razlikovati med močjo in energijsko kapaciteto. Kapaciteta v kWh pove, koliko energije lahko približno shrani, moč v kW pa, kako hitro jo lahko oddaja ali sprejema. Baterija s kapaciteto 10 kWh in močjo 5 kW bi pri polni moči teoretično oddajala energijo približno dve uri.

Podobno velja za velike hranilnike. Za uravnavanje omrežja v sekundah potrebujemo visoko moč, za shranjevanje energije od dneva do noči pa tudi dovolj veliko kapaciteto.

5.2 Kako deluje litij-ionska baterija?

Baterija ima **dve elektrodi, elektrolit in separator**. Pri polnjenju se litijevi ioni premikajo v eno smer med elektrodama, pri praznjenju v drugo. Elektroni pri tem tečejo po zunanjem električnem krogu in opravljajo delo. Baterija se s časom stara. Na degradacijo vplivajo **temperatura, število ciklov, globina praznjenja, hitro polnjenje in kemična sestava**. Zato baterija po več letih praviloma ne shrani več toliko energije kot nova.
Baterijski sistemi imajo elektroniko za nadzor celic, temperaturo, napetost in varnost. Sistem BMS – Battery Management System – preprečuje nevarno prepolnjenje, pregloboko praznjenje in druge škodljive razmere.



Grafika 27: Delovanje litij-ionske baterije

5.3 Različne vrste baterij

Litij-ionske baterije niso ena sama kemija. Nekatere uporabljajo **kombinacije** niklja, mangana in kobalta, druge železov fosfat. Kemije se razlikujejo po energijski gostoti, ceni, življenjski dobi, varnosti in potrebnih surovinah. Za stacionarne hranilnike so zanimive tudi pretočne baterije, pri katerih so aktivne snovi v tekočinah, shranjenih v rezervoarjih. Njihova prednost je možnost ločevanja moči in kapacitete, vendar imajo manjšo energijsko gostoto kot litij-ionske baterije.

5.4 Črpalne hidroelektrarne kot velike baterije

Črpalna hidroelektrarna energijo shrani v gravitacijskem polju. Če ima voda maso m in jo dvignemo za višino h, se njena potencialna energija poveča. Večja kot sta količina vode in višinska razlika, več energije lahko sistem shrani.
ČHE imajo dolgo življenjsko dobo in zelo veliko kapaciteto, vendar jih ni mogoče postaviti kjer koli. Potrebujejo primeren relief, vodna zbiralnika, velike gradbene posege in sprejemljivo umeščanje v prostor.

5.5 Vodik – energent in nosilec energije

Vodik ni primarni vir energije, ampak **energijski nosilec.** Lahko ga proizvedemo z elektrolizo vode. Elektrolizer porablja elektriko in razcepi vodo na vodik in kisik. Če je uporabljena elektrika iz obnovljivih virov, govorimo o **zelenem vodiku**.

Vodik lahko shranimo in pozneje uporabimo v gorivni celici, industriji ali kot surovino. V gorivni celici vodik kemično reagira s kisikom in proizvaja elektriko, pri čemer nastaja voda.

Pretvorbena veriga elektrika → vodik → shranjevanje → elektrika ima več izgub kot neposredno shranjevanje v bateriji. Zato vodik praviloma ni najboljša rešitev za vsako uporabo. Njegova prednost je možnost shranjevanja velikih količin energije in uporaba tam, kjer neposredna elektrifikacija ni preprosta, na primer v nekaterih industrijskih procesih.



Grafika 28: Vodik kot energent in nosilec energije

5.6 Toplotni hranilniki

Energije ne shranjujemo samo kot elektriko. Toploto lahko shranimo v velikih vodnih rezervoarjih, kamninah, staljenih soleh ali drugih materialih. Če v stavbi poceni ali presežno elektriko uporabimo za ogrevanje vode, smo energijo pravzaprav shranili v toplotni obliki.
V sistemih daljinskega ogrevanja lahko veliki hranilniki toplote omogočajo, da proizvodnja toplote in trenutna poraba nista popolnoma sočasni.

5.7 Električni avtomobil kot hranilnik

Električni avtomobili imajo velike baterije, ki večino časa stojijo parkirane. Pametno polnjenje lahko čas polnjenja prilagodi razmeram v omrežju. Tehnologija **V2G** – vehicle-to-grid – pa omogoča tudi oddajo energije iz baterije vozila nazaj v omrežje, če vozilo in polnilnica to podpirata.
V2H – vehicle-to-home – lahko omogoči uporabo avtomobilske baterije za napajanje hiše. Takšne rešitve še niso povsod običajne, vendar kažejo, da bo meja med prometom in elektroenergetiko vse manj jasna.



Grafika 29: E-avto kot hranilnik

5.8 Zakaj en hranilnik ne reši vsega?

Različni problemi zahtevajo različne časovne lestvice. Za stabilizacijo omrežja potrebujemo odziv v delčkih sekunde ali sekundah. Za premik sončne energije iz poldneva v večer potrebujemo nekaj ur. Za sezonsko shranjevanje energije med poletjem in zimo pa govorimo o tednih ali mesecih.

Baterije so zelo dobre za kratkotrajno shranjevanje in hiter odziv, ČHE za velike količine energije skozi več ur, vodik pa lahko pride v poštev za daljša obdobja ali posebne industrijske potrebe. Energetski sistem zato potrebuje kombinacijo tehnologij.

5.9 Izkoristek shranjevanja – koliko energije dobimo nazaj?

Pri shranjevanju del energije izgubimo. Razmerje med energijo, ki jo dobimo nazaj, in energijo, ki smo jo vložili v polnjenje, imenujemo **izkoristek celotnega cikla** oziroma round-trip efficiency.
Litij-ionski baterijski sistem lahko pri enem ciklu vrne velik delež vložene energije, pogosto okoli 85–95 %, odvisno od sistema in pogojev. Pri črpalni hidroelektrarni je tipični izkoristek nižji, pogosto okoli 70–85 %. Pri pretvorbi elektrike v vodik in nato nazaj v elektriko je skupni izkoristek še nižji, ker imamo več zaporednih pretvorb.
Višji izkoristek ni edino merilo. ČHE lahko shrani ogromne količine energije desetletja dolgo, vodik pa je primeren za kemično surovino in potencialno dolgoročno shranjevanje. Tehnologije zato izbiramo glede na nalogo.



Grafika 30: Proizvodnja baterij

5.10 Surovine za baterije

Baterije zahtevajo **različne minerale**. **Litij** je pomemben za elektrolitsko kemijo, **grafit** se uporablja v anodah, **baker in aluminij** za električne povezave, pri nekaterih katodah pa **nikelj, mangan ali kobalt**. Rudarjenje lahko vpliva na rabo vode, tla, ekosisteme in lokalne skupnosti.
Razvoj zato poteka v več smereh: kemije z manj kritičnimi materiali, daljša življenjska doba, učinkovitejše recikliranje in bolj pregledne dobavne verige. **LFP-baterije** na primer ne uporabljajo niklja in kobalta v katodi, imajo pa druge lastnosti glede energijske gostote in mase.

5.11 Kaj pomeni 1 MWh baterija?

Če ima baterijski hranilnik kapaciteto 1 MWh, lahko teoretično odda 1 MW eno uro, 0,5 MW dve uri ali 0,25 MW štiri ure – če moč pretvornika to dopušča. Zato vedno potrebujemo dva podatka: energijsko kapaciteto in moč.
V medijih pogosto zasledimo samo enega. Izjava 'zgradili bodo 100 MW baterijo' ne pove, ali lahko deluje petnajst minut ali štiri ure. Za razumevanje vloge hranilnika v sistemu je treba poznati tudi MWh.

5.12 Požarna varnost in temperatura baterij

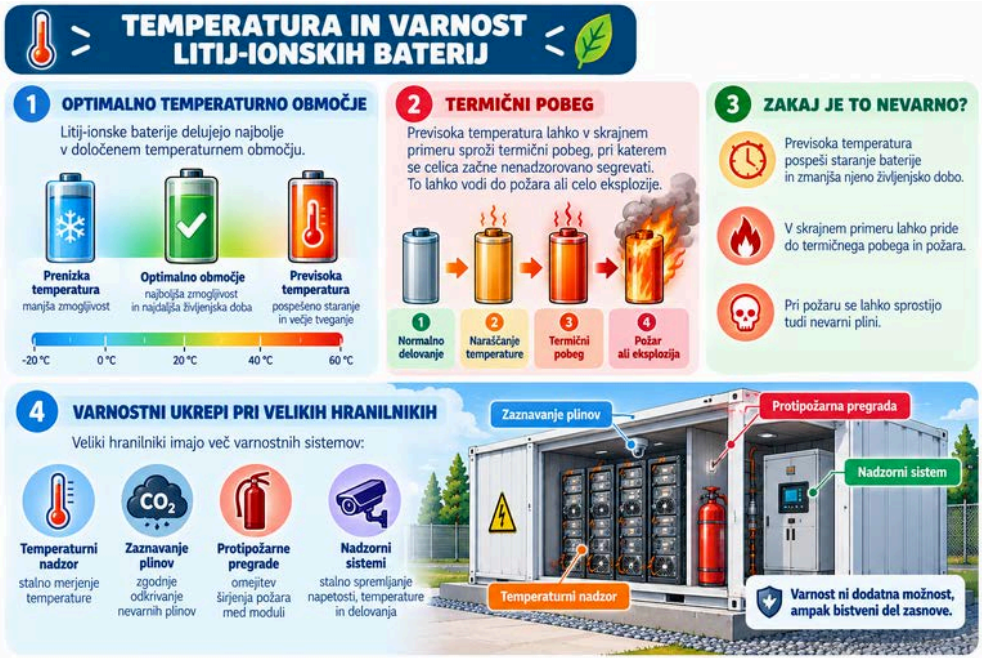
Litij-ionske baterije delujejo najbolje v določenem temperaturnem območju. Previsoka temperatura pospeši staranje in lahko v skrajnem primeru sproži termični pobeg, pri katerem se celica začne nenadzorovano segrevati.
Veliki hranilniki imajo zato temperaturni nadzor, zaznavanje plinov, protipožarne pregrade in nadzorne sisteme. Varnost ni dodatna možnost, ampak bistveni del zasnove.

