

KAKO OBNOVLJIVI IZVORI UTJEČU NA RAD ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA

U proteklom razdoblju sve vrste obnovljivih izvora ostvarile su ubrzan porast primjene. Ipak, najbrži rast ostvarila je primjena postrojenja koja iskorištavaju energiju vjetra i Sunca, koja se često nazivaju nestalnim izvorima električne energije. Njihov osnovni nedostatak je neizvjesnost proizvodnje u pogledu početka i trajanja rada i to što elektroenergetskom sustavu ne daju najčešće traženu temeljnu energiju.

Europski predvodnik u proizvodnji električne energije iz Sunca i vjetra je Njemačka. U posljednje vrijeme ubrzano se povećavaju broj i snaga takvih postrojenja i takav trend nastaviti će se u Njemačkoj i većini europskih zemalja. Uz značajan porast instalirane snage svih postrojenja na obnovljive izvore u Njemačkoj, posebno intenzivan rast su ostvarile fotonaponske elektrane. Početkom 2012. godine ukupna instalirana snaga njemačkih vjetroelektrana i FN elektrana iznosila je oko 55 GW (od čega 30 GW u vjetroelektranama, a 24,4 GW u FN elektranama). Tijekom nastupajućeg desetljeća predstoji intenzivna gradnja snažnih pučinskih vjetroelektrana na Sjevernom i Baltičkom moru (ukupne snage 60 GW). Svojom velikom proizvodnjom energije ti bi novi izvori mogli postojeće napregnuto stanje u pogledu zagušenja mreže učiniti još složenijim.

Ubrzanom porastu primjene FN elektrana i vjetroelektrana u Njemačkoj, između ostalog, najviše doprinose: zajamčena stimulativna cijena cjelokupne proizvedene energije na dulji rok i dugotrajno zapošljavanje značajnog broja radnika (u Njemačkoj se takva postrojenja i proizvode!). No, sadašnja stimulativna cijena energije iz takvih izvora postupno će padati, a uz sve nesporne prednosti njihovog rada, već sada se pojavljuju i neke nove smetnje za rad EES-a. Nepovoljan utjecaj takvih izvora podrazumijeva zagušenja mreže, ali i cikličke promjene tokova energije u ritmu proizvodnje izvora. Svako od zagušenja je drugačije i specifično, a može se dodati da sadašnji europski EES s postojećom topologijom i stanjem mreže najviše doprinosi trenutačnim problemima zagušenja. Obnovljivi izvori, općenito govoreći, sami po sebi ne stvaraju poteškoće.

Niko MANDIĆ, dipl. ing.

U članku se na nekoliko primjera predočavaju samo neke operative poteškoće zagušenja elektroenergetske mreže koje su uzrokovane radom novih postrojenja na obnovljive izvore u Europi.

