



Radionica – Demistifikacija problema vezanih uz integraciju obnovljivih izvora energije

Integracija varijabilnih obnovljivih izvora –iskustva u regiji

Prof.dr.sc. Ranko Goić, dipl.ing.el.

Fractal d.o.o. / Fakultet elektrotehnike, strojarstva i brodogradnje Split

**Andrija Šarac, mag.ing.el. Ante Tojčić, mag.ing.el.
Fractal d.o.o.**

FSB, Zagreb, Siječanj 2019



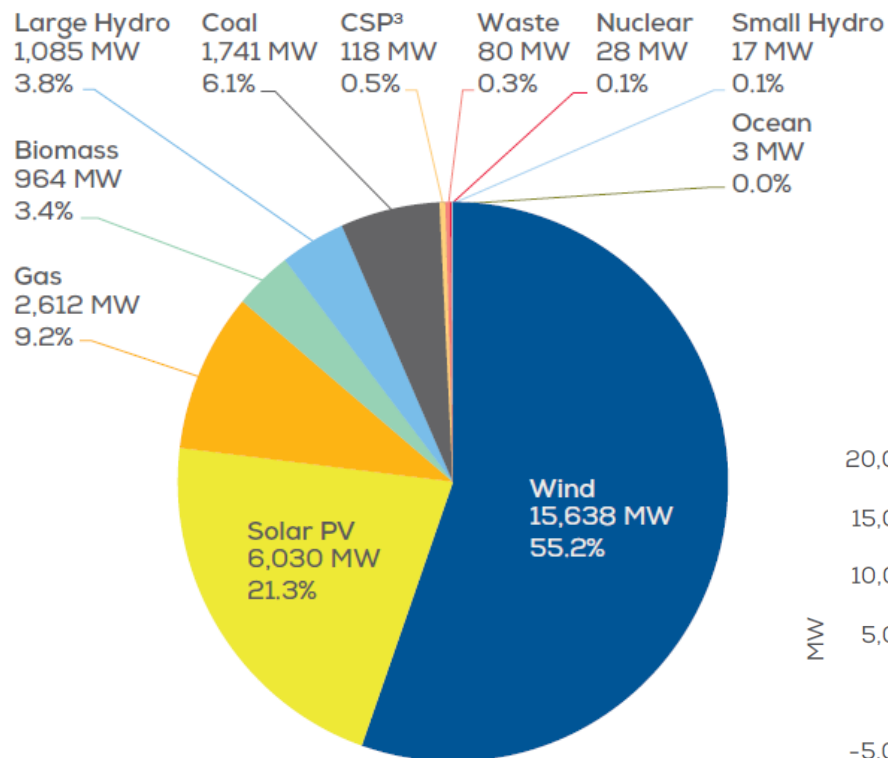
Kratki u uvod - što ima u EU...

(napomena: prezentacija je primarno fokusirana na vjetar jer nema dovoljno vremena za solar i ostale OIE)

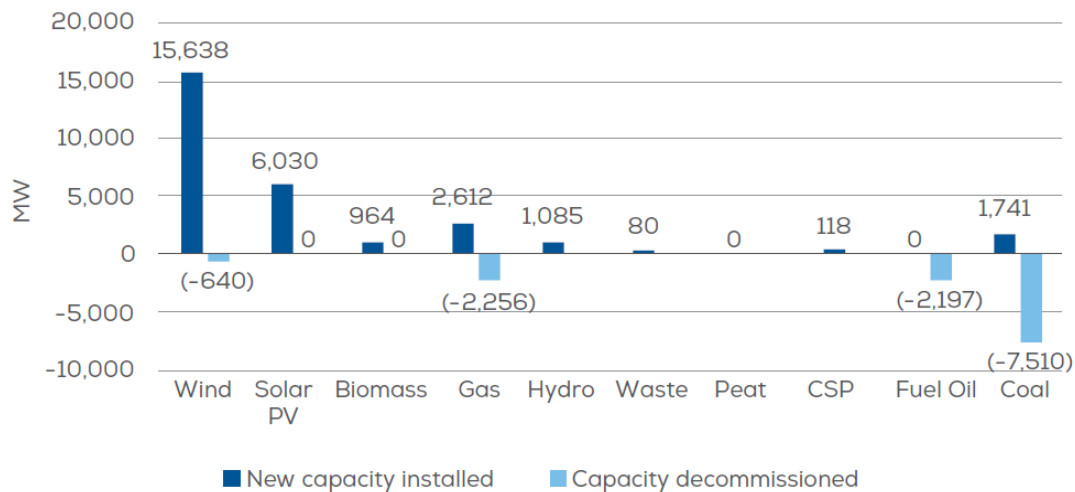


Malo copy-paste statistika (1)

Nove izgrađene elektrane u EU u 2017.g. (još nema službenih statistika za 2018.)

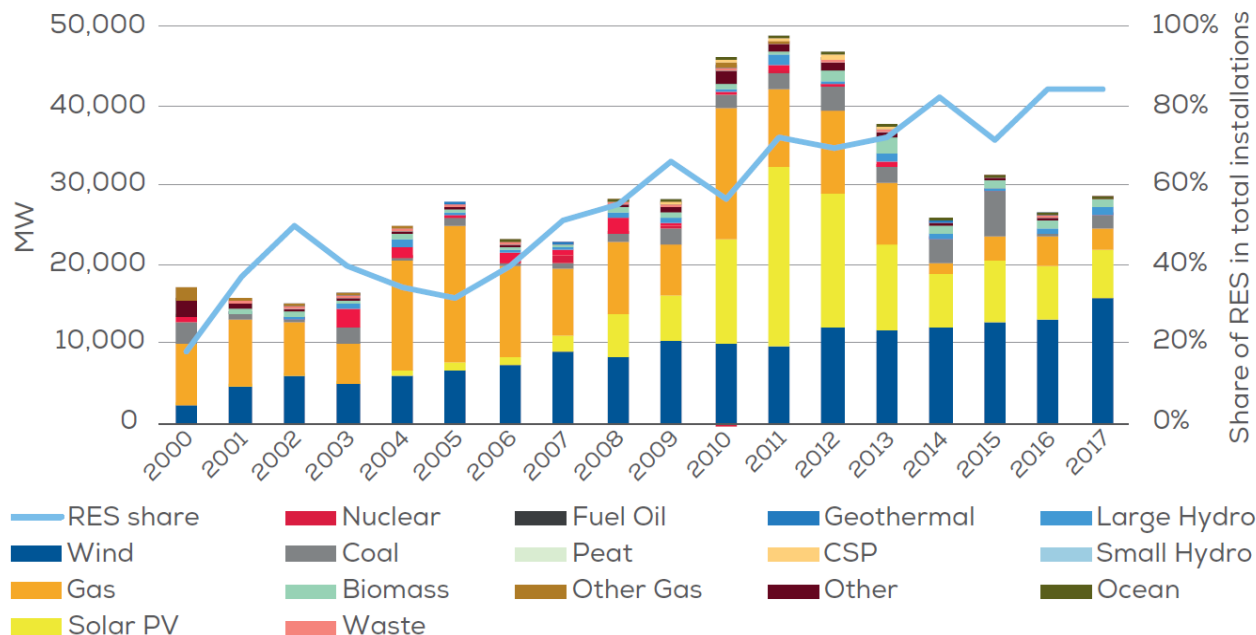


Neto izgradnja elektrana u EU u 2017.g.
(nove - dekomisija)

