



I Z S
INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE

SPREMINJAMO
GRADBENO
KULTURO

ODPORNOST ELEKTROENERGETSKE INFRASTRUKTURE V POGOJIH PODNEBNIH SPREMEMB

Posvet o vplivih podnebnih sprememb na objekte
in inženirsko načrtovanje

ELEKTROINŠTITUT MILAN VIDMAR
dr. Rudi VONČINA,

Ljubljana, 25. 11. 2025



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE,
PODNEBJE IN ENERGIJO



Zakaj sploh govorimo o “odpornosti”?

- Ekstremni vremenski dogodki niso več “izjema stoletja”, ampak nova normalnost.
- Omrežje je zgrajeno za **preteklo klimo**, ne za scenarije 2050+.
- Hkrati: visok delež OVE, več odvisnosti od digitalnih sistemov, novih odjemalcev, novih tveganj.
- **Vprašanje ni več, ali bo sistem preizkušan, ampak koliko škode bomo dopustili, preden ga prilagodimo.**

Zakaj o odpornosti govorimo zdaj, ne čez 10 let?

- Slovenijo so avgusta 2023 prizadele najhujše poplave v zgodovini samostojne države – prizadete so bile skoraj dve tretjini ozemlja, škoda je ocenjena na okoli 10 mrd EUR.
- Škodo niso utrpeli le objekti, ampak tudi vodna, prometna in **elektroenergetska infrastruktura**.
- Ob tem imamo še:
 - pospešen porast OVE in razpršene proizvodnje,
 - večjo odvisnost od IKT in podatkovnih sistemov,
 - nove oblike odjema (EV, toplotne črpalke, digitalno gospodarstvo).
- **Odziv sistema je za zdaj pretežno reaktiven** – prilagajamo se po ujmah, ne po scenarijih.

Odpornost ni zgolj modni dodatek, ampak je osnovna predpostavka varne oskrbe.

Podnebna odpornost

Danes (tipično):

- narejene na **poenostavljenih, statičnih kartah**,
- vezane na **enkraten PDF** v prilogi projekta,
- porabljene prepogosto predvsem za “kljukico”, premalo pa za realne odločitve.

Kam moramo:

- **Podnebna odpornost = živ, ponovljiv proces**, ne priloga:
 - redno posodabljanje,
 - povezava z razvojnimi omrežnimi plani in CAPEX,
 - vključitev več tipov nevarnosti (poplava, požar, veter, žled, strela).
- **Strojno učenje** in **statistika** sta **orodje**, **nista kristalna krogla** – **rezultate** je treba vedno **kombinirati z inženirskim** in **lokalnim znanjem**.

Kaj danes najbolj omejuje odpornost sistema?

Konceptualno:

- **kriterij n-1** je bil razvit v dobi velikih centralnih virov, ne razpršenih OVE in kombiniranih ekstremov;
- predpostavlja relativno stabilno klimo in redke ekstremne dogodke.

Energetska osnova:

- izstop iz fosilnega obdobja → manj klasične **zaloge energije pred generatorjem** (premog, plin, akumulacije);
- PV in vetrnice zahtevajo **zalogo energije za generatorjem** (hranilniki, drugi sistemi).

Operativno:

- še vedno prevladuje **logika “business as usual”**;
- zdaj investicijski cikli **sledijo škodi, ne pa tveganjem**,
- podnebni stresni testi so **izjema, ne pravilo**.

EU regulativni okvir: odpornost je obvezna tema

EU “Climate proofing” vodič za infrastrukturo 2021–2027

- tehnične smernice, kako morajo biti infrastrukturni projekti “podnebno odporni”, da so skladni z EU financiranjem.

EU taksonomija in načelo DNSH (“do no significant harm”)

- zahteva, da projekti, ki pomembno prispevajo k blaženju ali prilagajanju in vključuje generične kriterije za **podnebno ranljivost** in **tveganja za infrastrukturne projekte**.

ESRS E1 (CSRD)

- podjetja morajo poročati o **podnebnih tveganjih**, **prilagoditvenih ukrepih** in **odpornosti poslovnega modela**, povezanih tudi z energijo in infrastrukturo.

