

## Pot do nizkoogljične družbe

Smo pred odločitvijo, kakšno pot naj izberemo za zmanjšanje izpustov ogljikovega dioksida.



*Države, ki se zanašajo na elektriko iz sončnih elektrarn, morajo v obdobjih brez sonca uvažati energijo iz termoelektrarn.*  
FOTO: AFP

Igor Lengar

🕒 20.04.2024 ob 05:00

🕒 20.04.2024 ob 07:25

Že nekaj desetletij potekajo prizadevanja za zmanjšanje izpustov ogljikovega dioksida in drugih toplogrednih plinov v ozračje, kljub temu pa koncentracija CO<sub>2</sub> še vedno naglo narašča in je letos marca dosegla novo rekordno vrednost. Zdaj je v atmosferi za polovico več CO<sub>2</sub>, kot ga je bilo v predindustrijski dobi, globalno so se temperature v povprečju dvignile za 1,3 °C. Tudi v Sloveniji smo pred odločitvijo, kakšno pot naj izberemo za zmanjšanje izpustov.

Tri četrtine toplogrednih plinov se sprostijo pri proizvodnji vseh vrst energije, kar vključuje promet, ogrevanje in električno energijo. Od teh je najpomembnejša proizvodnja elektrike, saj se pri tem procesu v globalnem merilu sprosti več kot tretjina vsega CO<sub>2</sub>. V prihodnosti se bo vloga elektrike še povečala. Večina scenarijev za zmanjšanje izpustov namreč stavi na elektrifikacijo prometa in uporabo toplotnih črpalk za ogrevanje kot najlažjega načina za

zmanjšanje izpustov v teh sektorjih.

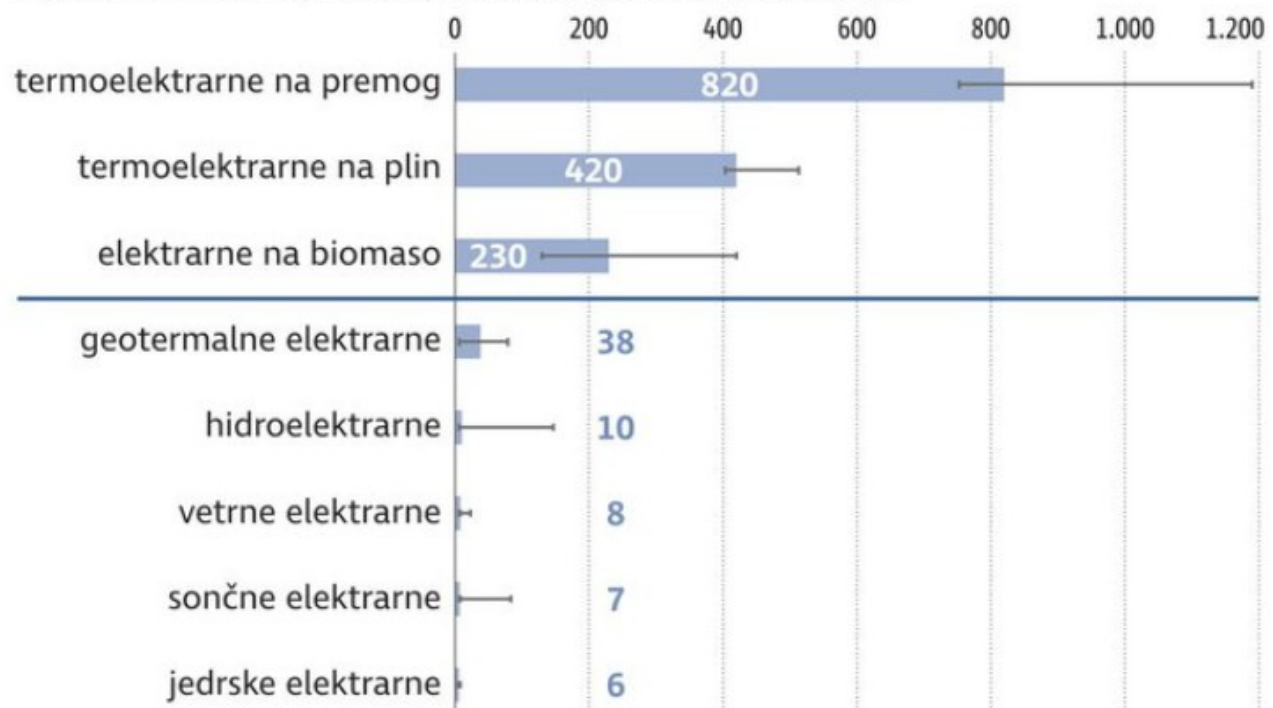
Kljub vedno večjemu zavedanju posledic prekomernih izpustov CO<sub>2</sub> in tudi finančnim vložkom, ki naj bi izpuste zmanjšali, pa so izboljšave pogosto skromne. Upravičeno se sprašujemo, kako je to mogoče, razlogov pa je več. Da jih bomo bolje razumeli, si pogledjmo nekaj števil v zvezi s pridobivanjem elektrike.

## Nizkoogljično pridobivanje elektrike

Elektriko lahko pridobivamo iz različnih vrst elektrarn, pri čemer imamo na razpolago visokoogljične termoelektrarne na fosilna goriva in nizkoogljične tehnologije, v prvi vrsti hidroelektrarne, jedrske, vetrne in sončne elektrarne. Manjše količine elektrike pridobivamo tudi z izkoriščanjem geotermalne energije in biomase, ki pa sta kot vira omejena. Izpuste ogljikovega dioksida pri proizvodnji elektrike podajamo kot količino CO<sub>2</sub>, ki se sprosti na kilovatno uro (kWh) proizvedene električne energije, pri čemer upoštevamo vse izpuste, ki so nastali v celotnem ciklu proizvodnje elektrike, prišteti so torej tudi izpusti pri gradnji in razgradnji elektrarne. Za nizkoogljične elektrarne veljajo tiste, pri katerih so celotni izpusti manjši od 100 g CO<sub>2</sub>/kWh.