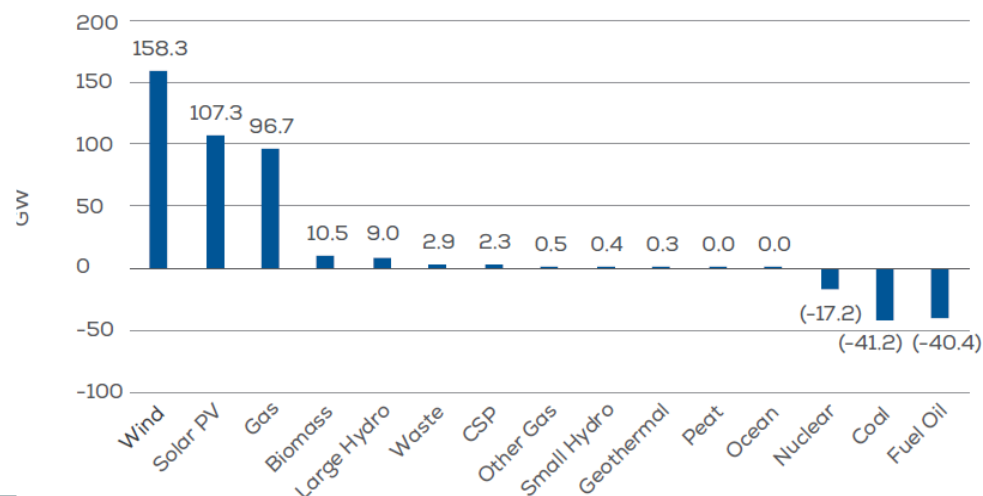


Malo copy-paste statistika (2)

Izgradnja novih elektrana u EU 2000-2017 i udio kapaciteta OIE u novih elektranama



Neto izgradnja elektrana u EU, kumulativno 2000-2017 (nove - dekomisija)



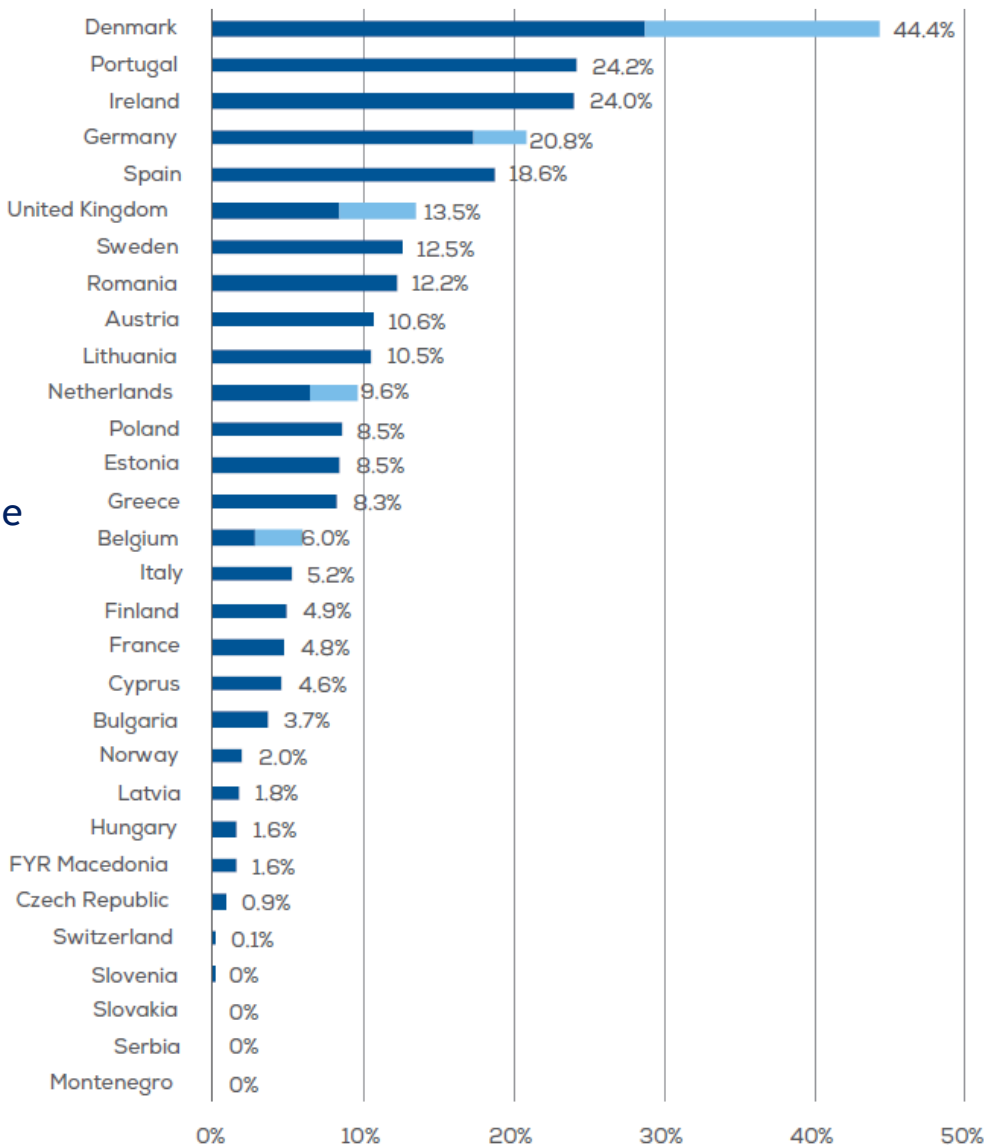
Malo copy-paste statistika (3)

Udio proizvodnje el.en.
iz VE u EU 2017.g.

TOTAL EU ELECTRICITY CONSUMPTION (TWh)
2,906
TOTAL WIND ENERGY PRODUCTION (TWh)
336
SHARE OF EU CONSUMPTION MET BY WIND ENERGY
11.6%

Udio proizvodnje
el.en. iz VE u
pojednim EU
državama i
kandidatima
2017.g.