5.13 Primer izračuna hranilnika

Šola ima sončno elektrarno, ki med 12. in 14. uro proizvede 40 kWh presežne energije. Želi jo uporabiti zvečer za športno dvorano. Če bi imel baterijski sistem 90-odstotni celotni izkoristek, bi iz 40 kWh vložene energije pozneje dobili približno 36 kWh.

Če dvorana zvečer porablja 12 kW, bi 36 kWh zadostovalo za približno tri ure delovanja pri tej moči. Če pa ima baterija pretvornik z največjo močjo samo 5 kW, ne more neposredno pokriti 12-kilovatne obremenitve, četudi ima dovolj energije.

Primer ponovno pokaže, zakaj moramo vedno poznati kapaciteto, moč in izkoristek.



Grafika 31: Temperatura baterij

5.14 Sezonsko shranjevanje – najtežji problem

Premakniti sončno energijo iz poldneva v večer je razmeroma preprosto. Veliko težje je shraniti poletni presežek za zimo. Baterija bi morala biti ogromna in bi več mesecev čakala na uporabo, kar je drago.

Zato se pri sezonskem shranjevanju preučujejo vodik, sintetična goriva, veliki toplotni hranilniki in kombinacije različnih tehnologij. Pomaga tudi meddržavna izmenjava, saj se vremenske razmere med območji razlikujejo. Energetski sistem z veliko obnovljivimi viri zato ne potrebuje samo 'več baterij', ampak različne oblike prožnosti na različnih časovnih lestvicah.



Grafika 32: Energijska dejstva



Grafika 33: Ključni pojmi

6. PAMETNA OMREŽJA

Električno omrežje je bilo nekoč zasnovano predvsem za enosmerni tok energije od velikih elektrarn do odjemalcev. Danes se proizvodnja seli tudi na strehe in v lokalne skupnosti, poraba je bolj elektrificirana, nastajajo baterijski hranilniki in milijoni pametnih naprav. Omrežje zato postaja **dvosmerno in podatkovno intenzivno.**

6.1 Kaj pomeni 'pametno'?

Pametno omrežje uporablja **merilnike, senzorje, komunikacijske povezave, avtomatizacijo in računalniško analitiko**. Namen ni, da bi omrežje 'razmišljalo' kot človek, temveč da hitreje zazna razmere in se nanje bolje odzove.
Senzor lahko zazna napetost, tok, temperaturo ali napako. Podatki potujejo do nadzornega centra, kjer programska oprema oceni stanje. Avtomatika lahko preklopi določene dele omrežja, upravljavec pa dobi informacije za odločanje.

6.2 Pametni števci

Pametni oziroma napredni merilniki merijo porabo električne energije v kratkih časovnih intervalih in podatke pošiljajo na daljavo. S tem odpade potreba po klasičnem ročnem odčitavanju, uporabnik pa dobi podrobnejši vpogled v svojo porabo.

Slovenija je pri tem zelo napredna. Konec leta 2024 je bilo 96,7 % uporabnikov na distribucijskem sistemu opremljenih z naprednimi merilnimi napravami, 94,8 % pa vključenih v daljinski zajem podatkov. Približno 94,3 % uporabnikov je imelo možnost 15-minutnih meritev. (Vir: Agencija za energijo, Poročilo o stanju energetike 2024.)

Portal Moj Elektro omogoča pregled mesečnih podatkov in pri ustrezno opremljenem merilnem mestu tudi porabo v 15-minutnih intervalih. Tako lahko uporabnik odkrije, kdaj nastajajo konice porabe in kako se spremembe navad pokažejo v podatkih.



Grafika 34: Pametni merilniki

6.3 Prilagajanje odjema

Prilagajanje odjema pomeni, da del porabe premaknemo v drug čas ali jo začasno zmanjšamo. Ni vsaka poraba časovno občutljiva. Hladilnik mora delovati stalno, vendar se lahko kompresor za kratek čas vključi nekoliko prej ali pozneje. Električni avtomobil mora biti napolnjen do jutra, ni pa nujno, da začne polniti ob 17.00.
Če bi se veliko avtomobilov začelo polniti takoj po prihodu ljudi domov, bi lokalno omrežje lahko dobilo zelo visoko konico. Pametno polnjenje lahko polnjenje razporedi čez noč ali ga uskladi s sončno proizvodnjo.

6.4 Dinamične cene in omrežnina

Cena električne energije se na trgu skozi dan spreminja, ker se spreminjata **ponudba in povpraševanje**. Ob veliki sončni ali vetrni proizvodnji je lahko veleprodajna cena nizka, ob visoki porabi in majhni proizvodnji pa visoka.

Dinamične tarife lahko del teh signalov prenesejo do uporabnika. Vendar morajo biti razumljive in ne smejo povzročiti, da bi bili uporabniki brez možnosti prilagajanja nesorazmerno kaznovani. Energetska pravičnost je zato pomemben del digitalizacije energetike.



Grafika 35: Energetske skupnosti

6.5 Energetske skupnosti

Energetska skupnost povezuje več uporabnikov, ki sodelujejo pri proizvodnji, porabi ali delitvi energije. Sončna elektrarna na večji strehi lahko proizvaja elektriko za več članov skupnosti, ne le za lastnika strehe. Takšni modeli lahko povečajo lokalno uporabo obnovljivih virov.
Skupnost ne odpravi potrebe po omrežju. Tudi lokalna proizvodnja in poraba sta časovno spremenljivi, zato omrežje ostaja pomembno za izmenjavo presežkov in zagotavljanje energije, ko lokalnega vira ni dovolj.

6.6 Zakaj nastajajo ozka grla?

Daljnovod, kabel ali transformator ima **omejeno zmogljivost**. Če je na neki ulici veliko sončnih elektrarn, lahko opoldne vse hkrati oddajajo energijo v omrežje. Napetost lahko začne naraščati in omrežje ne more varno sprejeti neomejene količine energije.

Rešitev ni vedno samo gradnja debelejšega kabla. Pomagajo lahko baterije, prilagajanje proizvodnje, lokalna poraba, pametni razsmerniki in boljše načrtovanje. Temu pravimo uporaba fleksibilnosti.

6.7 Avtomatizacija

Sodobna omrežja lahko nekatere napake zaznajo in izolirajo avtomatsko. Če na enem vodu nastane okvara, lahko sistem odpre stikala okoli poškodovanega dela in del uporabnikov napaja po drugi poti. Tak pristop zmanjša trajanje prekinitev.
Popolnoma avtomatsko delovanje ni vedno primerno. Človek ostaja odgovoren za nadzor, zlasti pri zapletenih dogodkih in varnostnih odločitvah.

6.8 Kibernetska varnost

Ko postane elektroenergetski sistem digitalen, postane pomembna tudi kibernetska varnost. Naprave morajo biti **zaščitene pred nepooblaščenimi dostopi**, podatki uporabnikov morajo ostati varni, sistemi pa odporni proti motnjam in napadom.
Digitalizacija torej prinaša velike koristi, a tudi novo vrsto tveganj. Pametno omrežje mora biti hkrati **električno in informacijsko zanesljivo.**

6.9 Mikro omrežja in otočno delovanje

Mikro omrežje je **lokalni električni sistem z lastnimi viri, porabniki in pogosto hranilniki**. Običajno je povezano z javnim omrežjem, lahko pa je zasnovano tako, da ob izpadu deluje začasno samostojno – otočno.
Za otočno delovanje ni dovolj samo sončna elektrarna. Sistem mora znati vzdrževati frekvenco in napetost, potrebna je ustrezna zaščita, pogosto tudi baterija ali drug vodljiv vir. Zato se večina običajnih hišnih sončnih elektrarn ob izpadu omrežja iz varnostnih razlogov samodejno izklopi.

6.10 Frekvenčne in druge sistemske storitve

Elektrarna ali hranilnik lahko poleg energije zagotavlja tudi sistemske storitve. Mednje sodijo rezerve za uravnavanje frekvence, podpora napetosti in možnost hitrega odziva na motnje.
Baterije so pri nekaterih sistemskih storitvah zelo uporabne, ker se odzovejo v milisekundah ali sekundah. Vendar imajo omejeno kapaciteto, zato ne morejo nadomestiti vira, ki mora več dni dobavljati veliko količino energije.