### 1 Izpusti ogljikovega dioksida

v gramih CO<sub>2</sub> na proizvedeno kilovatno uro elektrike



Sproščena količina ogljikovega dioksida na proizvedeno kilovatno uro (kWh) elektrike za različne vrste elektrarn. Zajeti so izpusti v celotni življenjski dobi. S številko je podana povprečna vrednost, s črto pa možno odstopanje za posamezno vrsto elektrarne. Nizkoogljični so viri pod označeno ločnico.

Vir: UNECE-LCA3, IPCC **DELO**

*izpusti ogljikovega dioksida*

## Zahtevno prilagajanje elektroenergetskega omrežja

Zgolj na podlagi slike 1 bi lahko sklepali, da je za proizvodnjo elektrike z majhnimi izpusti potrebno, da postavimo čim več nizkoogljičnih elektrarn, ne glede na to, katerega izmed tipov izberemo. A stvari niso tako preproste. Elektroenergetski sistem je namreč zelo zapleten, saj mora biti proizvodnja elektrike ves čas enaka njeni porabi. To pomeni, da se mora ob vključitvi vsakega dodatnega porabnika povečati proizvodnja elektrike v eni izmed elektrarn in se nato spet zmanjšati, ko katerega izključimo. Nenehno zagotavljanje ustrezne proizvodnje elektrike je zahtevno, zaradi česar je celotno evropsko omrežje sinhronizirano in ob usklajeni porabi in proizvodnji je frekvenca elektrike v celotni Evropi enaka, to je 50 hertzov (Hz).

V primeru vključitve dodatnih porabnikov elektrike, ki jim ne bi sledilo povečanje proizvodnje v elektrarnah, bi se frekvenca začela zniževati, in ko bi ta dosegla le nekoliko manjšo vrednost, 49 Hz, bi sledila razpad elektroenergetskega sistema in električni mrk. Do tega sicer pride zelo redko, saj v elektroenergetskem sistemu pravočasno poskrbijo za povečanje proizvodnje oziroma začnejo odklapljati uporabnike, tako da frekvenca ne pade pod 49.8 Hz oziroma za manj kot pol odstotka. Podobno velja v primeru, ko se v kratkem času izključi več porabnikov elektrike, elektrarne pa ne morejo dovolj hitro zmanjšati svoje proizvodnje. Takrat se frekvenca omrežja začne zviševati in brez odklapljanja proizvodnih enot bi sledil električni mrk, ko bi frekvenca dosegla vrednost 51Hz. Vzdrževanje natančno enake proizvodnje in porabe v določenem trenutku je zelo zahtevno; pri tem ključno pomaga tudi povezanost celotne Evrope v skupno omrežje, saj je v velikem sistemu z večjim številom elektrarn lažje slediti spremembam v porabi.

Prav pri zagotavljanju konstantne moči v sistemu in možnosti prilagajanja proizvodnje trenutnim potrebam pa se elektrarne s slike 1 med seboj izrazito razlikujejo. Termoelektrarne in **jedrsk**e elektrarne lahko moč zagotavljajo neprestano, podobno velja tudi za hidroelektrarne; težava pri slednjih so daljša sušna obdobja. Najlažje nihanjem v omrežju sledijo termoelektrarne na plin, ki jih je mogoče zagnati v nekaj minutah, dlje traja sprememba moči pri hidroelektrarnah in premogovnih elektrarnah, najdlje pri **jedrskih elektrarnah**. Vse to pa ne velja za sončne in vetrne elektrarne, katerih delovanje je v celoti odvisno od vremenskih razmer in ure v dnevu. Sončne in vetrne elektrarne tako v splošnem ne prispevajo k stabilizaciji elektroenergetskega sistema, ampak s svojo zelo spremenljivo močjo, ki je odvisna od naravnih dejavnikov, v sistem vnašajo dodatno nestabilnost.