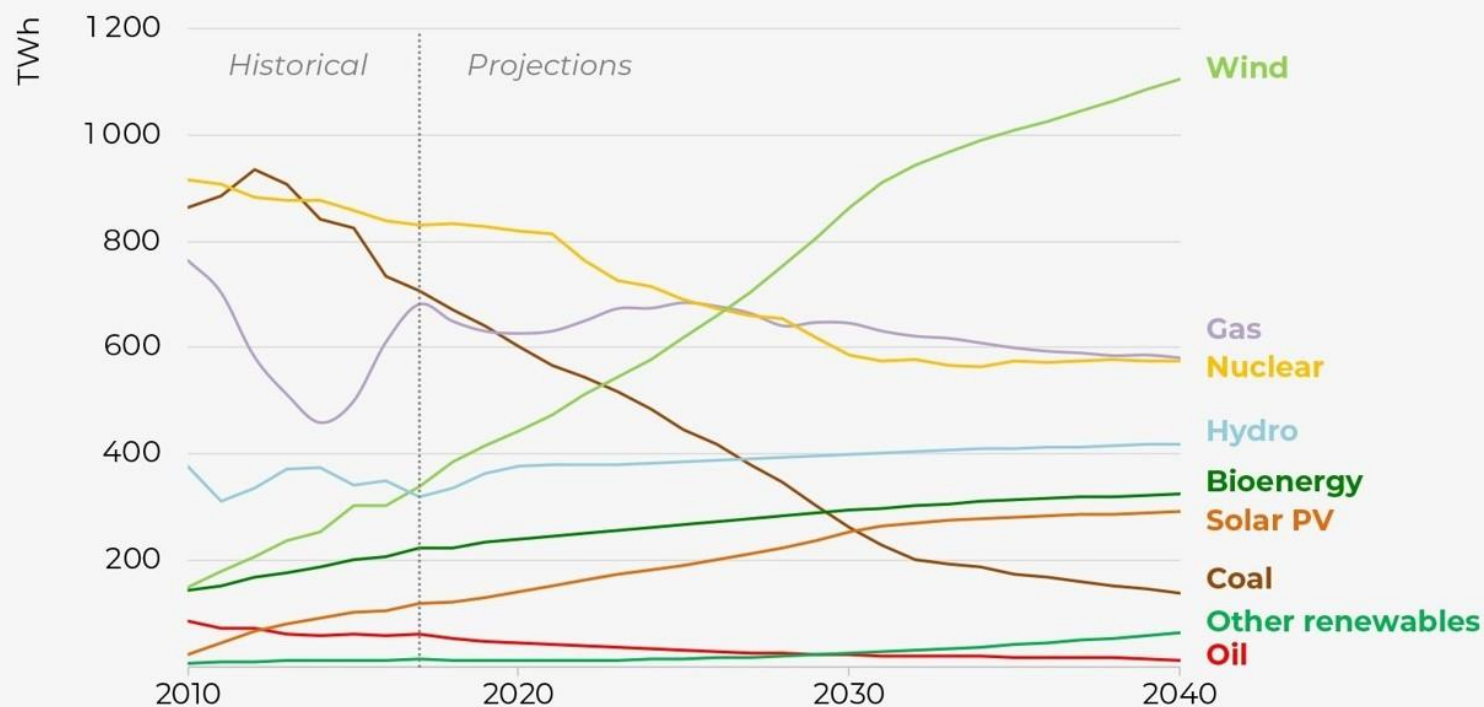
HR: cca. 9%



Malo copy-paste statistika (4)

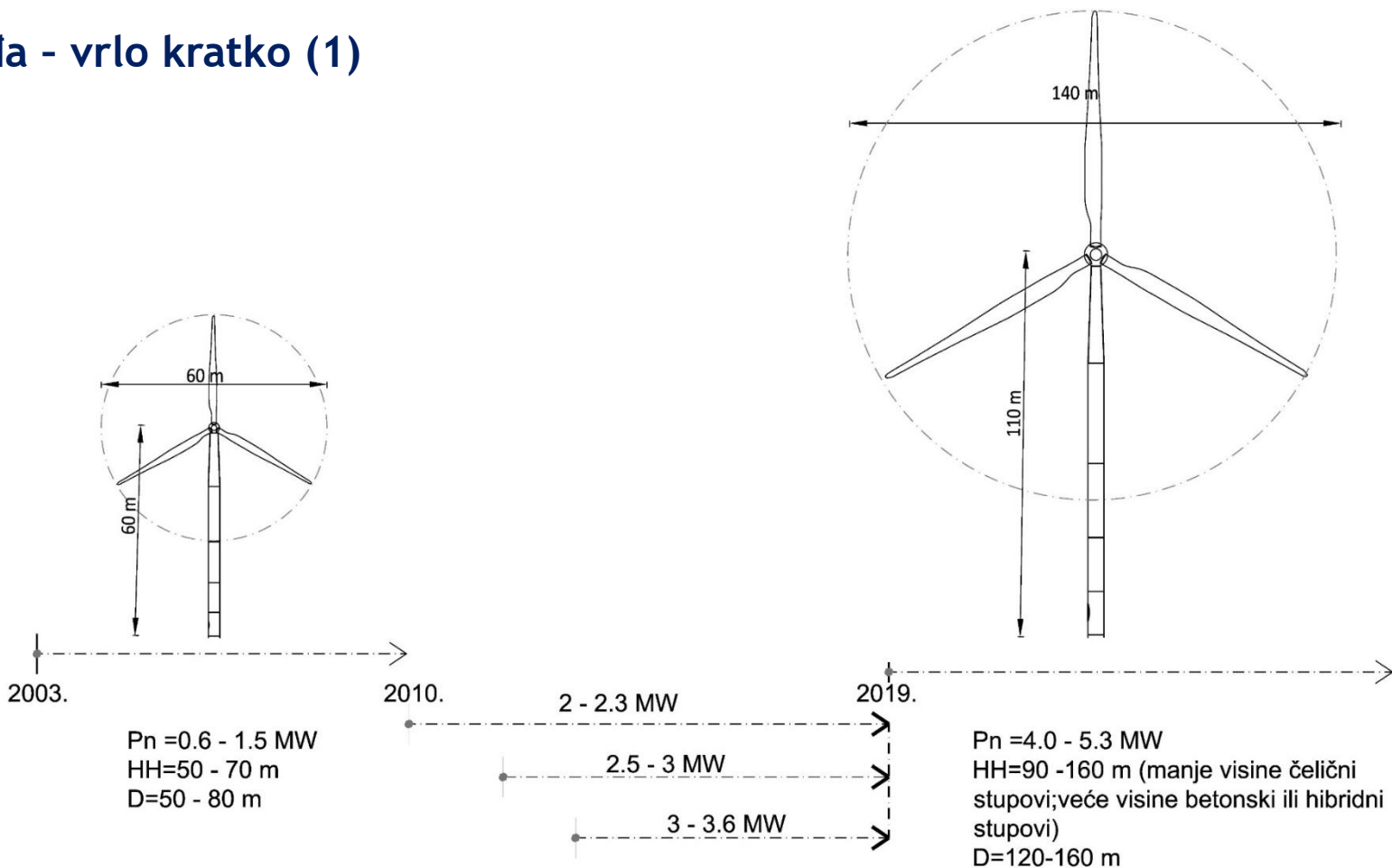
Projekcije...