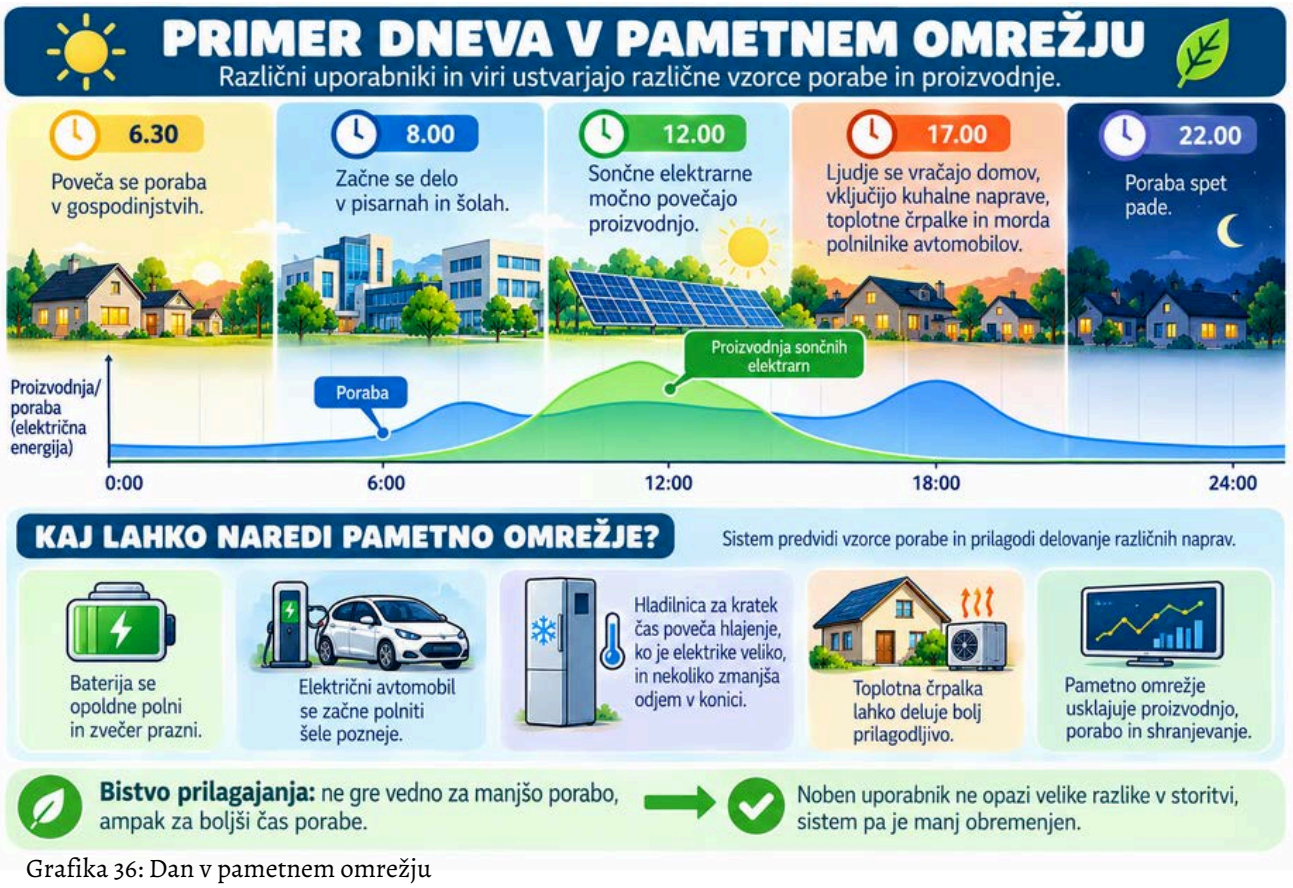
6.11 Napovedovanje preobremenitev

Pametno omrežje lahko uporablja podatke iz števcev in senzorjev za napoved, kje bo omrežje v prihodnjih urah najbolj obremenjeno. Če je napovedan sončen dan, sistem ve, da bodo določene transformatorske postaje opoldne prejemale velik povratni tok. Če je zelo mrzel večer, lahko pričakuje povečano uporabo toplotnih črpalk.

Takšne informacije omogočajo **preventivno ukrepanje:** aktiviranje baterije, spremembo nastavitev, prilagajanje odjema ali preusmeritev tokov.

6.12 Zasebnost podatkov

Podatki o 15-minutni porabi lahko razkrijejo **vzorce vedenja**: kdaj je stavba zasedena, kdaj se vključijo določene naprave in kdaj je poraba majhna. Zato so merilni podatki osebno občutljivi z vidika zasebnosti, če jih je mogoče povezati z določenim uporabnikom.
Pametna energetika mora zato spoštovati pravila varstva podatkov, omejevati dostop in uporabljati varne komunikacijske poti. Digitalna korist ne sme pomeniti, da so podatki uporabnikov prosto dostopni.



Grafika 36: Dan v pametnem omrežju

6.13 Lokalna napetost in sončne elektrarne

V distribucijskem omrežju mora napetost ostati znotraj dovoljenega območja. Ko veliko sončnih elektrarn na koncu istega voda hkrati oddaja elektriko, lahko lokalna napetost naraste. **Razsmernik** lahko zaradi zaščite zmanjša moč ali se izključi.

To je za lastnika neprijetno, vendar je varnost omrežja pomembnejša od trenutne proizvodnje. Rešitve vključujejo ojačitev omrežja, regulacijo napetosti, baterije, pametne razsmernike in povečanje lokalne porabe v času visoke proizvodnje.



Grafika 37: Energijska dejstva



Grafika 38: Ključni pojmi

7. UMETNA INTELIGENCA V ENERGETIKI

Energetika postaja podatkovno zelo intenzivna. Vsako minuto nastajajo podatki o porabi, vremenu, napetosti, toku, cenah, stanju naprav, polnjenju baterij in prometu. Umetna inteligenca lahko v velikih količinah podatkov poišče vzorce, ki jih človek težko zazna dovolj hitro.

UI v energetiki ni ena sama naprava ali robot. Gre za **algoritme,** ki lahko napovedujejo, razvrščajo, optimizirajo ali zaznavajo odstopanja. Njihova vrednost je v tem, da pomagajo pri odločanju, ne pa nujno v tem, da človeka popolnoma nadomestijo.

7.1 Napovedovanje sončne in vetrne proizvodnje

Za upravljanje omrežja je pomembno vnaprej vedeti, koliko energije bodo proizvedle sončne in vetrne elektrarne. Algoritem lahko združi **vremensko napoved, zgodovinske podatke, trenutno oblačnost, temperaturo, hitrost vetra in podatke iz elektrarn**.
Boljša napoved pomeni manj potrebe po dragih rezervah. Če operater ve, da bo ob 14. uri nad določenim območjem prišla oblačnost, lahko vnaprej pripravi druge vire, baterije ali prilagajanje porabe.

7.2 Napovedovanje porabe

Poraba elektrike ima **vzorce**. Delavniki se razlikujejo od vikendov, pozimi je drugačna kot poleti, vročinski valovi povečajo rabo klimatskih naprav, veliki dogodki lahko spremenijo vedenje milijonov uporabnikov.

Strojno učenje lahko te vzorce uporabi za napoved naslednjih ur ali dni. Boljša napoved porabe omogoča učinkovitejše načrtovanje proizvodnje in manjše rezerve.

7.3 Prediktivno vzdrževanje

Naprava pogosto pokaže znake obrabe, preden se pokvari. Transformator se lahko začne nenavadno segrevati, ležaj turbine vibrirati drugače, izolacija kabla pa spreminjati električne lastnosti.
Senzorji spremljajo temperaturo, vibracije, zvok, tok, napetost ali kemično sestavo olja. Algoritem primerja vzorec z običajnim delovanjem in opozori na možnost okvare. Vzdrževalci lahko posežejo prej in preprečijo večjo škodo.
Tak pristop imenujemo **prediktivno vzdrževanje.** Razlikuje se od preventivnega vzdrževanja, kjer napravo pregledamo po vnaprej določenem urniku ne glede na dejansko stanje.

7.4 Umetna inteligenca v pametnih stavbah

Pametna stavba lahko uporablja podatke o prisotnosti ljudi, zunanji temperaturi, vremenski napovedi, kakovosti zraka in cenah energije. Sistem lahko predvidi, kdaj bo stavba potrebovala ogrevanje ali hlajenje, ter naprave vključi ob najprimernejšem času.
Če je učilnica zjutraj prazna, je ni treba ogrevati na polno temperaturo več ur vnaprej. Če bo sončen dan, lahko sistem upošteva sončne dobitke. Če je elektrika opoldne poceni in nizkoogljična, lahko toplotna črpalka predčasno segreje zalogovnik vode.



Grafika 39: UI v pametnih stavbah

7.5 Digitalni dvojčki

Digitalni dvojček je **računalniški model resnične naprave ali sistema,** ki se sproti posodablja s podatki. Lahko predstavlja vetrnico, transformator, elektrarno ali celo del omrežja.
Na digitalnem dvojčku lahko preizkušamo scenarije brez tveganja za resnični sistem. Kaj se zgodi, če se poraba poveča za 20 %? Kako bi se obnašal transformator pri vročinskem valu? Kdaj bo potrebna zamenjava dela? Takšne simulacije pomagajo pri načrtovanju.

7.6 Računalniški vid in pregled infrastrukture

Dron lahko posname daljnovode, sončne module ali vetrnice. Algoritem računalniškega vida lahko na slikah išče poškodbe, razpoke, pregrete točke ali vegetacijo, ki se je preveč približala vodnikom.
Tak **pregled je lahko hitrejši in varnejši** kot ročno pregledovanje vsakega elementa, vendar morajo končno odločitev o nevarni napaki pogosto potrditi usposobljeni strokovnjaki.



Grafika 40: Pregled z droni

7.7 UI ni brez napak

Algoritem je tako dober, kot so dobri podatki in način, kako je bil razvit. Če so podatki nepopolni, pristranski ali zastareli, so lahko napačne tudi napovedi. Pri kritični infrastrukturi zato potrebujemo preverjanje, varnostne mehanizme in človeški nadzor.
Razložljivost je pomembna: če algoritem predlaga izklop pomembnega dela omrežja, mora biti jasno, na katerih podatkih temelji odločitev.

7.8 Tudi umetna inteligenca porablja energijo

Veliki modeli umetne inteligence tečejo v podatkovnih centrih. Ti potrebujejo **elektriko za strežnike, shranjevanje podatkov, omrežno opremo in hlajenje**. Po oceni Mednarodne agencije za energijo (IEA) so podatkovni centri leta 2024 porabili približno 415 TWh elektrike, okoli 1,5 % svetovne porabe električne energije. V osnovnem scenariju IEA bi se poraba do leta 2030 lahko povečala na okoli 945 TWh.
To ne pomeni, da je vsaka uporaba UI netrajnostna. Če UI pomaga zmanjšati izgube, bolje upravljati omrežje ali preprečiti okvaro, lahko ustvari energijske prihranke. Pomembno je tehtati koristi in porabo virov.
IEA ocenjuje, da lahko velik AI-usmerjen podatkovni center doseže moč 100 MW ali več. Ker so podatkovni centri prostorsko koncentrirani, lahko predstavljajo velik lokalni izziv za elektroenergetsko omrežje, tudi če njihov svetovni delež porabe ni ogromen.