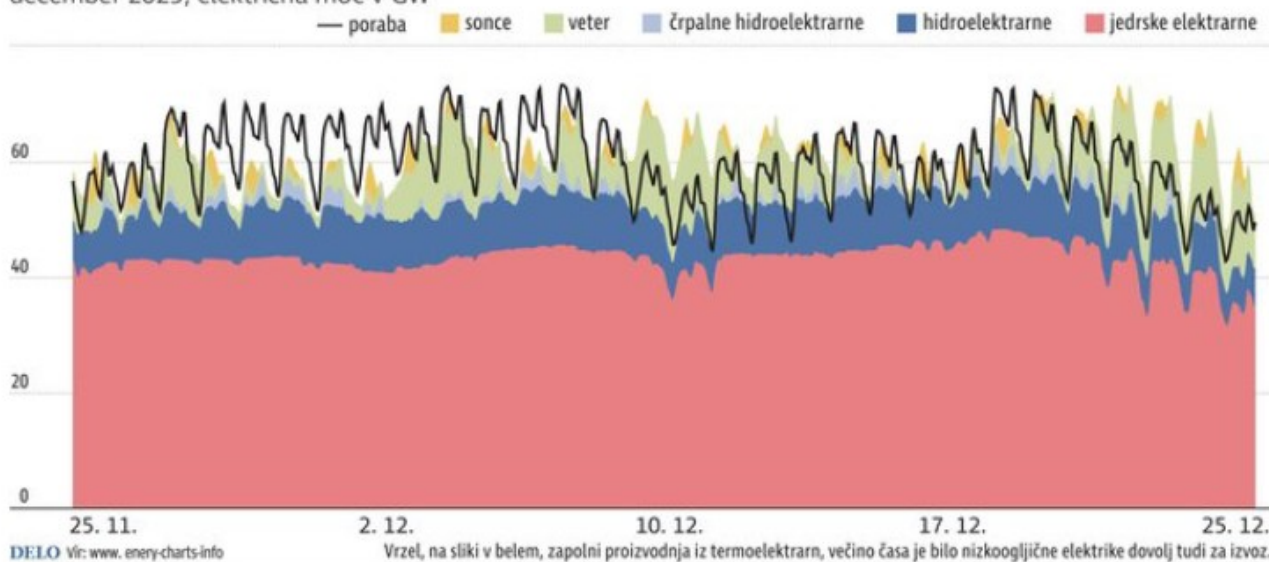
## Primerjava različnih pristopov

Zagotavljanje konstantne električne moči v omrežju in s tem njeno zagotavljanje uporabnikom brez pogostih električnih mrkov je veliko zahtevnejša naloga kot le gradnja velikega števila elektrarn, predvsem če gre pri tem za gradnjo sončnih ali vetrnih elektrarn. Problem je tako zapleten, da je pri celostnem načrtovanju energetske prihodnosti rezultat težavno vnaprej napovedati. A pri napovedih se je vsekakor smiselno zgledovati po obstoječih rešitvah v drugih državah in oceniti njihovo uspešnost.

Očitno je, da je treba za razogljičenje elektroenergetike v veliki meri uporabiti nizkoogljične vire, to so predvsem vodna in **jedrska energija**, veter in sonce, izogibati pa se moramo termoelektrarnam na premog in plin. Ozmimo se po evropskih državah in njihovem zagotavljanju tako nizkih izpustov CO<sub>2</sub> kot tudi konstantne moči v elektroenergetskem sistemu glede na to, na katere tehnologije stavijo. Smiselno je primerjati večje sisteme, ki uporabljajo različne tehnologije, npr. Francijo, Nemčijo in Norveško. Nemčija stavi na pridobivanje elektrike iz vetra in sonca, Francija v prvi vrsti na **jedrsko energijo**, Norveška pa na hidroenergijo. Na sliki 2 ([povezava](#)) sta prikazani poraba elektrike v Franciji ob koncu lanskega leta in njena proizvodnja iz nizkoogljičnih virov.

### 2 Poraba elektrike v Franciji in proizvodnja iz nizkoogljičnih virov

december 2023, električna moč v GW



Elektrika Francija

Lepo so vidna dnevna nihanja v porabi, ki je ponoči za približno 20 odstotkov manjša kot podnevi. Z barvami je prikazano, koliko elektrike zagotovijo nizkoogljični viri, vrzel med proizvodnjo iz nizkoogljičnih virov in porabo je prikazana z belino. To vrzel je treba zapolniti z elektriko iz visokoogljičnih virov, v prvi vrsti iz termoelektrarn. Nihanja porabe v Franciji

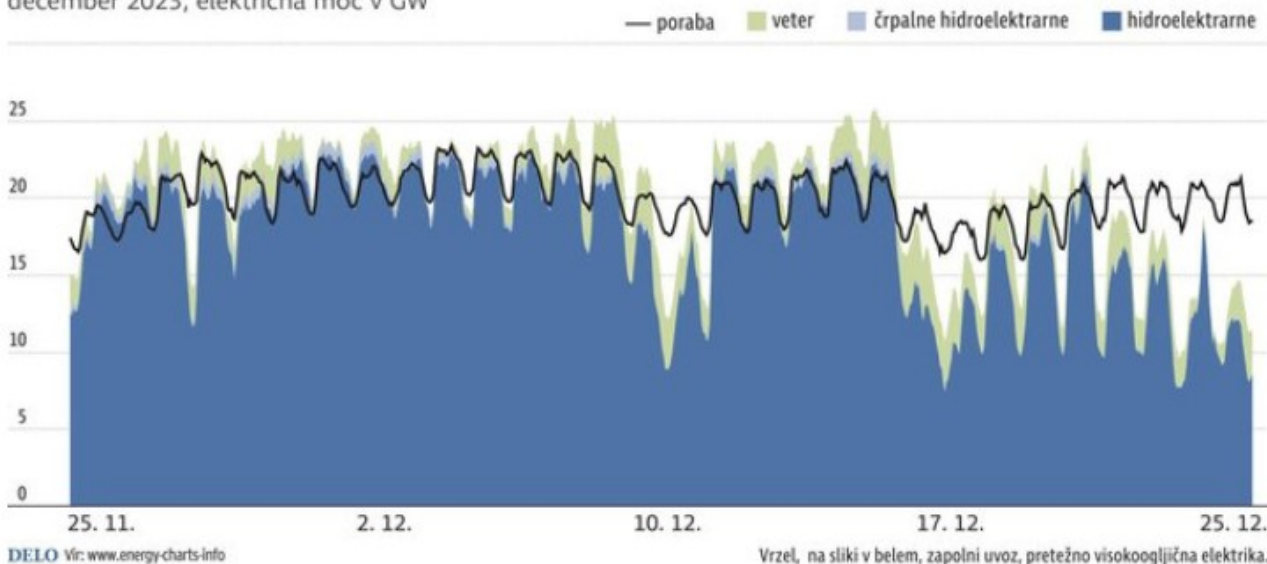
kompensirajo z zmanjšanjem proizvodnje v **jedrskih elektrarnah** in s spreminjanjem proizvodnje v hidroelektrarnah. Treba je dodati, da je december običajno najmanj ugoden mesec v letu za proizvodnjo elektrike zaradi slabega osončenja, hkrati je poraba zaradi ogrevanja največja – a kljub temu v Franciji skoraj celotno proizvodnjo zagotavljajo z nizkoogljičnimi viri, predvsem z **jedrsko energijo**.