Vse to v praksi pomeni, da **bo podnebna odpornost omrežja vedno bolj neposredno povezana z dostopom do kapitala in EU sredstev.**

ESRS/CSRD

CSRD + ESRS E1 (podnebje):

velika podjetja (tudi energetika) morajo poročati o:

- **podnebnih tveganjih** za poslovni model,
- **strategiji prilagajanja in odpornosti**,
- **ciljih in kazalnikih** (tudi operativne odpornosti).

Revizorji ne sprašujejo “ali verjamete v podnebne spremembe”, ampak:

- **kako identificirate podnebna tveganja**,
- **kakšen proces upravljanja** imate,
- **kako se to odrazi v investicijah in planiranju omrežja**.

Dobro narejen okvir podnebne odpornosti omrežja postane:

- **dokazni material za ESRS**,
- **ne samo interna tehnična študija**

Okvir, kot je 1 km mreža + multi-hazard + modularne odločitve, je **idealna podlaga za “podnebni del” ESRS** in za razpravo z revizorjem

Podnebna odpornost kot pogoj za denar

EU taksonomija + DNSH (“do no significant harm”):

- projekti morajo dokazati, da so **podnebno odporni** in ne povzročajo pomembne škode drugim ciljem.

EU “climate proofing” za infrastrukturo:

- podnebna odpornost je pogoj za **dostop do EU sredstev**.

Financerji (EIB, banke):

- vedno pogosteje zahtevajo **oceno podnebne odpornosti** kot del kreditne dokumentacije

Če podnebno odpornost razumemo kot birokratsko nadlogo, tvegamo **izgubo dostopa do poceni kapitala in EU sredstev**.

Pristop k obravnavi podnebne odpornosti

1. faza – priprava metodologije in kartiranje tveganj

- mreža 1 km × 1 km,
- več tipov nevarnosti: poplave, požari, veter, žled, strela,
- ocena:
 - izpostavljenosti,
 - občutljivosti,
 - prilagoditvene sposobnosti.

2. faza – konkretne, modularne odločitve po segmentih omrežja

- kje ojačati vode in stebre, kje kablirati,
- kje dodati hranilnik ali lokalni vir,
- kje graditi “odporne” rešitve in redundanco vodenja/komunikacij.

Najprej metoda in podatki, potem točke in projekti → osnova za modularno, ne “one size fits all” odpornost.

Podnebni stresni testi za omrežje

V bančnem sektorju:

- so stresni testi “kaj se zgodi, če...” standard.

Za omrežje bi potrebovali enako logiko:

- kombinirani scenariji: poplava + vetrolom + požar,
- različne lokacije, različni odjemni profili,
- povezava rezultatov s:
 - prioriteto investicij,
 - tarifami,
 - načrti za sanacijo.

Podnebni stresni test omrežja = **most med tehnično analizo in odločitvami regulatorja, lastnika in revizorja.**

Modularna in prilagodljiva infrastruktura

Modularni RTP/TP

- kontejnerske, prestavljive enote → hitrejša postavitve/zamenjava.

Mikro- in mestna omrežja za kritične odjemalce

- bolnišnice, voda, komunikacije, logistika → možnost otočnega obratovanja.

Baterijski hranilniki in lokalni viri

- podpora napetosti, kratkotrajna rezerva, razbremenitev omrežja.

Mobilne enote in rezervna oprema po ujmah

- mobilni TP, agregati, prenosni hranilniki kot del vnaprej pripravljenih scenarijev.

Modularnost pomeni, da **sistem ne pade naenkrat in povsod**, ampak segmentirano – in da ga lahko segmentirano tudi dvigujemo.

Smart grid: orodje, ne čarovnija

DLR – dinamična obremenitev vodov

- ↑ izkoristek obstoječih vodov,
- pomaga pri hitrejšem vključevanju OVE,
- **ne zamenja novega voda ali ojačenega stebra.**

Napredno vodenje (FLISR, VVO, ADMS)

- hitrejša lociranje napak, prevezave,
- napetostna in reaktivna optimizacija.

FACTS (SSSC, STATCOM/VarStat, prečne dušilke)

- usmerjanje tokov, lokalna napetostna podpora, stabilnost.

Mikro omrežja in grid-forming inverterji

- lokalna odpornost, otočno obratovanje.

Smart grid so **orodja** – uporabna in nujna, a **ne odpravijo potrebe po fizični krepitvi infrastrukture in skladiščenju energije.**

Kaj smart grid zmore in česa ne?