7.9 Kako se model 'uči'?

Pri nadzorovanem strojnem učenju model dobi veliko primerov, pri katerih poznamo pravilen rezultat. Če želimo napovedovati sončno proizvodnjo, mu lahko pokažemo pretekle vremenske razmere in dejansko proizvodnjo. Model prilagodi notranje parametre tako, da zmanjšuje napake pri napovedi.
Nato ga preizkusimo na podatkih, ki jih med učenjem ni videl. Če je dober samo na učnih podatkih, na novih pa slab, govorimo o preprileganju. To je pomembno tudi v energetiki, saj sistem potrebuje zanesljive napovedi v novih vremenskih in obratovalnih razmerah.

7.10 Algoritem in optimizacija omrežja

Optimizacija pomeni **iskanje najboljše rešitve ob omejitvah.** Operater lahko želi minimizirati stroške, izgube ali izpuste, hkrati pa mora spoštovati zmogljivosti vodov, napetosti, rezerve in varnost.

UI lahko pomaga preiskovati zelo veliko število možnih kombinacij. Toda ciljna funkcija mora biti pravilno določena. Če bi algoritem optimiziral samo ceno in zanemaril zanesljivost, bi lahko predlagal nevarno rešitev. Zato so tehnične omejitve in človeško določeni cilji bistveni.

7.11 UI pri odkrivanju kraje in nenavadne porabe

Analiza merilnih podatkov lahko zazna **nenavadne vzorce,** ki kažejo na okvaro števca, tehnično napako ali nepooblaščen odjem. Vendar nenavaden vzorec še ni dokaz zlorabe. Lahko gre za novo toplotno črpalko, električni avtomobil ali spremenjene navade.

To je dober primer, zakaj **algoritmi ne smejo samodejno obtoževati ljudi**. Njihova naloga je opozoriti na odstopanje, nato pa je potrebno preverjanje.

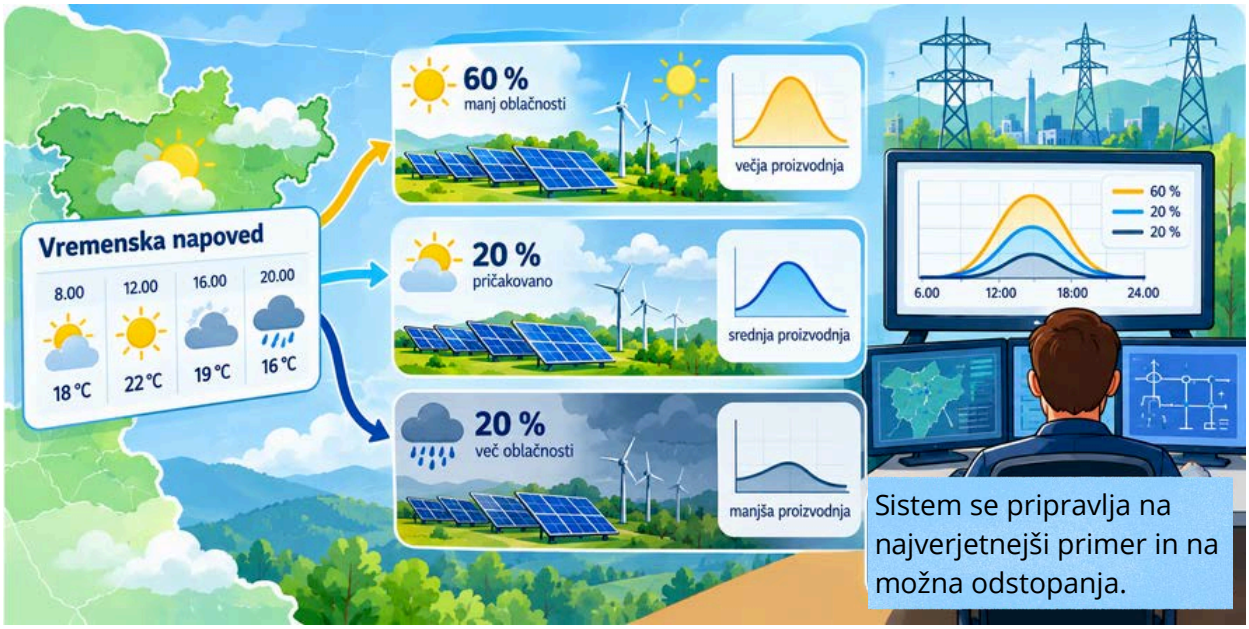
7.12 Energijska učinkovitost umetne inteligence

Raziskovalci razvijajo učinkovitejše procesorje, algoritme in načine hlajenja podatkovnih centrov. Pomemben kazalnik podatkovnega centra je PUE – **Power Usage Effectiveness**. Primerja celotno porabo objekta s porabo same računalniške opreme. Če je PUE blizu 1, gre malo dodatne energije za hlajenje in druge pomožne sisteme. Toda tudi zelo učinkovit podatkovni center lahko porabi ogromno elektrike, če je zelo velik. Učinkovitost na enoto storitve in skupna poraba sta dve različni vprašanji – podobno kot pri zelo varčnem avtomobilu, ki prevozi izjemno veliko kilometrov.

7.13 UI in vremenske napovedi – zakaj je energija posebna

Vremenska napoved ni nikoli popolnoma gotova. Za energetiko zato ni pomembna samo ena napoved, ampak tudi verjetnost različnih scenarijev. Če obstaja 20-odstotna verjetnost, da bo oblačnost veliko večja od pričakovane, mora operater razmisliti, koliko rezerve potrebuje.

Napredni modeli lahko namesto ene številke podajo razpon verjetnosti. Tako se sistem ne pripravlja le na 'najverjetnejši' primer, ampak tudi na možna odstopanja. To je pomembno zlasti pri velikem deležu vremensko odvisne proizvodnje.



Grafika 41: Ukrepanje ob vremenski napovedi

7.14 Človek v zanki

V kritičnih sistemih se pogosto uporablja načelo **human-in-the-loop** – človek v zanki. Algoritem analizira podatke in predlaga ukrep, človek pa ga potrdi ali zavrne. Pri manj tveganih nalogah, na primer prilagajanju temperature v pisarni, je lahko avtomatizacije več; pri izklopu pomembnega daljnovoda mora biti nadzor strožji. Stopnja avtomatizacije je zato odvisna od posledic napake. Energetika ne potrebuje samo pametnih algoritmov, ampak tudi jasne odgovornosti.



Grafika 41: Ukrepanje ob vremenski napovedi



Grafika 42: Ključni pojmi

8. PODNEBNE SPREMEMBE IN RAZOGLJIČENJE

Energetika in podnebne spremembe sta tesno povezani, ker je velik del svetovne energije še vedno pridobljen iz fosilnih goriv. Pri zgorevanju premoga, nafte in zemeljskega plina nastaja CO_2, ki povečuje učinek tople grede.

8.1 Naravni učinek tople grede

Sonce Zemljo osvetljuje predvsem s kratkovalovnim sevanjem. Površje del energije absorbira in jo oddaja nazaj kot dolgovalovno infrardeče sevanje. Toplogredni plini del tega sevanja absorbirajo in ponovno oddajajo v različne smeri, zato se spodnje plasti ozračja in površje segrevajo.
Naravni učinek tople grede je nujen za življenje, kot ga poznamo. Problem je **povečanje koncentracij toplogrednih plinov** zaradi človekovih dejavnosti, ki povzroča dodatno segrevanje.

8.2 Glavni toplogredni plini

Ogljikov dioksid nastaja predvsem pri zgorevanju fosilnih goriv, proizvodnji cementa in spremembah rabe zemljišč. Metan nastaja pri pridobivanju fosilnih goriv, živinoreji, odlagališčih in nekaterih naravnih procesih. Didušikov oksid je povezan z uporabo dušikovih gnojil in industrijo.
Različni plini imajo različno sposobnost zadrževanja toplote in različno življenjsko dobo v ozračju. Zato izpuste pogosto preračunamo v ekvivalent CO2 – CO2e – da jih lahko primerjamo.



Grafika 43: Toplogredni plini

8.3 Kaj je ogljični odtis?

Ogljični odtis je **vsota izpustov toplogrednih plinov, povezanih z dejavnostjo, izdelkom, organizacijo ali osebo**. Pri izdelku ne gledamo samo izpustov med uporabo. Upoštevamo **pridobivanje surovin, proizvodnjo, transport, uporabo, vzdrževanje in konec življenjske dobe.**
Zato tudi sončna elektrarna, vetrnica, baterija ali jedrska elektrarna nimajo ničelnega življenjskega odtisa. Vendar je njihov ogljični odtis na proizvedeno kWh skozi življenjsko dobo praviloma precej manjši kot pri elektrarnah na premog ali plin.

8.4 Slovenija in izpusti

Po podatkih ARSO so skupni slovenski izpusti toplogrednih plinov leta 2024 znašali približno 15,48 milijona ton CO2 ekvivalenta. Največji posamezni sektor je bil **promet**. Iz podatkov ARSO je razvidno, da je promet predstavljal približno 37 % skupnih izpustov, energetika pa približno 19 %. (Vir: ARSO, Izpusti toplogrednih plinov, podatki za 2024.)
Promet je posebej zahteven zato, ker močno temelji na **naftnih gorivih**. Zato so elektrifikacija vozil, javni promet, železnica, hoja in kolesarjenje pomembni del razogljičenja.
Leta 2024 so bili izpusti v sektorjih izven sistema trgovanja z emisijami še vedno nad indikativno potjo do ciljev NEPN, zaostanek pa je bil posebej opazen v prometu in široki rabi. To kaže, da podnebni cilji niso samo vprašanje elektrarn, temveč tudi stavb, prometa in vsakodnevne rabe energije.

8.5 Razogljičenje

Razogljičenje pomeni **zmanjševanje izpustov CO2 in drugih toplogrednih plinov iz gospodarstva in družbe**. Najpomembnejši ukrepi so zmanjšanje nepotrebne rabe energije, večja učinkovitost, prehod na nizkoogljične vire elektrike, elektrifikacija, uporaba trajnostnih goriv tam, kjer elektrifikacija ni mogoča, ter zaščita naravnih ponorov ogljika.