Daleč največji delež elektrike iz hidroelektrarn med evropskimi državami pridobivajo na Norveškem. Na sliki 3 ([povezava](#)) so enako kot za Francijo prikazani poraba in proizvodnja iz nizkoogljičnih virov ter umanjkanje takšne proizvodnje. Norveška je lahko decembra pokrila skoraj vso elektriko s pomočjo hidroelektrarn, zadnji teden pred božičem pa okoli tri četrtine elektrike, preostanek so pokrili iz uvoza, v veliki meri iz visokoogljičnih elektrarn. Hidrološke razmere na Norveškem so sicer skoraj vse leto boljše kot decembra, tako da lahko večino leta pokrivajo svoje celotne potrebe v prvi vrsti s pomočjo hidroenergije in elektriko tudi izvažajo.

Prikazane podatke za evropske države si je mogoče interaktivno ogledati na spletnem naslovu [www.energy-charts.info](http://www.energy-charts.info), kjer so podane zgodovinske vrednosti proizvodnje za različne vire. Podatke lahko prikličemo za različne mesece ali leta in si hitro ustvarimo odlično sliko razmer v različnih državah.

### 3 Poraba elektrike na Norveškem in proizvodnja iz nizkoogljičnih virov

december 2023, električna moč v GW

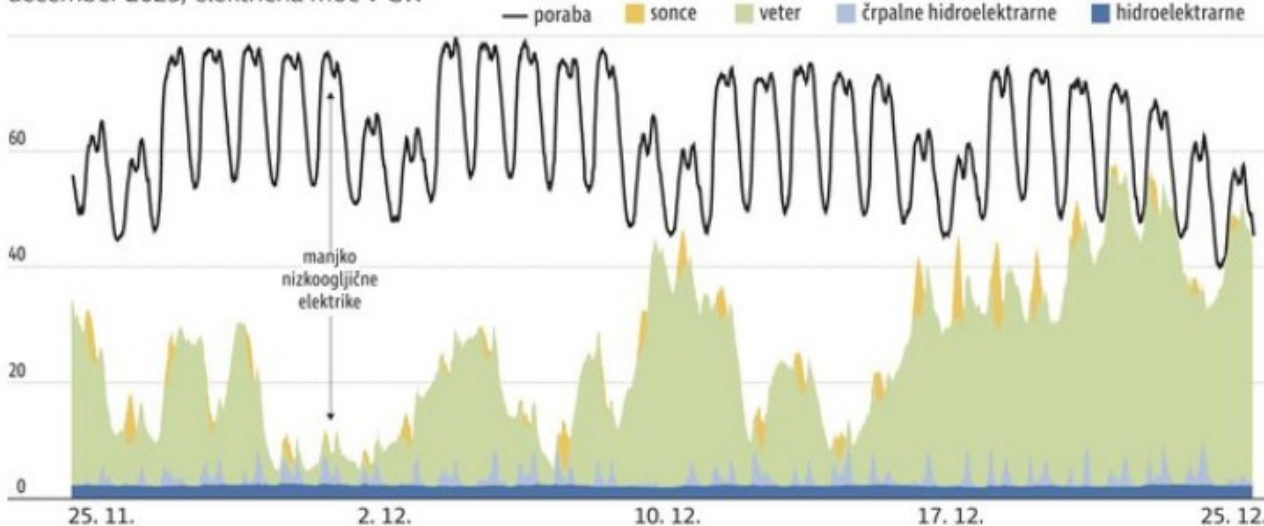


Elektrika Norveška

Za razliko od Francije in Norveške stavijo v Nemčiji na sončne in vetrne elektrarne. Na sliki 4 ([povezava](#)) so predstavljene razmere v Nemčiji za isto obdobje.

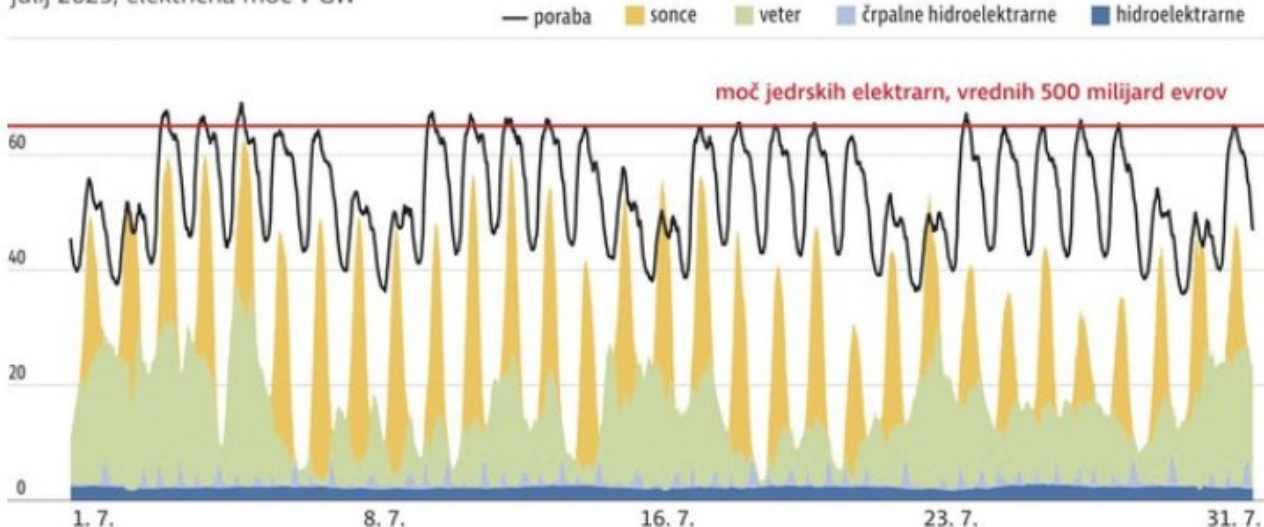
## 4 5 Poraba elektrike v Nemčiji in proizvodnja iz nizkoogljičnih virov

december 2023, električna moč v GW



Vrzel, na sliki v belem, zapolni visokoogljična elektrika, pretežno iz termoelektrarn na premog.

julij 2023, električna moč v GW



S svetlo modro barvo je prikazan prispevek črpalnih hidroelektrarn, torej hranilnikov energije, k stabilizaciji omrežja, ta je že na dnevni ravni skoraj zanemarljiv. Prikazana je tudi električna moč, kot bi jo konstantno zagotavljale jedrske elektrarne, ki bi jih bilo mogoče zgraditi s 500 milijardami evrov.