Nastanak i rast europskog EES-a

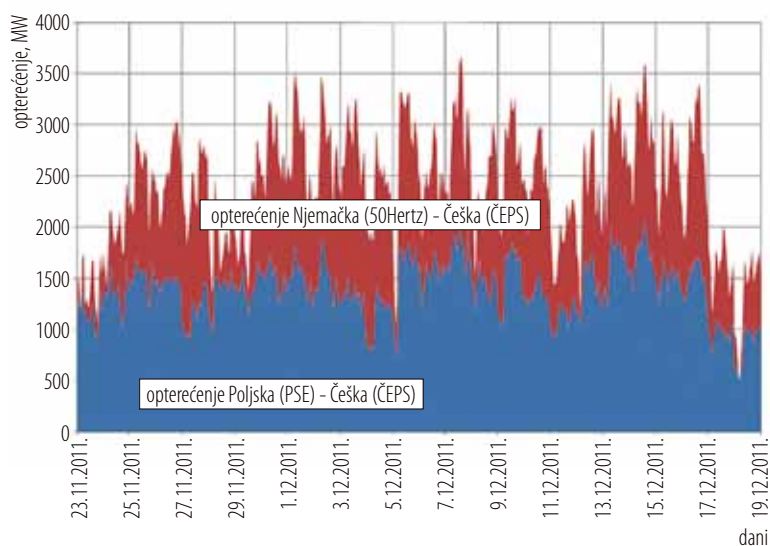
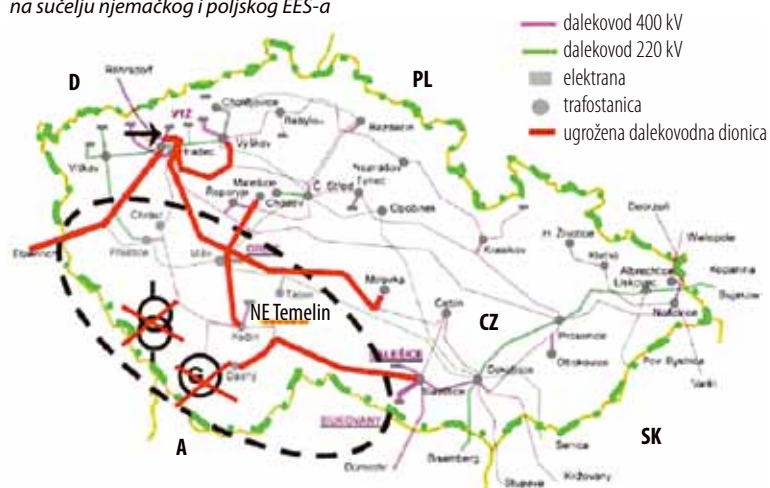
Današnji europski EES nastao je spajanjem dva dijela, 'zapadnog' i 'istočnog', tj. čine ga nekadašnja prva i druga sinkrona zona, što su zapravo, EES-ovi dva nekadašnja politička bloka. Osnovna razlika zona je u različitoj radnoj frekvenciji, što činjenično naglašava nemogućnost zajedničkog sinkronog rada. Na takav EES priključen je veliki broj novih kopnenih vjetroelektrana koje su većim dijelom raspoređene uz obalu mora, a nešto kasnije i FN sustavi velike snage.

Značajno povećanje proizvodnje energije u vjetroelektranama i FN elektranama u Njemačkoj bitno utječe na rad EES-a dinamično mijenjajući tokove snaga. Oni se negdje u mreži manifestiraju značajnim zagušenjima visokonaponske mreže i otežanim radom njemačkog i susjednih EES-ova. Vrijeme zagušenja mreže poklapa se s vremenom velike cikličke proizvodnje vjetroelektrana.

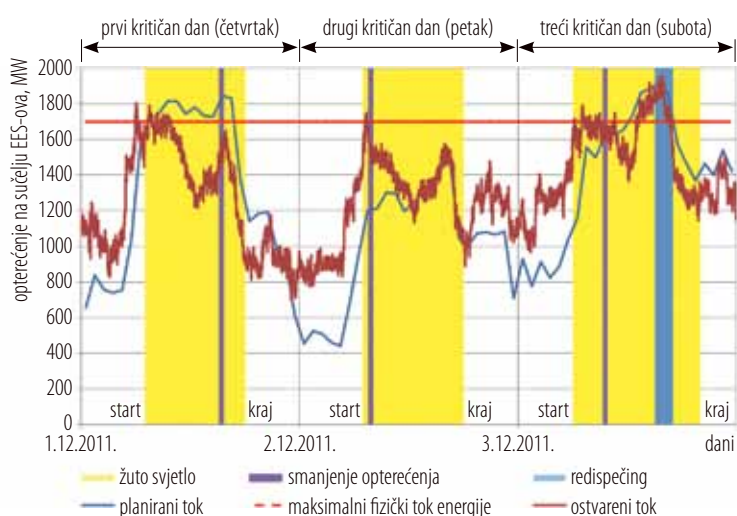
Uzrok sadašnjih poteškoća je, uz ostalo, način rada i nastanka europske mreže. 'Zapadni energetski blok', odnosno prva sinkrona zona je po instaliranoj snazi bio veći od 'istočnog', odnosno drugog i njegova je frekvencija tijekom godine bila vrlo stabilna. Zato se kaže da je to s obzirom na frekvenciju bio krut sustav. U njemu su, uz kontinuirane tehničke prilagodbe, ugrađeni suvremeni uređaji za promjenu prirodnih tokova snaga koji imaju značajnu ulogu u regulaciji i smanjenju zagušenja.

U pogledu stabilnosti frekvencije kao jednom od značajnih pokazatelja kvalitete rada EES-a, druga sinkrona zona bila je manje stabilna tijekom godine. Jedine spojne točke za ograničenu razmjenu električne energije između zona bile

Ilustracija 1
Opterećenja češkog EES-a koji se nalazi na sučelju njemačkog i poljskog EES-a



Ilustracija 2
Prikaz opterećenja na sučelju njemačkog i češkog EES-a tijekom tri kritična dana naprignutog pogona u prosincu 2011. godine



su četiri ispravljačke stanice 'back-to-back' (B2B): Vienna South-East, Dürnrohr, Etzenricht i Vyborg, od kojih je danas u funkciji jedino veza Finska - Rusija (u Vyborgu).