Elektrifikacija pomaga predvsem takrat, ko postaja proizvodnja elektrike čistejša. Električni avtomobil, ki uporablja elektriko iz nizkoogljičnega sistema, ima skozi uporabo manjši ogljični odtis kot enak avtomobil, če bi bila vsa elektrika proizvedena iz premoga.



Grafika 44: Razogličenje

8.6 Podnebna nevtralnost

Podnebna nevtralnost pomeni, da **neto učinek človekovih izpustov na podnebje ne povečuje več koncentracije toplogrednih plinov**. V praksi to zahteva zelo veliko zmanjšanje izpustov, preostale težko odpravljive izpuste pa je treba uravnotežiti z odstranjevanjem CO2.

Sajenje dreves je pomembno, vendar ne more nadomestiti neomejenega kurjenja fosilnih goriv. Gozdovi imajo omejeno površino in sposobnost shranjevanja ogljika, poleg tega lahko požari, bolezni in sečnja del ogljika ponovno sprostijo.

8.7 Pravičen prehod

Energetski prehod vpliva na ljudi in regije različno. Zapiranje premogovnika lahko zmanjša izpuste, hkrati pa vpliva na delovna mesta in lokalno gospodarstvo. Zato govorimo o pravičnem prehodu: **spremembe morajo vključevati nova delovna mesta, usposabljanje, socialno varnost in dostopnost energije.**

Tudi učinkovitejše naprave ali električni avtomobili niso enako dostopni vsem. Podnebna politika je uspešnejša, če omogoča sodelovanje tudi gospodinjstvom z nižjimi dohodki.

8.8 Zakaj metan ni samo 'še en CO2'?

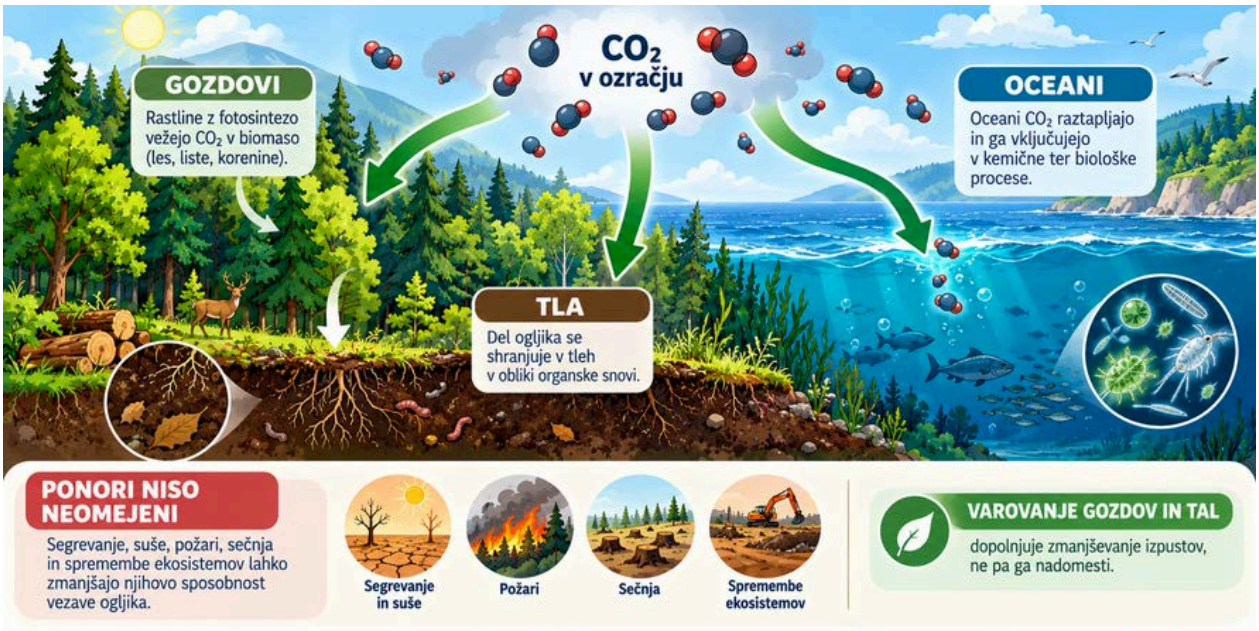
Metan je v ozračju prisoten v manjši koncentraciji kot CO2, vendar ima na molekulo **močan toplogredni učinek**. V ozračju ostane krajši čas kot velik del CO2, zato hitro zmanjšanje metana lahko relativno hitro upočasni dodatno segrevanje.
CO2 pa se v podnebnem sistemu kopiči in del njegovih učinkov traja zelo dolgo. Zato podnebna politika ne izbira med zmanjšanjem CO2 ali metana – pomembno je oboje.



Grafika 45: Primerjava metana in ogljikovega dioksida v ozračju

8.9 Ponori ogljika

Gozdovi, tla in oceani **absorbirajo del CO2 iz ozračja**. Temu pravimo ponori ogljika. Rastline z fotosintezo vežejo ogljik v biomaso, del se shranjuje tudi v tleh. Oceani CO2 raztapljajo in ga vključujejo v kemične ter biološke procese.
Ponori niso neomejeni. Segrevanje, suše, požari, sečnja in spremembe ekosistemov lahko zmanjšajo njihovo sposobnost vezave ogljika. Zato varovanje gozdov in tal dopolnjuje zmanjševanje izpustov, ne pa ga nadomesti.



Grafika 46: Ponori ogljika

8.10 Prilagajanje in blaženje

Blaženje podnebnih sprememb pomeni **zmanjševanje vzrokov:** manj izpustov in več ponorov. Prilagajanje pa pomeni **zmanjševanje posledic**, ki se jim ne moremo več povsem izogniti.
V energetiki je primer blaženja sončna elektrarna, ki nadomesti proizvodnjo iz fosilnega goriva. Primer prilagajanja je okrepitev električnega omrežja proti neurjem, zaščita transformatorskih postaj pred poplavami ali hlajenje elektrarn v vročinskih valovih.

8.11 Ogljična intenzivnost elektrike

Enaka količina električne energije nima v vseh državah in urah enakega ogljičnega odtisa. Če omrežje trenutno napajajo predvsem sonce, veter, voda in jedrska energija, je ogljična intenzivnost nižja kot ob veliki proizvodnji iz premoga in plina.
Pametno polnjenje električnega avtomobila ali delovanje toplotne črpalke lahko zato v prihodnosti upošteva ne le ceno, ampak tudi trenutni ogljični odtis elektrike. To je primer povezovanja digitalizacije in razogljičenja.

8.12 Zakaj je promet v Sloveniji tako pomemben

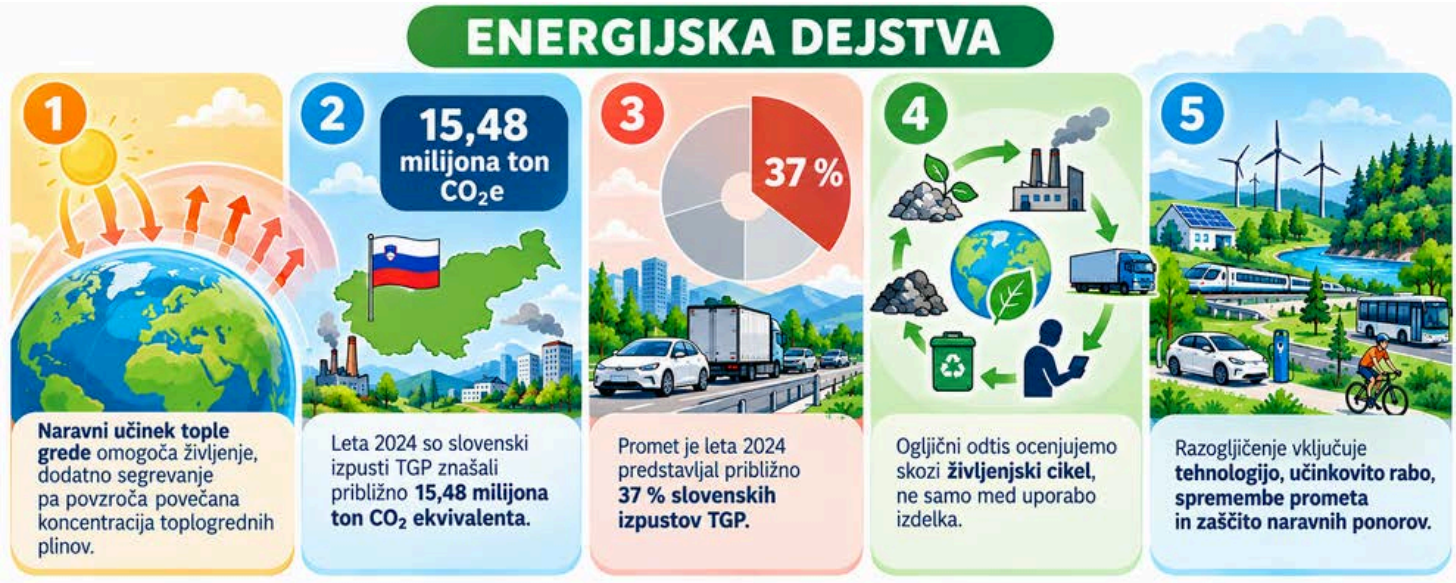
Slovenija ima **razpršeno poselitev**, **veliko dnevnih migracij in močno cestno povezanost**. Osebni avtomobil ima zato zelo pomembno vlogo. Hkrati Slovenija leži na pomembnih evropskih tranzitnih koridorjih, po katerih poteka tudi veliko tovornega prometa.
Zato zmanjševanje prometnih izpustov zahteva več rešitev hkrati: učinkovitejša vozila, elektrifikacijo, kakovosten javni prevoz, železnico, kolesarske povezave, bližino storitev in zmanjševanje nepotrebnih poti. Samo ena tehnologija ne bo dovolj.