DELO vir: [www.energy-charts.info](http://www.energy-charts.info)

### Poraba elektrike v Nemčiji in proizvodnja iz nizkoogljičnih virov

Poraba elektrike je po obsegu podobna tisti v Franciji, na sliki 4 pa vidimo velik primanjkljaj pri proizvodnji nizkoogljične elektrike, ki je bila v začetku decembra dva tedna nizka in v tem obdobju ni pokrivala niti četrte potrebe, od tega je bila za 72 ur manjša kot 10 odstotkov. Razliko do porabe morajo v Nemčiji zapolniti v prvi vrsti z elektriko iz termoelektrarn na premog.

Poglejmo še razmere julija, ko je osončenost na vrhuncu (slika 5, [povezava](#)). Tudi v tem primeru je pokritost proizvodnje z nizkoogljičnimi viri le okoli polovična. A bolj od tega bode v oči izredno nihanje proizvodnje v sončnih elektrarnah, saj proizvodnja v uri ali dveh pade s skoraj 100 odstotkov potrebne moči na 20 odstotkov ali manj. V takih razmerah sončne elektrarne sistema ne stabilizirajo, ampak dodatno ustvarjajo velika nihanja med proizvodnjo in porabo. Manjkajočo elektriko zagotavljajo z zagonom termoelektrarn, ki pomagajo tudi pri stabilizaciji ekstremnih dnevnih nihanj. V Nemčiji so marca 2023 predčasno ustavili zadnje tri **jedrske elektrarne** in zaradi tega so bili kljub hkratnemu povečanju števila vetrnih in sončnih elektrarn primorani po oktobru 2022 znova zagnati dvajset predhodno že ustavljenih termoelektrarn na premog.

## Shranjevanje elektrike

Deloma se lahko proti velikim nihanjem proizvodnje iz vetra in sonca borimo s shranjevanjem električne energije, kar pa je mogoče le v zelo omejenih količinah. Takrat ko je teh virov na pretek, naj bi presežke elektrike shranili, da bi kasneje z njimi pokrivali primanjkljaj v proizvodnji. Za to potrebujemo vsaj tolikšne kapacitete za shranjevanje elektrike, da lahko omrežje napajamo, dokler je proizvodnja elektrike iz vetra in sonca premajhna.

S tem v mislih si pogledajmo razliko med razmerami, kakršne so vladale v Nemčiji lani julija, in tistimi iz decembra. Julija je bila nizkoogljična elektrika namreč na voljo za nekaj ur vsak dan, medtem ko je decembra ni bilo v zaznavnih količinah več dni skupaj. V vsakem primeru bi bilo najprej treba znatno povečati proizvodne kapacitete, to pomeni dograditev sončnih in vetrnih elektrarn, da bi lahko napolnile rezervoarje, ko bi bila elektrika na voljo. A julija bi potrebovali kapacitete za shranjevanje elektrike, s katerimi bi omrežje napajali dnevno približno od 18. ure do naslednjega jutra do 8. ure, torej 14 ur, medtem ko bi decembra morali elektriko iz hranilnikov uporabljati okoli dva tedna skupaj in bi torej potrebovali hranilnike, v katerih bi lahko shranili vsaj za dva tedna elektrike, če bi želeli zagotoviti vso elektriko le ob pomoči vetra, sonca, hidroelektrarn in hranilnikov.

Shranjevanje elektrike pa je zelo težavno. Edina realna možnost so črpalne hidroelektrarne, pri katerih črpamo vodo iz nižjeležečega rezervoarja v višjeležečega v času presežkov elektrike, isto vodo pa nato izkoristimo za proizvodnjo elektrike ob pretakanju v obratni smeri. Nemčija ima danes v črpalnih elektrarnah na voljo hranilne kapacitete za okoli 40 minut povprečne porabe v državi. Proizvodnja iz črpalnih elektrarn je na slikah vidna v svetlo modri barvi in je premajhna za učinkovito izravnavo proizvodnje. Za primerjavo zapišimo, da lahko v Sloveniji v trenutno edini črpalni hidroelektrarni Avče shranimo elektrike za približno dve uri porabe v celotni državi. Baterijski hranilniki so za zdaj predragi in niso

namenjeni za dolgotrajno shranjevanje. V Nemčiji lahko v baterijah shranijo elektrike za sedem minut porabe v državi, pri nas imamo kapacitete za zagotavljanje elektrike za štiri minute. Z vsemi drugimi tehnologijami lahko shranimo še veliko manj elektrike in nimajo praktične uporabnosti.

Zaradi nezmožnosti shranjevanja elektrike za več kot nekaj ur tudi morebitno veliko povečanje števila sončnih in vetrnih elektrarn ne bi imelo večjega vpliva na zmanjšanje proizvodnje v termoelektrarnah za čas brez vetra in sonca. To bi se spremenilo le, če bi znatno povečali kapacitete za shranjevanje elektrike. Ob nadaljnjem večjem razmahu gradnje sončnih in vetrnih elektrarn bi bilo treba vnaprej – ali vsaj vzporedno s tem – graditi tudi kapacitete za shranjevanje elektrike, za kar pa je tehnologija trenutno zelo omejena.

## Omrežje

Naslednja težava, na katero naletimo ob prekomerni proizvodnji elektrike iz sončnih in vetrnih elektrarn, so omejitve električnega omrežja. To je namreč načrtovano za zagotavljanje povprečne električne moči v državi. V primeru povečanja deleža elektrike iz sončnih elektrarn in ob privzetku, da smo dogradili tudi kapacitete za shranjevanje elektrike, pa bi bila proizvodnja za tisti čas, ko sonce sije s polno močjo, nekajkrat večja od obstoječih zmogljivosti omrežja, saj bi bilo treba presežke električne energije v kratkem času pretočiti do hranilnikov.