Samo u 'zapadnom' dijelu EES-a ugrađeno je više transformatora s faznim pomakom (PST) za regulaciju tokova snaga. Time je mogućnost stvaranja zagušenja u tom djelu mreže smanjena. U 'istočnom' dijelu sustava takvi transformatori nisu ugrađivani pa promjena tokova snaga na taj način nije moguća.

Nakon spajanja zona počela je intenzivna razmjena električne energije u smjeru istok - zapad, koja je postupno rasla. Poticaj razmjeni motiviran je nižom cijenom električne energije na udaljenim 'istočnim' lokacijama od one na 'zapadu'. No, takav trend kretanja velike količine energije je kasnije zbog različitih razloga smanjen.

Izgradnjom velikog broja vjetroelektrana na sjeveru Njemačke i značajnim povećanjem njihove proizvodnje, tokovi snaga su se počeli djelomično zatvarati i kroz nekadašnje sustave druge sinkrone zone. Kako je rasla instalirana snaga vjetroelektrana u Njemačkoj, tako se nastavio proces rasta većeg toka energije preko susjednih EES-ova. S većom proizvodnjom vjetroelektrana pojavljuju se novi problemi zagušenja mreže na mjestima gdje ih ranije nije bilo. Zagušenja, o kojima je riječ, uzrokovala je ekstremna proizvodnja u vjetroelektranama na sjeveru Njemačke. Na temelju dostupnih podataka potvrđena je podudarnost velike proizvodnje u vjetroelektranama sa zagušenjima u mreži susjednih zemalja. Prvi problemi koje je uzrokovala velika proizvodnja njemačkih vjetroelektrana prepoznati su u mrežama Nizozemske, a potom Poljske, Češke, Slovačke, Mađarske. Poteškoće su bile različitih intenziteta i vremena nastanka pa su time njihova detekcija i uklanjanje bili teži.

Energija iz vjetroelektrana na sjeveru Europe

Instalirana snaga i proizvodnja električne energije u vjetroelektranama u proteklom razdoblju imale su kontinuiran i snažan rast. Vremenski nešto kasnije, sličan rast su ostvarile i njemačke FN elektrane. Oba takva izvora, a posebno vjetroelektrane, u EES unose komponentu neizvjesnosti u pogledu početka i kraja proizvodnje, intenziteta te obvezu prihvata cjelokupne proizvedene energije. Uz njihovu veliku instaliranu snagu, proizvodnja u takvim izvorima bitno utječe na rad njemačkog i susjednih EES-ova. Snažna proizvodnja njemačkih vjetroelektrana je locirana na sjeveru, a veliki potrošači energije na jugu pa je to jedan od osnovnih razloga stvaranja toka sjever - jug. Dio proizvedene energije ide preko