Electricity generation by source in the European Union in the NPS, 2010-2040
World Energy Outlook 2018



Što se događa - vrlo kratko (1)

Tehnologija - vjetroturbine



Tehnologija - fotonaponski moduli

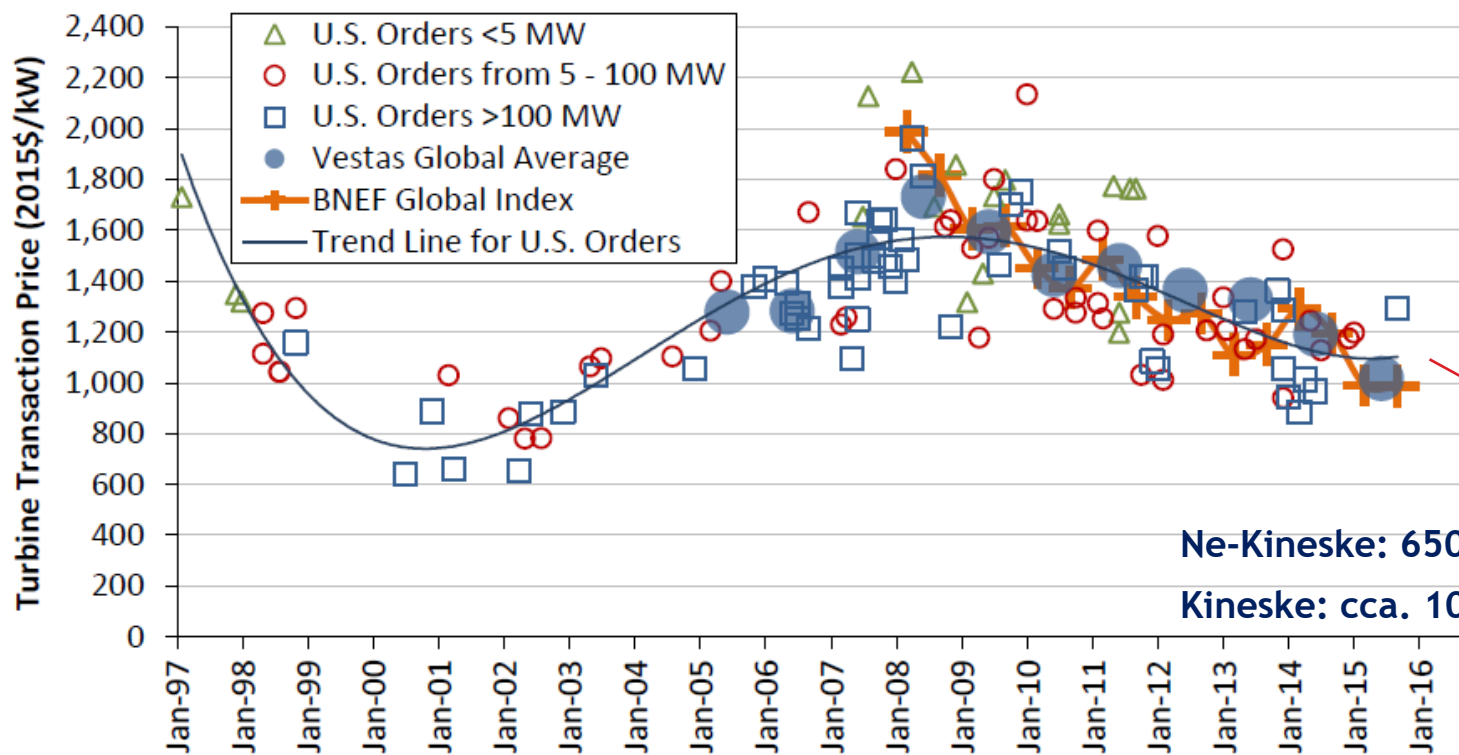
- In the last 10 years, the efficiency of average commercial wafer-based silicon modules increased from about 12% to 17% (Super-mono 21%). At the same time, CdTe module efficiency increased from 9% to 16%.



Što se događa - vrlo kratko (2)

Cijene - vjetroturbine

Raspon cijena ovisi o količini, visini stupa, tipu i klasi itd.



2018.g.