Ta težava se v Sloveniji trenutno kaže v zavrnitvi večjega števila vlog za izdelavo sončnih elektrarn, saj smo že ob trenutnem šestodstotnem letnem deležu elektrike iz sončnih elektrarn ponekod dosegli omejitve našega omrežja. To je sicer mogoče dograditi, a treba se je zavedati, da smo obstoječe omrežje gradili več desetletji, in prenova, ki bi zahtevala večkratno povečanje moči, bi bila zelo draga.

## Skriti stroški sončnih in vetrnih elektrarn

Povečevanje deleža sončne in vetrne energije v elektroenergetskem sistemu posamezne države je tako neprimerno večja težava kot le postavitve večjega števila teh vrst elektrarn. Ob brezvetrnem in oblačnem vremenu smo namreč vezani na termoelektrarne, ne glede na to, koliko dodatnih sončnih kapacitet dogradimo, vedno več energije pa bi ostalo neporabljene.

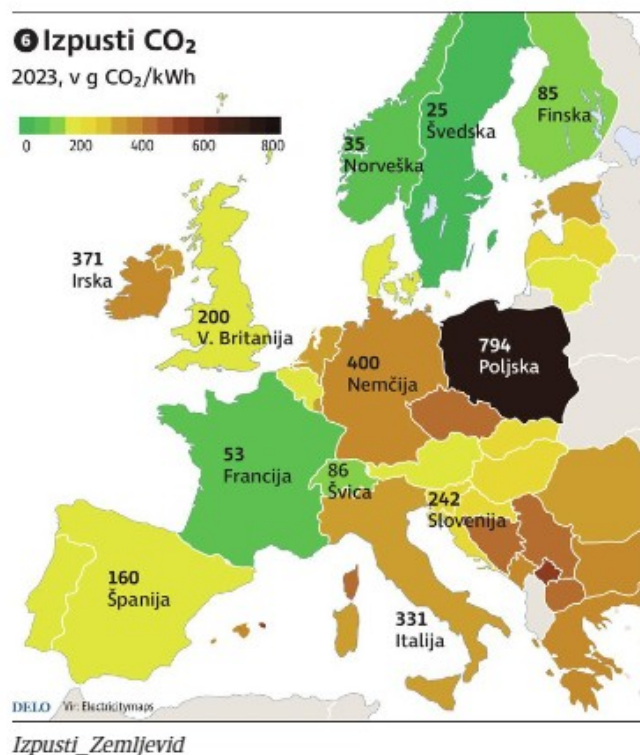
Če bi želeli večino elektrike pridobivati iz sonca in vetra ter brez podpore termoelektrarn, kar si je za cilj postavilo več držav, bi bilo povsod potrebno nekajkratno povečanje zmogljivosti električnega omrežja in v večini držav nekajdesetkratno povečanje zmogljivosti za shranjevanje elektrike. Strošek postavitve vetrnih in sončnih elektrarn je manjši del celotne investicije, znaten del bi odpadel na prenovo omrežja. Še večja težava je z graditvijo hranilnikov, saj ustrezna tehnologija za zdaj ne obstaja.



## Izpusti CO<sub>2</sub> v Evropi

Primerjajmo zdaj trenutno uspešnost posameznih držav EU glede ogljičnega odtisa pri proizvodnji elektrike. Pri tem se upošteva povprečje izpustov iz vseh elektrarn v posamezni državi v koledarskem letu. Če mora država elektriko uvažati, se za ta del prišteje ogljični odtis uvožene elektrike. Povprečne vrednosti za leto 2023 so prikazane na sliki 6.

Nemčija ima med zahodnoevropskimi državami najvišje izpuste, v letu 2023 so znašali v povprečju 400 g CO<sub>2</sub>/kWh, kar je skoraj osemkrat več od izpustov Francije s 53 g CO<sub>2</sub>/kWh in tudi za polovico več od izpustov Slovenije z 242 g CO<sub>2</sub>/kWh. Norveška ima pri porabi elektrike izpuste 35 g CO<sub>2</sub>/kWh. Vidno je, da so zeleno obarvane le države, ki uporabljajo pretežno elektriko iz **jedrskih elektrarn** ali hidroelektrarn oziroma kombinacijo obojega. Podatki, s katerimi si je mogoče ustvariti širšo sliko, so interaktivno dostopni na spletnem naslovu [app.electricitymaps.com](http://app.electricitymaps.com), kjer so podane trenutne vrednosti, dnevna/mesečna/letna povprečja in izvor izpustov ter druge podrobnosti.



## Pretekle odločitve in posledice

Poglejmo, ali bi lahko bil zgornji zemljevid tudi drugačen ob drugačnih odločitvah posameznih držav, v katere tehnologije je vredno vlagati. Največja vlaganja v zadnjem obdobju je izvedla Nemčija. Leta 2001 se je nemška vlada namreč odločila, da bodo vso elektriko pridobivali iz obnovljivih virov (OVE), kamor štejemo sončne in vetrne elektrarne ter hidroelektrarne, zaradi česar so tudi predčasno zaprli **jedrskie elektrarne**. Proces imenujejo energetska preobrat (nem. Energiewende); v skladu z njim so v zadnjih dveh desetletjih v elektroenergetski sistem vložili neverjetnih 500 milijard evrov, predvsem v gradnjo sončnih in vetrnih elektrarn.