Grafika 47: Promet v Sloveniji

8.13 Energetska revščina in podnebni ukrepi

Gospodinjstvo, ki živi v slabo izolirani stavbi in ima nizke prihodke, lahko za energijo porabi velik delež prihodkov, pa vseeno ne dosega primerne temperature. To je **primer energetske revščine.**
Podnebni ukrepi morajo takim gospodinjstvom pomagati pri prenovi in učinkovitih napravah. Če bi podražili energijo, ne da bi omogočili izboljšave, bi lahko socialne težave povečali. Pravičen prehod zato združuje podnebne in socialne cilje.



Grafika 48: Energijska dejstva



Grafika 49: Ključni pojmi

9. ELEKTRIFIKACIJA PROMETA

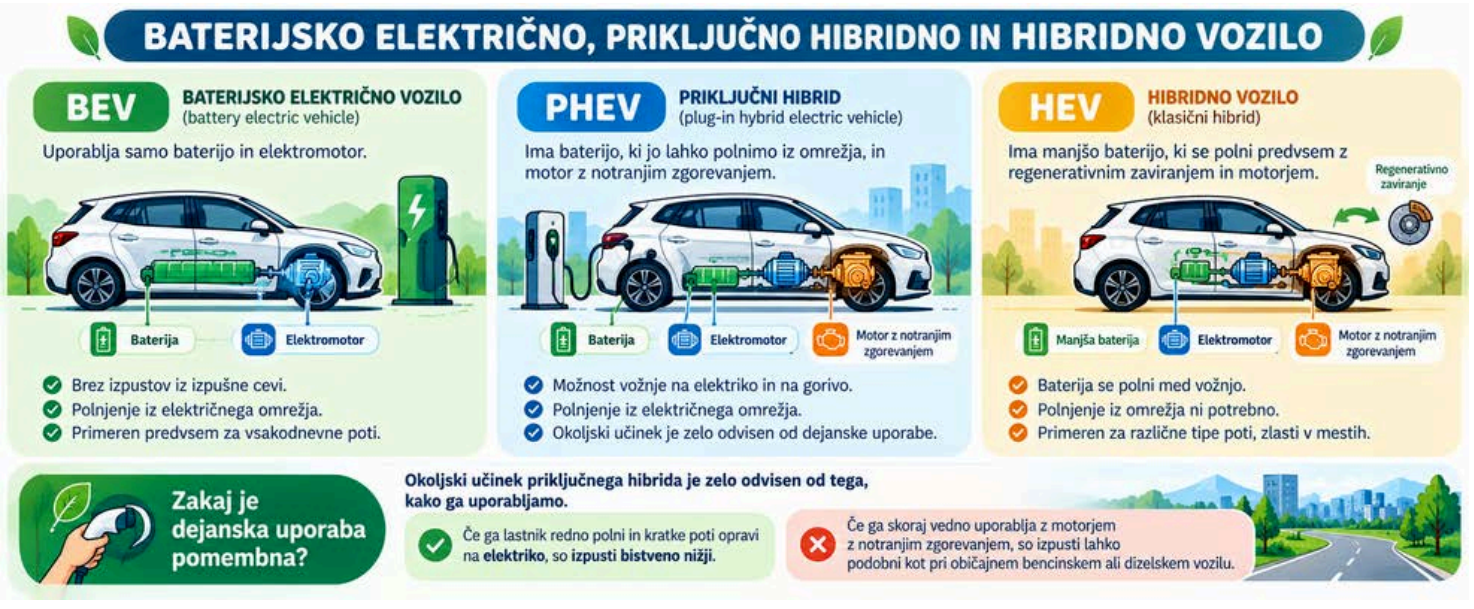
Promet je eden največjih porabnikov energije in pomemben vir toplogrednih plinov. Večino energije v cestnem prometu še vedno zagotavljajo naftna goriva. Elektrifikacija pomeni, da motorje z notranjim zgorevanjem deloma nadomeščamo z elektromotorji in električno energijo.

9.1 Zakaj je elektromotor učinkovit?

Motor z notranjim zgorevanjem velik del energije goriva izgubi kot toploto skozi izpuh in hladilni sistem. Elektromotor lahko veliko večji delež električne energije pretvori v mehansko delo. Zato električno vozilo za enako razdaljo praviloma potrebuje **manj končne energije**.
Električni motor razvije velik navor že pri nizkih vrtljajih in ne potrebuje klasičnega večstopenjskega menjalnika. Ima tudi manj gibljivih delov kot motor z notranjim zgorevanjem.

9.2 Baterijsko električno, priključno hibridno in hibridno vozilo

BEV – battery electric vehicle – uporablja samo baterijo in elektromotor. **PHEV – priključni hibrid** – ima baterijo, ki jo lahko polnimo iz omrežja, in motor z notranjim zgorevanjem. **Klasični hibrid** ima manjšo baterijo, ki se polni predvsem z regenerativnim zaviranjem in motorjem.
Okoljski učinek priključnega hibrida je zelo odvisen od dejanske uporabe. Če ga lastnik redno polni in kratke poti opravi na električno, je drugače kot če skoraj vedno uporablja motor z notranjim zgorevanjem.



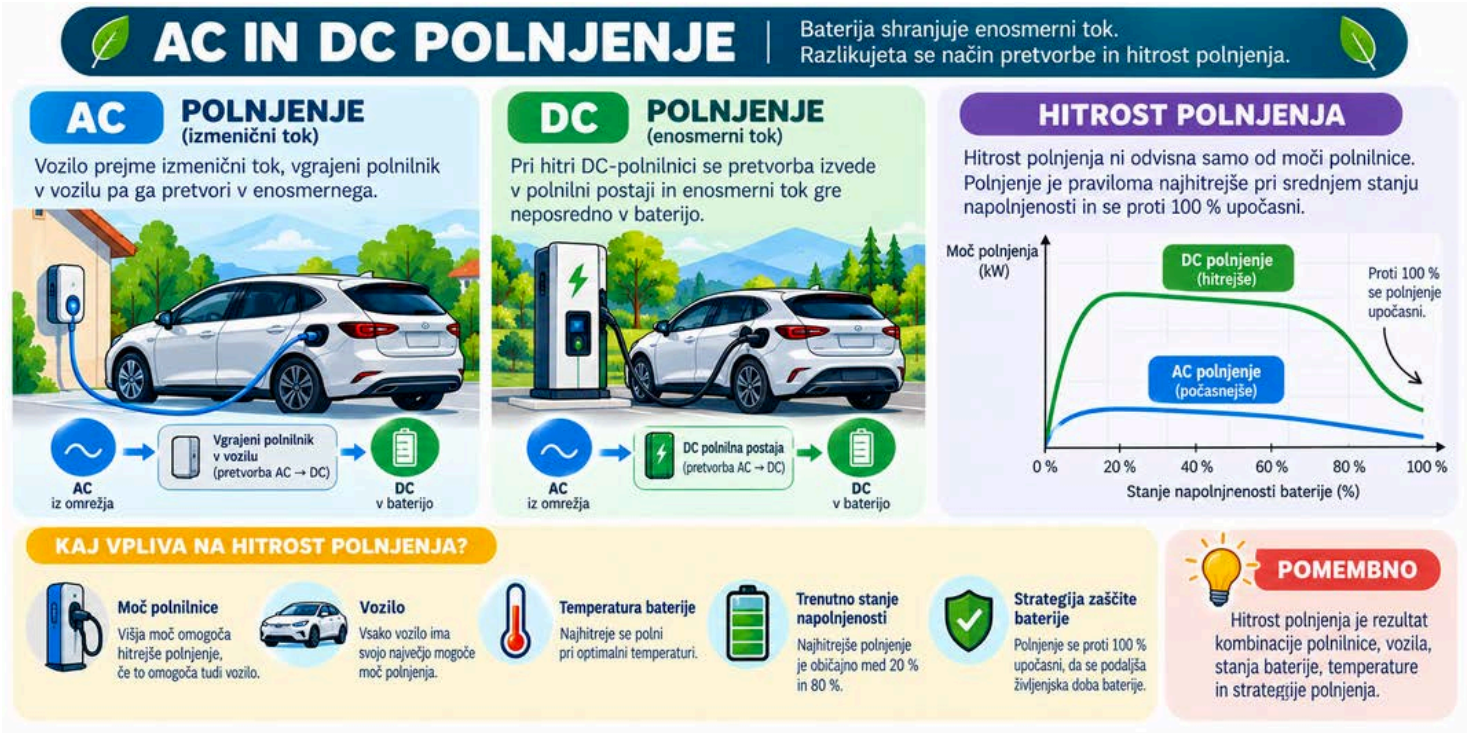
Grafika 50: Delovanje vozil

9.3 Regenerativno zaviranje

Pri običajnem zaviranju se kinetična energija vozila v zavorah spremeni v toploto. Elektromotor lahko pri zaviranju deluje kot generator. Del kinetične energije pretvori nazaj v električno in jo pošlje v baterijo. Temu pravimo **regenerativno zaviranje**.
Vse energije ne moremo dobiti nazaj, ker pri pretvorbah nastanejo izgube, vendar je sistem zlasti v mestni vožnji zelo koristen.

9.4 AC in DC polnjenje

Baterija shranjuje enosmerni tok. Pri AC-polnilnici vozilo prejme izmenični tok, vgrajeni polnilnik v vozilu pa ga pretvori v enosmernega. Pri hitri DC-polnilnici se pretvorba izvede v polnilni postaji in enosmerni tok gre neposredno v baterijo.
Hitrost polnjenja ni odvisna samo od moči polnilnice. Omejujejo jo tudi vozilo, temperatura baterije, trenutno stanje napolnjenosti in strategija zaščite baterije. Polnjenje je praviloma najhitrejše pri srednjem stanju napolnjenosti in se proti 100 % upočasni.