Ne-Kineske: 650.000-900.000 €/MW

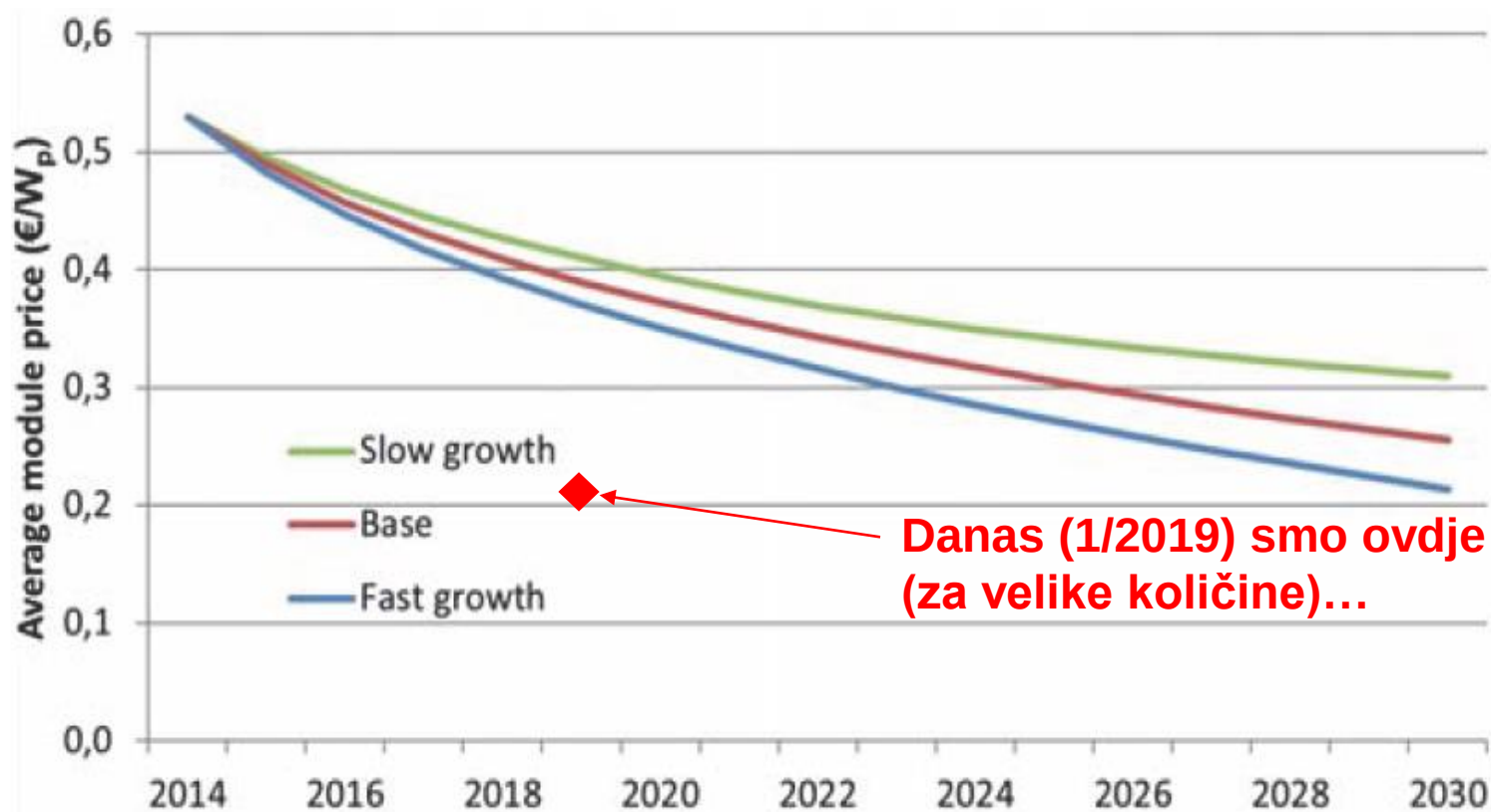
Kineske: cca. 10-20% manje



Što se događa - vrlo kratko (3)

Cijena - fotonaponski paneli

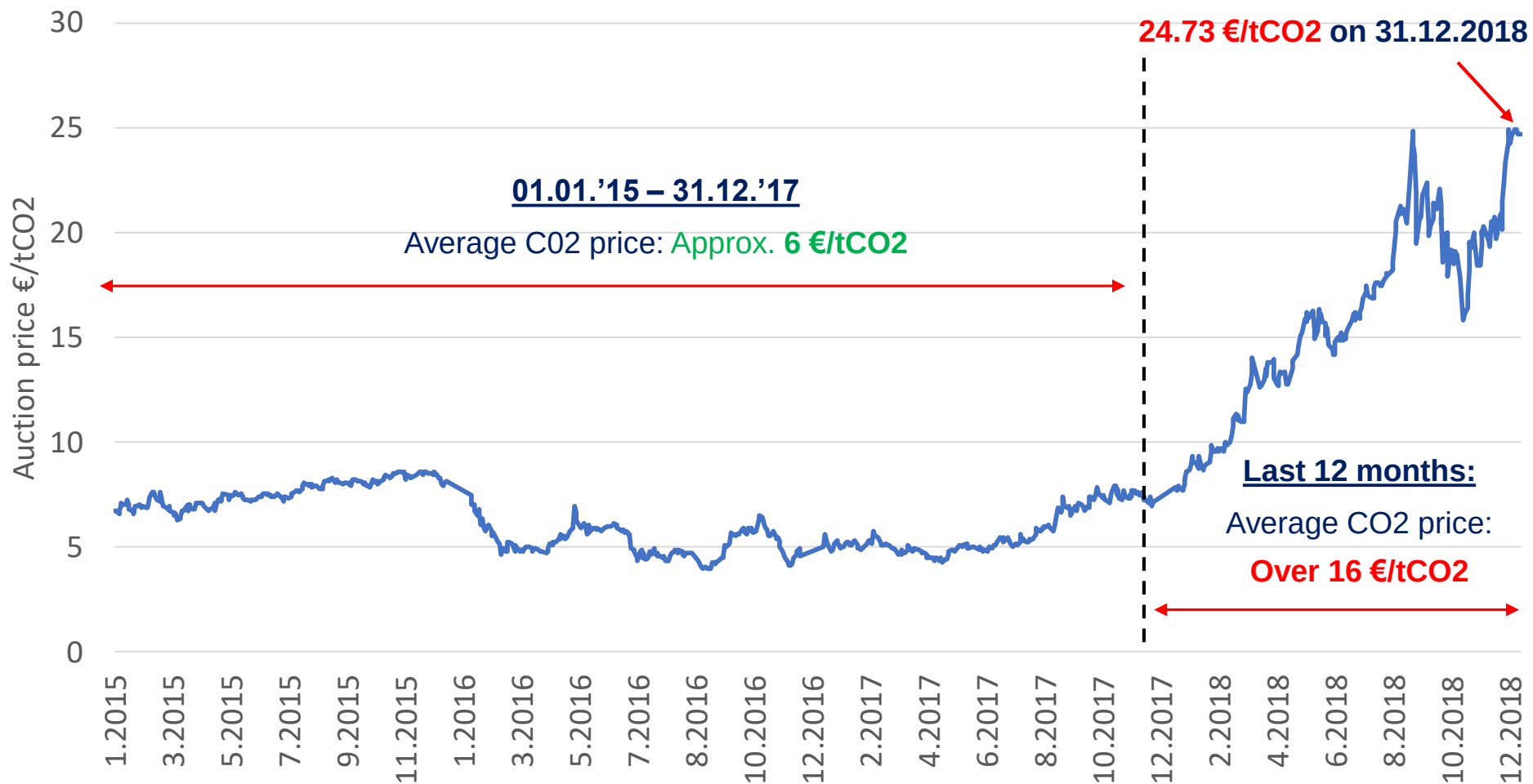
- Prognoza kretanja cijena fotonaponskih modula iz 2014.g. za period do 2030.g.
- Usporedba sa današnjim cijenama



**Danas (1/2019) smo ovdje
(za velike količine)...**

Što se događa - vrlo kratko (4)

Cijene CO2



Source: own analysis

Što se događa - vrlo kratko (5)

Cijene električne energije na EEX burzi, „futures ugovori” (2017.g., za isporuku u 2018.g.)