Smart grid zmore:

- izboljšati **vidnost sistema** (AMI, PMU/WAMS),
- skrajšati **čas in obseg izpadov** (FLISR, avtomatizacija),
- omogočiti več **fleksibilnosti** (agregatorji, VPP, demand response),
- boljši **izkoristek obstoječe infrastrukture** (DLR, FACTS).

Smart grid NE zmore:

- nadomestiti potrebe po **novih vodih, RTP-jih, kabliranju**,
- rešiti **pomanjkanja zaloge energije** (hranilniki, vodik...),
- spremeniti fiziko: poddimenzionirano omrežje ostane poddimenzionirano.

Smart grid je dodatek, hrbtenica sistema pa so še vedno vodi, RTP-ji, skladiščenje in fizična redundanca.

Če ga uporabljamo kot izgovor za odlaganje investicij, digitaliziramo zanikanje problema.

Dobre prakse iz tujine

Obvezna analiza podnebne odpornosti pri nas formalno že obstaja, ključna razlika je v kakovosti in dinamičnosti, ne v samem obstoju. Za večje projekte in razvojne plane jo je treba podpreti:

- **z dinamičnimi scenariji**, ne samo s statičnimi kartami.

Ojačenje energetske infrastrukture:

- ojačani stebri, krajše razpetine, selektivno kabliranje, upravljanje vegetacije,
- **oblikovanje visoko usposobljenih sanacijskih timov.**

Obvladovanje požarnih tveganj:

- protokoli za zmanjšanje požarnega tveganja z vnaprejšnjimi izklopi napajanja,
- usklajeno **načrtovanje koridorjev, skupne vaje** z relevantnimi službami.

Enotne karte tveganj in učenje na napakah:

- **enotni podatkovni sloji za vse,**
- neodvisne **analize po ujmah**, javna poročila, **preverjanje izvedbe ukrepov.**

Finančna realnost odpornosti

Na najbolj izpostavljenih delih omrežja:

- **10–30 % višje investicije** (ojačitev, kabliranje, redundanca, hranilniki).

V zameno:

- **krajši in manj obsežni izpadi,**
- **manjša pričakovana škoda** za gospodinjstva in gospodarstvo.

Odpornost ni brezplačna – vprašanje je, ali plačamo **na obrok (investicije)** ali **naenkrat (sanacija po ujmi)**.

Zaključek: Kam moramo iti?

Podnebje se ne pogaja.

- **iz klimatologije vemo, da bodo ekstremi pogostejši in močnejši**
- **osnove ekonomije nas učijo, da bodo posledice tega dražje.**

Smart Grid ni čarobna paličica, ki bo odpravila vse težave.

- **DLR, FACTS, mikro omrežja so vitamini, ne hrbtenica sistema.**

Hrbtenica ostaja klasična infrastruktura.

- **Vodi, RTP-ji, vodniki, skladiščenje, fizična redundanca.**

**Če zlorabimo “pametne rešitve” za odlaganje investicij,
ne gradimo odpornosti, ampak digitaliziramo zanikanje problema.**

**Odpornost ni zastoj. Plačali bomo ali preventivo ali sanacijo – srednje poti
ni.**

**Odpornost pomeni tudi več vidne infrastrukture in več posegov v prostor –
to ni kaprica, ampak cena varne oskrbe.**

Zaključek: Kaj to konkretno pomeni?

Podnebna odpornost kot živ proces, ne PDF priloga.

- **Povezana z omrežnimi plani, tarifami in investicijami.**

Modularne odločitve po segmentih omrežja na podlagi enotne metodologije.

- **Kje okrepiti, kje kablirati, kje dodati hranilnik, kje mikro omrežje.**

Sprememba regulacije in omrežnin.

- **Odpornost in tveganje morata imeti ceno in prioriteto obravnavo.**

Poštena komunikacija z javnostjo.

- **Več vodov in posegov v prostor ≠ kaprica, ampak cena varne oskrbe.**

Tehnologijo in znanje imamo.

Zdaj je vprašanje, ali imamo pogum za odločitve?

HVALA ZA POZORNOST

dr. **Rudi VONČINA**, univ. dipl. inž. el.



Inštitut za elektrogospodarstvo in elektroindustrijo
Oddelek za okolje

Hajdrihova 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

T +386 1 474 36 70 M +386 31 396 685

E rudi.voncina@eimv.si W www.eimv.si