Za primerjavo izračunajmo, kakšne bi bile razmere v Nemčiji danes, če bi namesto cilju OVE sledili cilju nizkoogljične proizvodnje elektrike po francoskem vzoru in bi 500 milijard evrov vložili v gradnjo novih **jedrskih elektrarn**. Če bi bili stroški gradnje enaki kot pri zadnji v Evropi zgrajeni elektrarni na Finskem, ki je z obratovanjem začela lani, bi lahko Nemčija zgradila nove jedrske kapacitete, ki bi konstantno zagotavljale 65 GW moči, kar je več, kot jih ima trenutno Francija z okoli 60 GW. V tem primeru bi bila za Nemčijo gradnja elektrarn skoraj edini strošek, saj ne bi bilo potrebnih večjih vlaganj v elektroenergetsko omrežje ali hranilnike energije. Če v Nemčiji ne bi predčasno zaprli obstoječih elektrarn, kar bi bilo brezplačno, pa bi imela Nemčija danes na razpolago za 40 odstotkov več jedrskih zmogljivosti od Francije in bi lahko 100 odstotkov elektrike pridobivala iz nizkoogljičnih virov, proizvedli pa bi še 20 odstotkov presežkov nizkoogljične elektrike za izvoz. Njihove elektrarne bi zelo verjetno proizvajale elektriko tudi z manjšimi izpusti od Francije, kjer pet odstotkov še vedno proizvedejo v plinskih elektrarnah. Ob takšnem izobilju nizkoogljične elektrike se umanjkanje vetrnih in sončnih elektrarn, ki so jih Nemci sicer zgradili za teh 500 milijard evrov, ne bi prav nič poznalo.

## Ocena različnih pristopov

Očitno je, da je izmed treh opisanih pristopov pri zmanjševanju izpustov najbolj učinkovit francoski pristop z izbiro **jedrskih elektrarn**. Umestno je vprašanje, zakaj Nemčija, ki se je odpovedala **jedrski energiji**, ne stavi vsaj na večjo uporabo hidroenergije; z uporabo hidroelektrarn bi tudi lažje kot sedaj uravnavala velika nihanja v omrežju. Razlog je povsem preprost: velika večina držav nima naravnih možnosti za izkoriščanje hidroenergije. Ta je omejena le na gorate in vodnate države z nizko gostoto prebivalstva. Nič od tega ne velja za Nemčijo, ki je skoraj v celoti že izkoristila hidropotencial in na ta način zagotovi elektriko le za tri odstotke svojih potreb; še slabše so razmere npr. v Veliki Britaniji, kjer lahko iz hidroelektrarn pridobijo le dva odstotka elektrike.

*Deloma se lahko proti velikim nihanjem proizvodnje iz vetra in sonca borimo s shranjevanjem električne energije, kar pa je mogoče le v zelo omejenih količinah. Ko je teh virov na pretek, naj bi presežke elektrike shranili, da bi kasneje z njimi pokrivali primanjkljaj v proizvodnji.*

Slovenija ima relativno ugodne razmere in trenutno zagotavljamo okoli tretjino vse elektrike iz hidroelektrarn, a naš hidropotencial je po večini že izkoriščen in znatnega povečanja te številke ne moremo doseči.

## Pravilnost odločitev

Namesto najnižjih izpustov je Nemčija danes med državami z najvišjimi izpusti. Upravičeno se sprašujemo, ali nemški pristop ni bil zgrešen. Umestno je tudi vprašanje, zakaj so se v imenu zmanjševanja izpustov v Nemčiji odločili, da bodo **jedrske elektrarne**, tehnologijo z najmanjšimi izpusti, ustavili do leta 2022, premogovne elektrarne pa šele do leta 2038. Nemška energetska politika je v veliki meri rezultat političnih odločitev, ki večinoma ne slonijo na strokovnih argumentih. Takšna je bila odločitev, da bodo v imenu znižanja izpustov CO<sub>2</sub> sledili cilju obnovljivosti, torej OVE, namesto cilju nizkoogljičnosti. Ta odločitev je v nasprotju tudi s strokovnim posvetovalnim telesom evropske komisije – Joint Research Centre, saj močno omejuje možnosti za zmanjševanje izpustov CO<sub>2</sub>.

Eden od pomembnih dejavnikov napačne napovedi uspešnosti posameznega pristopa je zgrešen način prikazovanja cene različnih tehnologij. Med obratovanjem je cena elektrike iz vetrnih ali sončnih elektrarn res nizka, a ker te elektrike ne morejo zagotavljati sto odstotkov časa, je takšen prikaz zavajajoč. K osnovni ceni je treba prišteti še ceno elektrike iz nadomestnih elektrarn, ki obratujejo preostanek časa, prav tako je treba upoštevati tudi njihove izpuste CO<sub>2</sub> in vse povprečiti. Če pa bi dejansko želeli pridobivati elektriko le iz sonca in vetra, je treba k ceni sončnih in vetrnih elektrarn prišteti najmanj še ceno nadgradnje električnega omrežja, ki predstavlja približno enak strošek, s čimer se torej cena elektrike podvoji. Še tretji strošek, ki ga je treba prišteti, pa je gradnja hranilnikov, za katere tehnologija za zdaj še ne obstaja, torej ta strošek še ni znan. Pričakujemo pa lahko, da bo v primeru, da bo tehnologija razvita, strošek vsaj enak prvima dvema, torej je treba proizvodno ceno elektrike iz sončnih in vetrnih elektrarn pomnožiti najmanj s faktorjem tri, da dobimo vsaj približno realistično ceno elektrike iz teh dveh virov. In še to le v primeru, če trdno verjamemo, da bo v prihodnje tehnologija za učinkovito hranjenje elektrike res razvita. Kar pa je vse prej kot gotovo, saj potrebe po razvoju hranilnikov električne energije, ki jo prinašata veter in sonce, poznamo že nekaj desetletij, a kljub temu v tem času človeštvu ni uspelo nadgraditi obstoječih hranilnikov ali poiskati učinkovitih novih tehnologij. Ob tem omenimo, da je še ena izmed tehnologij, ki se uporabi izmika že več desetletij, tista z uporabo plina vodika, razlog pa je predvsem v fizikalnih lastnostih vodika.