2017 price development of the Phelix Baseload Year Future with delivery in 2018 in €/MWh



Na kraju 2017, cijena za baznu energiju za isporuku u 2018 je bila **ispod 40 €/MWh**

Što se događa - vrlo kratko (6)

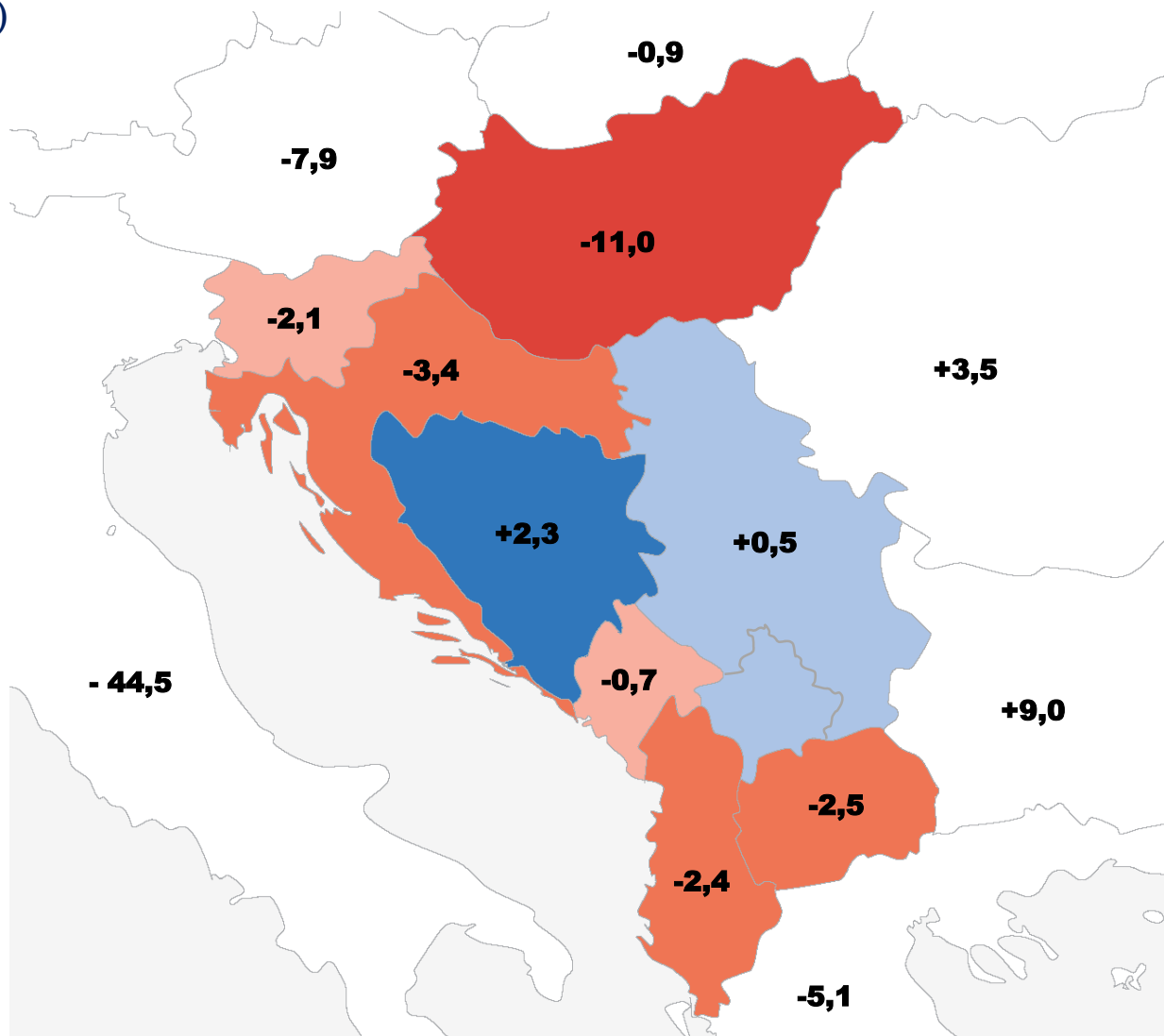
Cijene električne energije na EEX burzi, „futures ugovori” (2018.g., za isporuku u 2019.g.)



A sada „regija”...

Elektroenergetska bilanca šireg okruženja

Prosječna neto elektroenergetska bilanca (produkcija–potrošnja) u razdoblju 2011–2016 (TWh)



Source: own analysis

Trenutna situacija sa izgrađenim VE

Vjetroelektrane u komercijalnom pogonu i izgradnji (moguće da su neke brojke malo različite...):

1) Slovenija:

U komercijalnom pogonu: 1 (2,3 MW)

2) Hrvatska

U komercijalnom pogonu : 22 (570 MW)

U izgradnji: 2+1x3 (162 MW)

3) Srbija:

U komercijalnom pogonu: 2 (17 MW)

U izgradnji: 5 (381 MW)

4) Bosna i Hercegovina

U komercijalnom pogonu: 1 (52 MW) – elektroprivreda

U izgradnji: 1 (36 MW)

5) Crna Gora

U komercijalnom pogonu : 1 (72 MW)

U izgradnji: 1 (46 MW)

6) Kosovo

U komercijalnom pogonu: 1 (35 MW)

7) Makedonija

U komercijalnom pogonu : 1 (37 MW) – elektroprivreda

7) Albanija

Ništa



Što smo naučili proteklih 10(15) godina (1)

1) Mreža:

- Općenito, vjetroelektrane nisu baš takva „čudovišta” za elektroenergetski sustav
- U gotovo svim državama TSO/DSO prepušta gradnju priključka investitoru, kako bi sebi smanjio sebi komplikacije, a investitoru rizik od kašnjenja izgradnje (jedan od rijetkih izuzetaka je DSO u HR)
- Planiranje proizvodnje VE i balansiranje nije jednostavan zadatak, ali nije ni osmo svjetsko čudo (naravno, dispečerima je uvijek značajno lagodniji život bez VE)
- Uglavnom su standardizirane procedure za odobravanje/ugovaranje priključenja prije i tijekom izgradnje
- Procedure za ispitivanje tehničkog utjecaja VE na mrežu su se ustalile, općenito nisu uzrok kašnjenja izgradnje projekata, a rezultati pokazuju da generalno nema nikakvih problema

2) Okoliš:

- Procedure uglavnom standardizirane, ali još uvijek s jedne strane dugotrajne, a s druge strane najčešće rezultati, tj. „lokalne” studije zaštite okoliša, nisu na razini koje zahtijevaju financijske institucije
- Kod izgrađenih VE evidentan je zanemarivi utjecaj na ptice, šišmiše, buku...