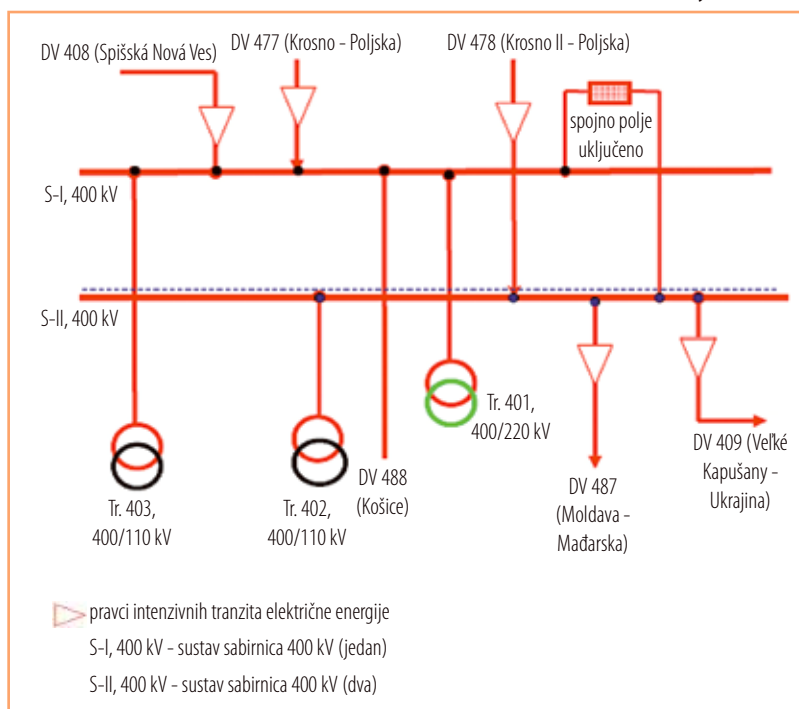
njemačkog, a drugi promjenjivi dio, preko susjednih EES-ova. Taj dio se razmjerno teško može ograničiti. U EES-ove koji su nekada bili unutar druge sinkrone zone do sada nisu ugrađivani uređaji za ograničenje ili usmjeravanje tokova energije pa najčešće rješenje u pogledu smanjenja zagušenja može biti promjena konfiguracije mreže i isključenje pojedinih dalekovodnih dionica. To su uglavnom prijenosni vodovi 400 i 220 kV. U razdoblju otežanog rada EES-a, ugrožen je sigurnosni kriterij $n - 1$. Takvo stanje ugroženosti EES-a javlja se periodički s povećanjem utiskivanja energije iz vjetroelektrana. Voditelj sustava u slučaju značajnog povećanja prekogranične razmjene energije aktivira žuto svjetlo na 'semaforu' kao dio procesa upozorenja susjedima.

Potkraj 2011. godine došlo je do više takvih zagušenja na granici Njemačke i Češke te Njemačke i Poljske. Satne vrijednosti opterećenja u tom razdoblju dosezale su opterećenja 3600 MW, a na granici Poljske i Češke 1800 MW (il. 1 i 2). Najvećim su dijelom te poteškoće bile posljedica velike proizvodnje u vjetroelektranama na sjeveru Njemačke. Posljedično su povećani tokovi energije ostvareni na granici Njemačke i Češke, a nešto manji po iznosu na granici Poljske i Češke. U toj regiji nalazi se i NE Temelin, što normalizaciju stanja nakon poremećaja može dodatno otežati. Razmatra se nekoliko različitih rješenja, a jedno od predviđenih za rješavanje zagušenja češke i posljedično slovačke mreže predviđa ugradnju PST-a u TS Hradec 400 kV.

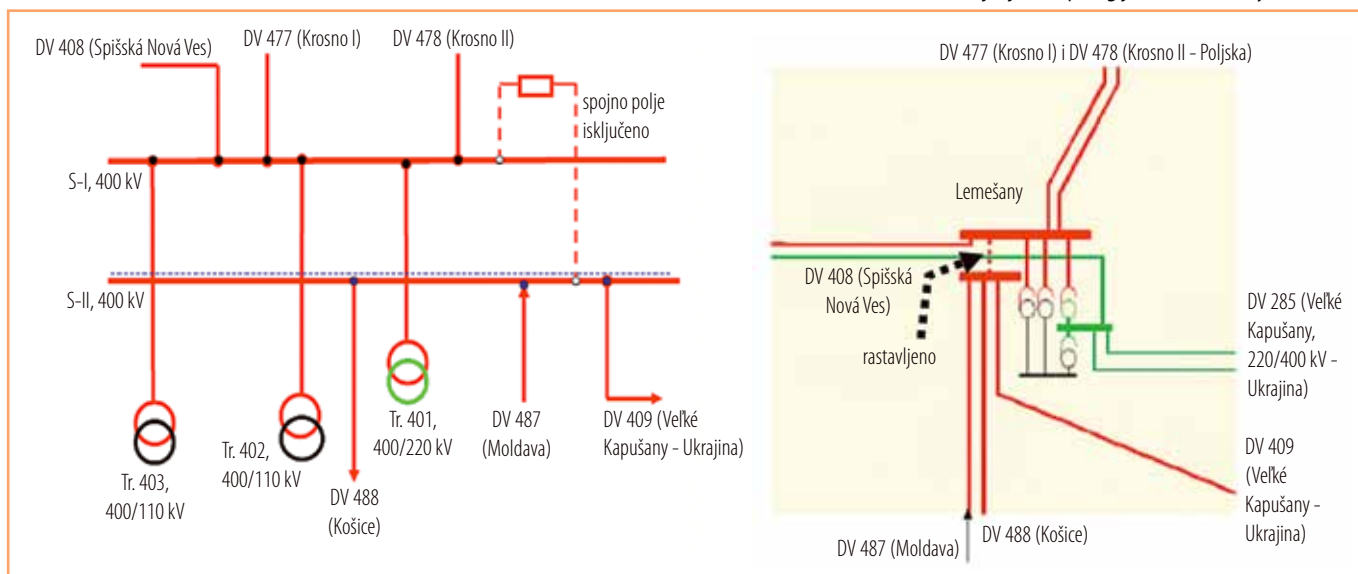
Velika proizvodnja u kopnenim vjetroelektranama na sjeveru Europe uzrokuje cikličko povećano utiskivanje energije te posljedično promjenjiva zagušenja u slovačkoj mreži (il. 3). Ulaz energije u Slovačku u najvećem iznosu ostvaren je preko Češke i Poljske. Energija se iz