Ravno v to zanko so se Nemci ujeli na začetku energetskega preobrata. Vlada je takrat obljubljala poceni elektriko iz sončnih in vetrnih elektrarn ter shranjevanje elektrike in tudi uporabo vodikovih tehnologij. Dve desetletji in 500 milijard evrov pozneje pa prav v tem trenutku naprošajo Bruselj za odobritev subvencije za 40 novih plinskih elektrarn, vsake z močjo približno Teš 6, ki jih želijo zgraditi do leta 2030. Očitno v tem trenutku bolj zaupajo scenariju s fosilnimi viri kot skorajšnjemu razvoju učinkovitih hranilnikov. Izpusti CO<sub>2</sub> pa so

postali drugotnega pomena.

Naj postavimo v ta kontekst še trenutno ceno nemškega energetskega preobrata. Preračunano na število prebivalcev bi ta strošek za Slovenijo znašal 12 milijard evrov oziroma nekaj več, kot je predvidena cena Jeka 2. Z Jekom 2, slovensko polovico elektrike iz obstoječe **jedrsk****e elektrarne** in z obstoječimi hidroelektrarnami bi v tem trenutku več kot pokrili vse potrebe po električni energiji v Sloveniji, na letni ravni bi nam celo ostalo okoli 10 odstotkov presežka elektrike. Rezultat sicer ni presenetljiv, saj bi Nemčija prav tako pokrila vse potrebe po električni energiji, če bi se odločila za jedrski scenarij.

*Deloma se lahko proti velikim nihanjem proizvodnje iz vetra in sonca borimo s shranjevanjem električne energije, kar pa je mogoče le v zelo omejenih količinah. Ko je teh virov na pretek, naj bi presežke elektrike shranili, da bi kasneje z njimi pokrivali primanjkljaj v proizvodnji.*

Iz nemškega primera je razvidno, da scenarij elektroenergetskega sistema, slonečega samo na obnovljivih virih, ni izvedljiv. Taki scenariji so osnovani na domnevno nizki ceni električne energije iz OVE, brez upoštevanja njenih eksternih stroškov in ob predpostavki skorajšnjega razvoja hranilnikov energije. Praviloma iščejo opravičilo za zavračanje **jedrskih elektrarn** tudi z navajanjem nesorazmerno visokih stroškov **jedrsk****e energije**, pri čemer skoraj izključno citirajo najslabše primere namesto povprečne cene jedrskih novogradenj. Naj omenim, da je povprečna cena **jedrskih elektrarn**, priključenih v omrežje v zadnjih petih letih v zahodnih državah, kamor prištevamo EU, ZDA, Korejo in UAE, še za 13 odstotkov nižja od cene finske elektrarne, privzete za izračune v tem članku. Elektrarne, zgrajene na Kitajskem, v Rusiji in Indiji, so še cenejše, a na to tehnologijo v trenutnih razmerah ne moremo računati. Bi bil pa tudi izračun na podlagi teh podatkov bolj smiseln za načrtovanje prihodnjih vlaganj, kot je opiranje na danes še ne obstoječe tehnologije.

## Pot naprej

Navijaško favoriziranje določenega scenarija ob uporabi prilagojenih podatkov in pretirano optimističnih predpostavkah skoraj ne more privedi do česa drugega kot do razočaranja. Nemčija je tipičen primer za to in zdi se, da je trenutno v slepi ulici, saj se kljub nadaljnjim velikim vlaganjem nemški izpusti v zadnjih letih niso znatno spremenili, najnižji so bili leta 2020 s 388 g CO<sub>2</sub>/kW, lani so bili spet za tri odstotke višji. Kot glavna težava pri tem se danes kaže izbira cilja obnovljivosti namesto nizkoogljičnosti. Ogljično nevtravno proizvodnjo

elektrike bo v vsakem primeru zelo težko doseči, saj tudi nizkoogljične elektrarne sproščajo majhne količine CO<sub>2</sub>, ki ga bo treba odstranjevati s ponori, za kar danes tehnologija prav tako še ne obstaja. A če si kot cilj zastavimo proizvodnjo na osnovi OVE in s tem izločimo tehnologijo z najnižjimi izpusti ter sočasno v elektroenergetski sistem vnesemo še dodatne težave, se zdi ogljična nevtralnost skoraj utopija. Ob opozarjanju na ta dejstva nasprotniki **jedrskih tehnologij**, ki podpirajo energetske prihodnosti na osnovi sto odstotkov elektrike, pridobljene iz OVE, pogosto argumentirajo, da moramo biti ambiciozni in verjeti v tehnološki preboj pri shranjevanju elektrike. A takšnemu pristopu bi lahko nadeli tudi oznako neodgovorno hazardiranje z vlaganji v tehnologije, ki mogoče ne bodo razvite.

*Zagotavljanje konstantne električne moči v omrežju in s tem njeno zagotavljanje uporabnikom brez pogostih električnih mrkov je veliko zahtevnejša naloga kot le gradnja velikega števila elektrarn, predvsem če gre pri tem za gradnjo sončnih ali vetrnih elektrarn.*

Trenutne razmere ob skorajšnjem zaprtju Teša terjajo odločitev, po kateri poti bo šla Slovenija. Smiselno je, da pogledamo, kakšno pot so ubrale druge države in kam jih je ta pripeljala. Le upamo lahko, da bomo v Sloveniji znali izbrati pot naprej na podlagi strokovnih dejstev in ne na podlagi čustev ali dnevnopolitičnega dogajanja.

*Dr. Igor Lengar je vodja skupine Fuzijska nevtronika na Institutu Jožef Stefan in predavatelj na Fakulteti za energetiko Univerze v Mariboru. Je član upravnega odbora evropske agencije za Iter, največji fuzijski reaktor, ki ga gradijo v Franciji.*