Grafika 51: Polnjene e-vozil

9.5 Doseg ni enak v vseh razmerah

Poraba električnega vozila je odvisna **od hitrosti, temperature, uporabe ogrevanja in hlajenja, pnevmatik, reliefa in sloga vožnje.** Pri visoki avtocestni hitrosti se zaradi zračnega upora poraba močno poveča.
Pozimi baterija deluje pri nižji temperaturi, energijo pa porabi tudi ogrevanje avtomobila. Zato je doseg pogosto manjši kot v zmernih razmerah.

9.6 Električni avtomobil in omrežje

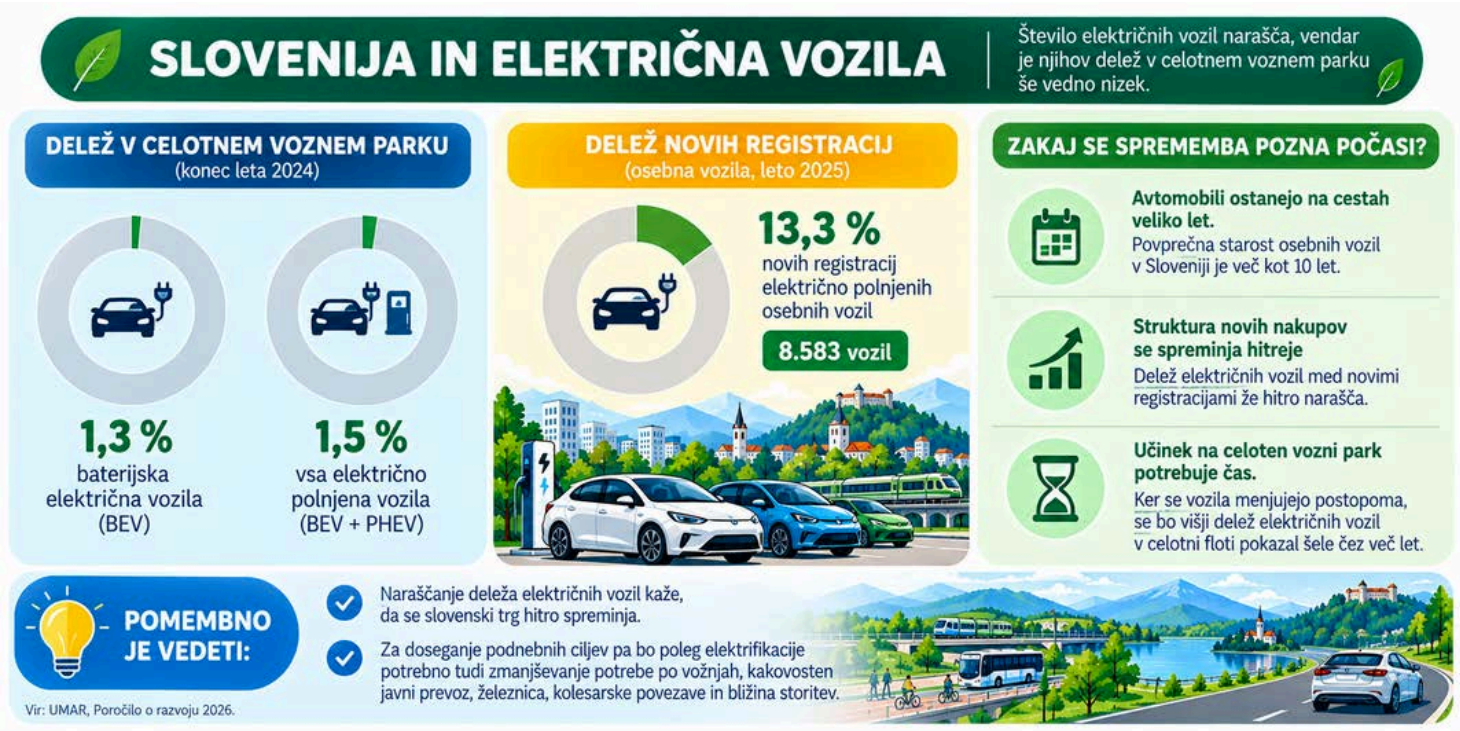
Elektrifikacija prometa bo povečala porabo električne energije, vendar ni nujno, da bo povzročila nevzdržne konice. Ključna je časovna razporeditev. Večina osebnih vozil je parkirana veliko ur na dan, zato se polnjenje lahko prilagaja.
Pametno polnjenje lahko upošteva ceno elektrike, stanje omrežja, proizvodnjo sončne elektrarne in čas odhoda. Če je avto doma od 17.00 do 7.00, ga ni treba polniti z največjo močjo vseh 14 ur.

9.7 Življenjski cikel baterije

Izdelava baterije zahteva **surovine, energijo in industrijske procese**. Pomembne so litij, grafit, baker, aluminij ter pri nekaterih kemijah nikelj in kobalt. Pridobivanje surovin ima okoljske in družbene vplive.
Po koncu uporabe v avtomobilu baterija ni nujno takoj odpadek. Če ima še dovolj kapacitete, jo lahko uporabimo kot stacionarni hranilnik. Na koncu pa je pomembno recikliranje, pri katerem želimo pridobiti čim več dragocenih materialov nazaj.

9.8 Slovenija in električna vozila

Elektrifikacija slovenskega voznega parka še poteka počasi, vendar se nove registracije hitro povečujejo. Poročilo UMAR za leto 2026 navaja, da je bil konec leta 2024 delež baterijskih električnih vozil v celotnem voznem parku približno 1,3 %, delež vseh električno polnjenih vozil pa 1,5 %. Leta 2025 je delež novih registracij električno polnjenih osebnih vozil dosegel približno 13,3 % oziroma 8.583 vozil. (Vir: UMAR, Poročilo o razvoju 2026.)
To pomeni, da se struktura novih nakupov spreminja hitreje kot celoten vozni park. Avtomobili ostanejo na cestah veliko let, zato traja dolgo, da se sprememba novih registracij pozna v celotni floti.



Grafika 51: E-vozila v Sloveniji

9.9 Trajnostna mobilnost je širša od električnega avtomobila

Električni avtomobil odpravi izpušne pline iz izpušne cevi in je energetsko učinkovitejši, vendar še vedno potrebuje prostor, ceste, parkirišča in materiale. Prispeva k obrabi pnevmatik in cest ter ne reši prometnih zastojev.
Zato trajnostna mobilnost vključuje tudi **hojo, kolesarjenje, javni prevoz, železnico, deljene prevoze in boljše prostorsko načrtovanje**. Za pot enega kilometra je lahko najprimernejša rešitev peš ali s kolesom, ne glede na vrsto avtomobila.
Elektrifikacija je zelo pomembna za poti in vozila, pri katerih je motorni promet potreben, vendar je zmanjšanje nepotrebnih poti in preusmeritev na učinkovitejše oblike mobilnosti še vedno pomemben del razogljičenja.

10.10 Zakaj masa vozila šteje?

Težje vozilo potrebuje več energije za pospeševanje in pri vožnji navkreber. Regenerativno zaviranje del te energije vrne, ne more pa je vrniti v celoti. Večja masa pomeni tudi več materiala pri izdelavi in pogosto večjo baterijo.
Zato elektrifikacija ne odpravi vprašanja velikosti vozil. **Majhno in lahko električno vozilo je praviloma energijsko učinkovitejše** od velikega in težkega, tudi če imata oba električni pogon.

10.11 Zračni upor in hitrost

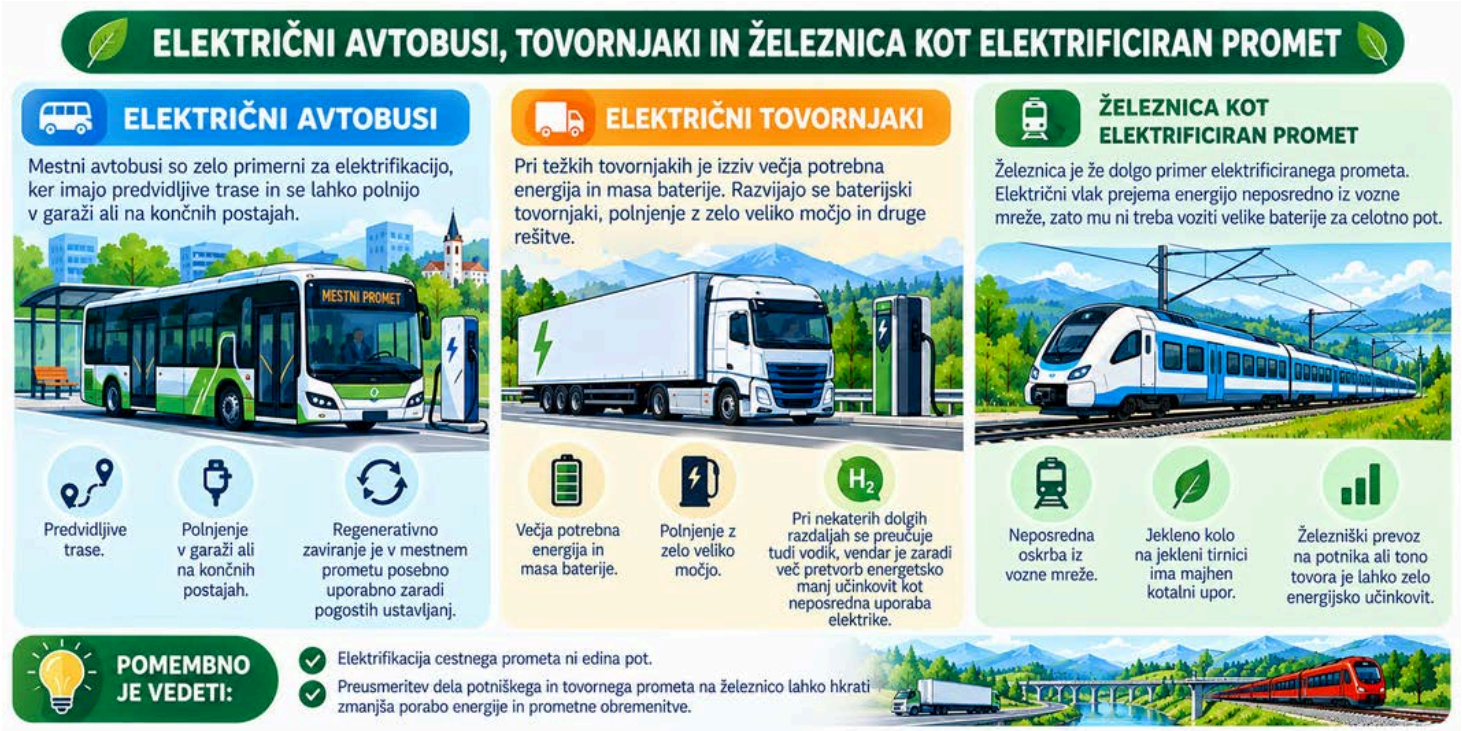
Pri višjih hitrostih postane **zračni upor eden glavnih porabnikov energije**. Sila zračnega upora narašča približno s kvadratom hitrosti, potrebna moč za premagovanje upora pa še hitreje. Zato vožnja 130 km/h porabi precej več energije na kilometer kot zmernejša hitrost.
To velja za električna in klasična vozila. Aerodinamična oblika je zato zelo pomembna za doseg električnega avtomobila.