Slovačke tranzitira prema Ukrajini i Mađarskoj. Tom je prigodom jedno od rješenja problema zagušenja nađeno u ograničenju toka energije prema Ukrajini. Jedno od mogućih rješenja velikih tranzita preko Slovačke i zagušenja mreže predviđa razdvajanje sabirničkih sustava u TS Lemešany 400 kV i raspodjelu vodnih polja (il. 4). Nakon promjene topologije u TS Lemešany, tranziti energije su smanjeni (il. 5). Smanjeni tokovi prema Ukrajini i Mađarskoj rezultirali su općenito manjim tranzitom energije. Problem zagušenja slovačke i drugih mreža moguće je, osim isključenjem, tehnički riješiti i na drugi način, uz znatna ulaganja. Uпитno je samo tko treba platiti takvo

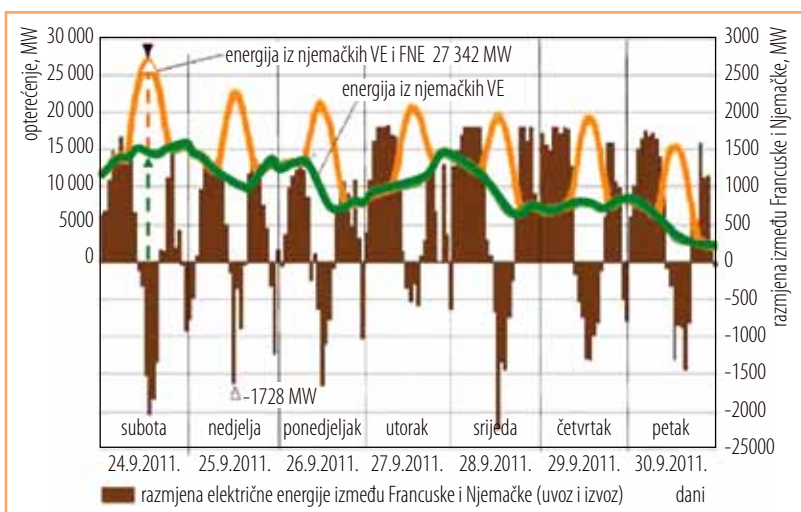
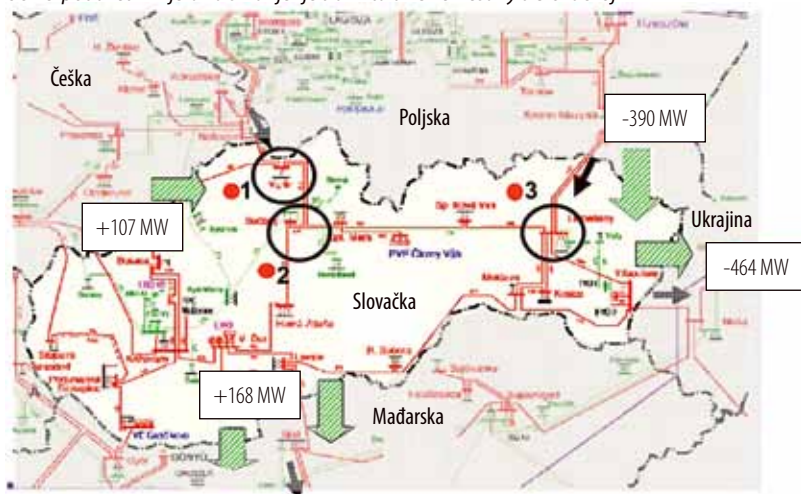
Ilustracija 3
Najčešća topologija mreže 400 kV TS Lemešany u Slovačkoj



Ilustracija 4
Promijenjena topologija u TS Lemešany u Slovačkoj



Ilustracija 5
Učinci poduzetih mjera za smanjenje tranzita u TS Lemešany u Slovačkoj



Ilustracija 6
Utjecaj satne proizvodnje iz obnovljivih izvora na razmjenu energije na sučelju njemačkog i francuskog EES-a

svremenije rješenje i gdje će se zatvoriti tok potisnute energije nakon ugradnje prikladnih uređaja.