Što smo naučili proteklih 10(15) godina (2)

3) Procedura za dobivanje lokacijskih/građevinskih dozvola:

- Također standardizirana u većini država, ili sa vrlo negativnim izuzecima (npr. BiH)
- „Administracija” se s vremenom privikne na nove pojave kao što su VE i SE

4) Financiranje:

- Bankari su uglavnom naučili „specifičnosti” regije
- Proizvodnja je najčešće (iako ne uvijek!) u rasponu P65–P75 tj. oko 10-tak % manja od srednje planirane (P50), ali se dogode i velika negativna iznenađenja
- Regulatorni (politički) rizik, primarno vezan za eventualne dodatne naknade ili umanjenje tarife, kao jedan od ključnih rizika:
 - do sada se nije praktički ništa dogodilo osim u HR, ali u umjerenom iznosu (uvedena naknada za balansiranje za izgrađene projekte...)
 - u HR je jednom trenutku bila ozbiljno razmatrana mogućnost smanjenja feed-in tarife ili uvođenja neke vrsta poreza na OIE

5) Jedna vrlo povoljna okolnost za budući razvoj OIE:

- Uspostava likvidnih tržišta električne energije

Što od bitnih stvari nismo još naučili, ili barem ne dovoljno

- Uspostaviti normalan sustav uravnoteženja, sa troškovima za proizvođača koji će biti u rangu EU država (ili barem ne višestruko veći kao što je primjer u HR)
- Implementirati tzv. „plitki pristup” za troškove priključka na mrežu
- Daljnja demistifikacija stava da su „regulacijske mogućnosti sustava” tehnička prepreka za visoku razinu integracije OIE u EES
- Riješiti problem odobrenja priključenja na mrežu u slučaju većeg broja zahtjeva na bliskom prostoru, koji potencijalno iziskuje značajne troškove dogradnje mreže, a s druge strane takvu „gužvu” često stvaraju projekti koji nemaju realne ekonomske pretpostavke za realizaciju
- Ozbiljnija međusektorska suradnja i usklađenje državnih institucija/poduzeća koje daju odobrenja u procesu razvoja OIE, te potpuna transparentnost takvih procesa
- Dugoročnije definiranje sustava/planova poticaja
- Nefleksibilnost u postupcima ishoda izmjena okolišnih odobrenja i lokacijskih/građevinskih dozvola koje se događaju zbog razvoja tehnologija (s jedne strane dugo trajanje razvoja projekta, a s druge strane razvoj tehnologije – veće snage i dimenzije VA)
- Uspostaviti jasna i transparentna pravila (sa ili bez natječaja) za rješavanje imovinsko-pravnih odnosa na državnom zemljištu (iako u nekim državama to nije problem jer se dominantno gradi na privatnom zemljištu, npr. Srbija)

Jedan primjer - uravnoteženje/blansiranje (1)

- Razvoj i izgradnja novih projekata VE (najvjerojatnije i velikih SE) biti će vrlo brzo isključivo na komercijalnoj osnovi, što podrazumijeva i punu odgovornosti OIE za troškove uravnoteženja (isto vrijedi i za feed-in-premium poticajni model)
- Ne postoji tržište energije uravnoteženja u regiji (osim unutar BiH, koje izgleda da čak solidno funkcioniра), a nije ga za očekivati ni u kratkoročnoj budućnosti
- Zbog toga cijene uravnoteženja koje plaća korisnik mreže utvrđuju regulatorne agencije odgovarajućim metodologijama koje često rezultiraju sa troškovima koje su daleko od realnih
- Npr. u HR troškovi uravnoteženja za individualnu VE mogu biti u rangu 5–15 €/MWh
- U ostalim državama je manje, ali generalno značajno iznad EU prosjeka (iako npr. u Srbiji je samo malo iznad prosjeka zapadnoevropskih država)
- Takva situacija predstavlja ključnu prepreku da se u idućih nekoliko godina projekti VE i SE počnu realizirati na čisto tržišnoj osnovi (jer troškovi uravnoteženja povećavaju trošak proizvodnje i do 20%)
- U nekim državama nema niti usvojene metodologije za VE koje su u feed-in sustavu (npr. BiH)
- Za projekte u Feed-in sustavu: Crna Gora i Srbija – nema naknade, Hrvatska – uvedene fiksna naknada krajem 2018.g., BiH – ne zna se..., Kosovo – djelomična participacija ali se ne zna kako će se računati...

Jedan primjer - uravnoteženje/balansiranje (2)

- „Metodologije” za izračun troškova uravnoteženja su često nepotrebno komplicirane, iako ima i relativno jednostavnih i dobrih primjera, Hrvatska je ekstremno komplicirana i sa određenim nesuvislim rezultatima (neovisno o apsolutnim iznosima)....

$$C_{r1,j,i} = \frac{CROPEX_{j,i} + SIPX_{j,i} + HUPX_{j,i}}{3}$$

$$k_{\Delta W, pen, n, b, j, i} = \frac{k_{\Delta W, pen, n}}{n_T \cdot \Delta W_{T, b, j, i} - \Delta W_{T, b, j, i} \cdot (|\Delta W_{b, j, i}| - \Delta W_{T, b, j, i})}$$

$$k_T = 4 \cdot (k_{T, max} - k_{T, min}) \cdot (u_{b, j, i}^2 - u_{b, j, i}) + k_{T, max}, \quad u_{b, j, i} = \frac{|W_{preuzeto, b, j, i}|}{|W_{preuzeto, b, j, i}| + |W_{predano, b, j, i}|}$$

$$k_{d, n, b, j} = \begin{cases} 0 & \text{za } d_{b, j} \geq -d_{T, m, n} \\ \frac{k_{d, max, n}}{1 - d_{T, m, n}} \cdot (|d_{b, j}| - d_{T, m, n}) & \text{za } d_{b, j} < -d_{T, m, n} \end{cases}$$

$$C_{r2,j} = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} C_{r1,j,i}}{n_j}$$

$$k_{\Delta P_{b,j,i}} = \begin{cases} 0 & \text{za } \Delta P_{j,i} \geq -\Delta P_{T, m, p} \\ \frac{k_{\Delta P, m, p}}{100 - \Delta P_{T, m, p}} \cdot (|\Delta P_{j,i}| - \Delta P_{T, m, p}) & \text{za } \Delta P_{j,i} < -\Delta P_{T, m, p} \end{cases}$$

$$k_{\Delta W, pen, p, b, j, i} = \frac{k_{\Delta W, pen, p}}{n_T \cdot \Delta W_{T, b, j, i} - \Delta W_{T, b, j, i} \cdot (|\Delta W_{b, j, i}| - \Delta W_{T, b, j, i})}$$

$$T_j = k_{PUU} \cdot T_{PUU, j} + k_{RZU} \cdot T_{RZU, j}$$

$$\Delta W_{T, b, j, i, 0} = \min \left\{ \max \left(\Delta W_{T, b, j, i, 0}, \Delta W_{T, min} \cdot \frac{v}{60} \right); \Delta W_{T, max} \cdot \frac{v}{60} \right\}$$

$$d_{b, j} = u_{p, b, j} - u_{n, b, j}$$

$$k_{d, p, b, j} = \begin{cases} 0 & \text{za } d_{b, j} \leq d_{T, m, p} \\ \frac{k_{d, max, p}}{1 - d_{T, m, p}} \cdot (|d_{b, j}| - d_{T, m, p}) & \text{za } d_{b, j} > d_{T, m, p} \end{cases}$$