10.12 Električni avtobusi in tovornjaki

Elektrifikacija ni omejena na osebne avtomobile. Mestni avtobusi so zelo primerni, ker imajo predvidljive trase in se lahko polnijo v garaži ali na končnih postajah. Regenerativno zaviranje je v mestnem prometu posebno uporabno zaradi pogostih ustavljanj.
Pri težkih tovornjakih je izziv večja potrebna energija in masa baterije. Razvijajo se baterijski tovornjaki, polnjenje z zelo veliko močjo in druge rešitve. Pri nekaterih dolgih razdaljah se preučuje tudi vodik, vendar je zaradi več pretvorb energetsko manj učinkovit kot neposredna uporaba elektrike.

10.13 Železnica kot elektrificiran promet

Železnica je že dolgo **primer elektrificiranega prometa**. Električni vlak prejema energijo neposredno iz vozne mreže, zato mu ni treba voziti velike baterije za celotno pot. Jekleno kolo na jekleni tirnici ima majhen kotalni upor, zato je železniški prevoz na potnika ali tono tovora lahko zelo energijsko učinkovit.
Elektrifikacija cestnega prometa zato ni edina pot. Preusmeritev dela potniškega in tovornega prometa na železnico lahko hkrati zmanjša porabo energije in prometne obremenitve.



Grafika 52: Elektrifikacija prometa

10.14 Polnilna infrastruktura kot del energetskega sistema

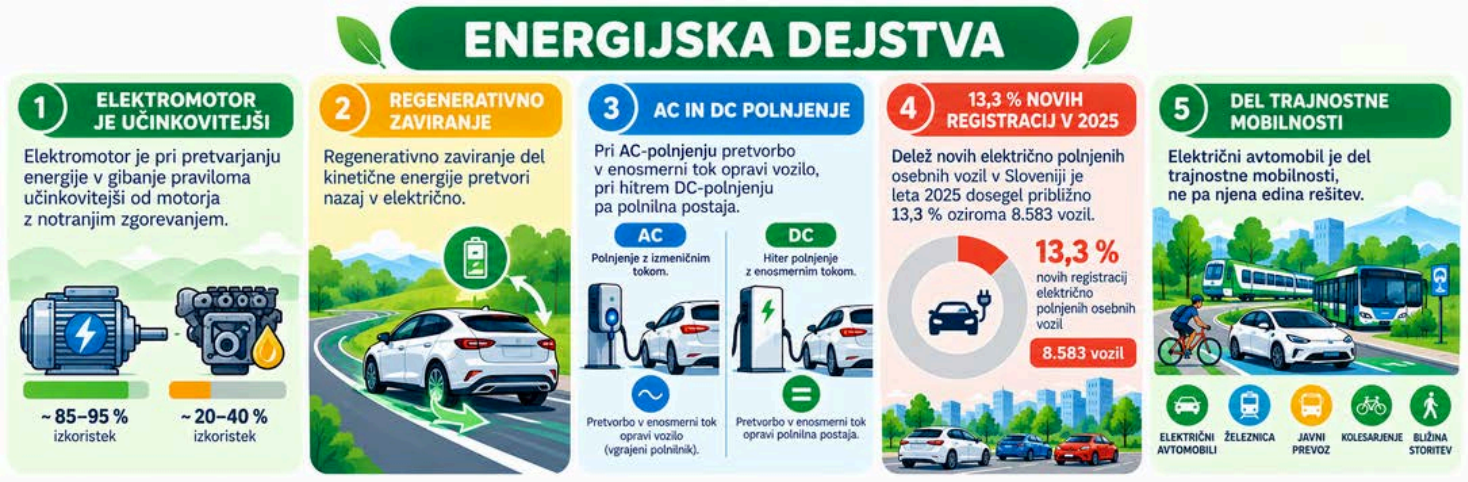
Polnilnica ni samo vtičnica. Vključuje **električno zaščito, komunikacijo, merjenje in pri hitrem DC-polnjenju tudi zmogljivo močnostno elektroniko**. Več hitrih polnilnic na enem mestu lahko zahteva močan priključek na omrežje ali lokalni baterijski hranilnik.
Pametna polnilna postaja lahko prilagodi moč, če je omrežje obremenjeno, ali poveča polnjenje ob presežku sončne proizvodnje. Tako promet postane aktiven del pametnega omrežja.

10.15 Primerjava energije na 100 kilometrov

Baterijski električni osebni avtomobil lahko za 100 km porabi približno 15–25 kWh elektrike, odvisno od velikosti, hitrosti in razmer. Bencinski avtomobil, ki porabi 6 litrov na 100 km, v gorivu prejme približno 50–60 kWh kemične energije. Razlika je predvsem posledica večje učinkovitosti elektromotorja.
Primerjava ni popolnoma enostavna, ker moramo upoštevati proizvodnjo in prenos elektrike ter proizvodnjo goriva. Kljub temu lepo pokaže, zakaj **elektrifikacija lahko zmanjša končno porabo energije v prometu**, tudi če število prevoženih kilometrov ostane enako.

10.16 Kaj pomeni dobra polnilna mreža?

Dobra polnilna infrastruktura ne pomeni, da mora biti povsod samo najhitrejša polnilnica. Avto je ponoči doma več ur, zato je počasnejše AC-polnjenje pogosto dovolj. Na avtocesti pa uporabnik želi hitro DC-polnjenje.
Najbolj učinkovit sistem zato združuje veliko število običajnih polnilnih mest tam, kjer vozila dolgo stojijo, in manjše število zmogljivih hitrih polnilnic na poteh. Če bi vse polnjenje izvajali samo z največjimi močmi, bi bilo omrežje po nepotrebnem dražje in bolj obremenjeno.



Grafika 53: Energijska dejstva



Grafika 54: Ključni pojmi

SKLEP

Energetske prihodnosti ne bo določila ena sama tehnologija. Sončne elektrarne potrebujejo omrežja in prilagodljivost. Električni avtomobili potrebujejo čisto elektriko in polnilno infrastrukturo. Baterije potrebujejo materiale in premišljeno recikliranje. Jedrske in hidroelektrarne zagotavljajo velike količine energije, vendar imajo posebne okoljske, varnostne in prostorske zahteve. Učinkovite stavbe zmanjšujejo potrebo po energiji, pametna omrežja pa pomagajo usklajevati milijone naprav.
Najpomembnejše sporočilo je, da energetika ni seznam nepovezanih elektrarn. Je sistem, v katerem se proizvodnja, omrežje, hranilniki, uporabniki, vremenske razmere, digitalne tehnologije in okolje ves čas medsebojno vplivajo.
Pametna energija zato pomeni več kot pametni števec ali umetna inteligenca. Pomeni, da znamo izbrati pravi vir za pravo nalogo, zmanjšati nepotrebno porabo, energijo uporabiti takrat, ko je na voljo, shraniti presežke in pri tem ohraniti zanesljivost ter zmanjšati vplive na podnebje in naravo.

VIRI IN LITERATURA

- Statistični urad Republike Slovenije (SURS): Energetska statistika, 2024; končni podatki, objava 7. 10. 2025.
- SURS: Obnovljivi viri v bruto končni rabi energije, 2024; končni podatki, objava 8. 1. 2026.
- SURS: Oskrba z energijo, 2025; začasni podatki, objava 15. 5. 2026.
- SURS: mesečne objave Energetika, 2024–2026.
- Agencija za energijo: Poročilo o stanju na področju energetike v Sloveniji v letu 2024, 2025.
- Agencija za energijo: Napredno merjenje porabe in prilagajanje odjema; portal Moj Elektro.
- ELES: Razvojni načrt prenosnega sistema Republike Slovenije, objava 2025.
- ARSO – Kazalci okolja: Izpusti toplogrednih plinov, podatki do leta 2024.
- Vlada RS / Ministrstvo za infrastrukturo in energetiko: Nacionalni energetski in podnebni načrt – cilj najmanj 33 % OVE do leta 2030.
- Borzen: pregled stanja sončnih elektrarn in samooskrbe, 2025.
- Soške elektrarne Nova Gorica: podatki o ČHE Avče.
- Nuklearna elektrarna Krško: tehnični in proizvodni podatki.
- Mednarodna agencija za energijo (IEA): Energy and AI, 2025.
- Evropska komisija: energetske nalepke in informacije o učinkoviti rabi energije.
- UMAR: Poročilo o razvoju 2026 – elektrifikacija prometa in brezemisijska vozila.

- Grafike izdelane z UI.

PODPORNIK EKOKVIZA ZA OSNOVNE ŠOLE 2026/2027:

Holding Slovenske elektrarne



hse 25 let

Skupina hse
POSPEŠENO V ZELENO

Ekošola

© Program Ekošola. Gradivo je brezplačno.