Rješenje zagušenja na granici Njemačke i Poljske može biti usmjeravanje energije istosmjernim kabelom 450 kV, snage 600 MW i prijenosom energije iz Njemačke preko Švedske do Poljske. To se rješenje već sada povremeno koristi. Uklanjanje zagušenja provodi se kombiniranim postupcima isključenja dalekovoda, ali i redišpećinom.

Utjecaj proizvodnje iz obnovljivih izvora na razmjenu energije

Dvije skupine njemačkih postrojenja na obnovljive izvore snažno utječu na razmjenu električne energije na svim sučeljima susjednih EES-ova. Negdje je taj utjecaj jači, a negdje slabiji. Kako se instalirana snaga takvih postrojenja stalno povećava, raste i njihov utjecaj na rad EES-a. Općenito, njemački i francuski EES-ovi imaju najveći utjecaj na cijeli europski EES pa je njihovo međusobno djelovanje značajno za cijelu Europu (il. 6).

Proces promjene u razmjeni energije nastaje početkom svjetlijeg dijela dana. Tada njemački FN sustavi povećavaju proizvodnju utiskujući dodatnu količinu električne energije u EES. Izlazak i zalazak Sunca definira vremenski interval rada i količinu proizvedene energije. Najveći iznos se utiskuje oko podneva, a potom se količina predane energije u mrežu smanjuje. Kada tijekom jutarnjih sati proizvodnja u njemačkim FN elektranama naraste, mijenja se smjer razmjene energije. Kako je vidljivo, ciklička promjena u razmjeni događa se svakog dana nekoliko puta.

Trend pada satne cijena električne energije na spot-tržištu

Cijene električne energije na spot-tržištu su do sada uglavnom pratile dnevni dijagram opterećenja. Tako je u vrijeme vršnog opterećenja cijena energije bila znatno veća nego u drugim dijelovima dana. Ta razlika cijena bila je u nekim primjerima nekoliko puta veća od prosječne dnevne cijene energije. Stanje je sada nešto drukčije. Odnedavno se zapaža sniženje razine podnevnih cijena električne energije, što nije slučajnost. Rezultat je to utjecaja povećane proizvodnje i plasmana energije iz FN sustava. Količina energije koja je utisnuta u mrežu iz takvih izvora počinje rasti najčešće u ranim prijepodnevnim satima, da bi oko podneva postigla maksimalnu vrijednost. Tada FN sustavi proizvode najviše električne energije, zadovoljavajući povećane kratkotrajne potrebe podnevne 'špice' EES-a. Povećana proizvodnja u FN sustavima i njezin plasman djeluju na sniženje satne cijene električne energije. Zbog toga u satima jutarnje vršne potrošnje cijena energije pada. Takav trend sniženja cijene može se prepoznati u razdoblju protekle dvije godine. Sniženje razine cijena na spot-tržištu električne energije posljedični je učinak velike proizvodnje u FN sustavima. Možemo se reći da je to kratkoročni, satni odaziv tržišta na povećanu proizvodnju energije. Rastom instalirane snage FN sustava može se očekivati daljnje sniženje cijena u podnevnim satima.

Valja zaključiti, za pojavu zagušenja mreže postoji više razloga. Prvi od njih su instaliranje izvora novije generacije na staru VN mrežu. Danas jedinstvena mreža nastala je tijekom pedesetih godina prošlog stoljeća spajanjem dva različita dijela, 'zapadnog' i 'istočnog' te nije građena za nove izvore. Sljedeći razlog poteškoća je velika instalirana snaga vjetroelektrana koje su locirane u sjevernom djelu Europe. Njihova neizvjesna i promjenjiva proizvodnja čini problem zagušenja složenim, koji se operativno rješava različitim mjerama. Za trajno prevladavanje postojećih poteškoća predviđa se izgradnja istosmjernog prijenosa energije, od sjevera prema jugu Njemačke. ■