$$k_{\Delta P_{p,j,i}} = \begin{cases} 0 & \text{za } \Delta P_{j,i} \leq \Delta P_{T, m, p} \\ \frac{k_{\Delta P, m, p}}{100 - \Delta P_{T, m, p}} \cdot (|\Delta P_{j,i}| - \Delta P_{T, m, p}) & \text{za } \Delta P_{j,i} > \Delta P_{T, m, p} \end{cases}$$

$$\Delta_j = \max \min \Delta_{j,0}, \Delta_{max}, \Delta_{min}$$

$$\Delta_{j,0} = \frac{T_j + T_{0,j}}{\sum_{b=1}^{n_{bz}} \sum_{i=1}^{n_j} (|\Delta W_{b, j, i}| \cdot C_{r1,j,i})}$$

$$u_{fp, b, j} = \frac{n_{p, b, j}}{n_{p, b, j} + n_{n, b, j}}$$

$$u_{fn, b, j} = \frac{n_{n, b, j}}{n_{n, b, j} + n_{p, b, j}}$$

$$u_{p, b, j} = x \cdot u_{ep, b, j} + (1-x) \cdot u_{fp, b, j}$$

$$u_{n, b, j} = x \cdot u_{en, b, j} + (1-x) \cdot u_{fn, b, j}$$

Simbol	Iznos
$k_{T, max}$	0,40
$k_{T, min}$	0,05
$k_{d, max, p}$	0,70
$k_{d, max, n}$	0,70
$k_{\Delta P, m, p}$	0,60
$k_{\Delta P, m, n}$	0,60
$k_{\Delta W, pen, p}$	0,70
$k_{\Delta W, pen, n}$	0,70
k_{PUU}	1,03
k_{RZU}	0,20

$$\Delta W_{T, min} = 60 \text{ MW}$$

$$v = \frac{n_i - 1}{n_i}$$

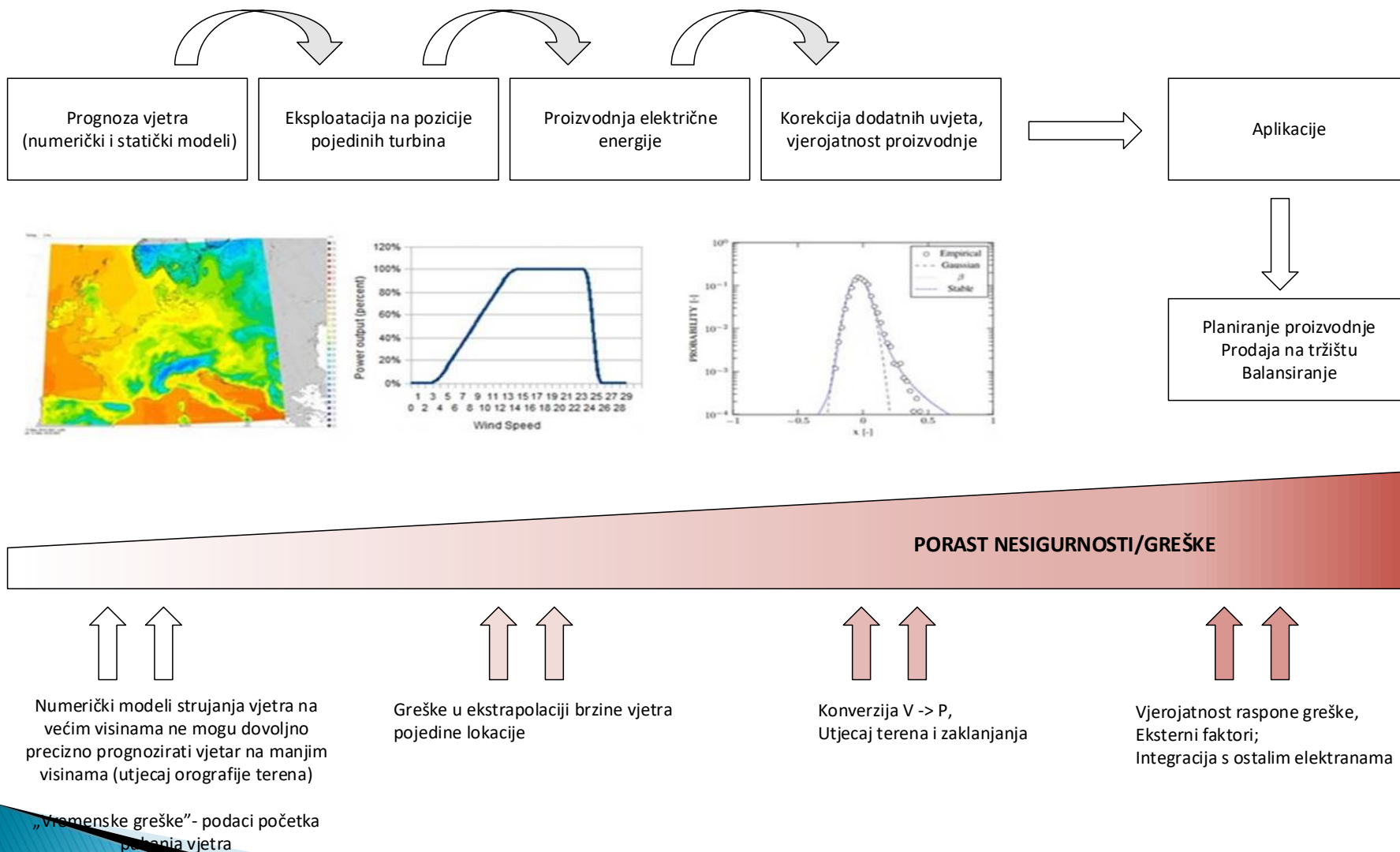
$$k_{b,j,i} = C_{r1,j,i}$$

$$\begin{cases} 1 + \Delta_j + k_{b,j,i} + k_{d,p,b,j} & \text{za } -\Delta W_{f,b,j,i} \leq \Delta W_{b,j,i} \leq 0 \\ 1 + \Delta_j + k_{b,j,i} + k_{d,n,b,j} + k_{\Delta W, pen, n, b, j, i} & \text{za } -n_T \cdot \Delta W_{f,b,j,i} \leq \Delta W_{b,j,i} < -\Delta W_{f,b,j,i} \\ 1 + \Delta_j + k_{b,j,i} + k_{d,p,b,j} + k_{\Delta W, pen, p, b, j, i} \cdot \frac{n_i - 1}{n_i} & \text{za } \Delta W_{b,j,i} < -n_T \cdot \Delta W_{f,b,j,i} \end{cases}$$

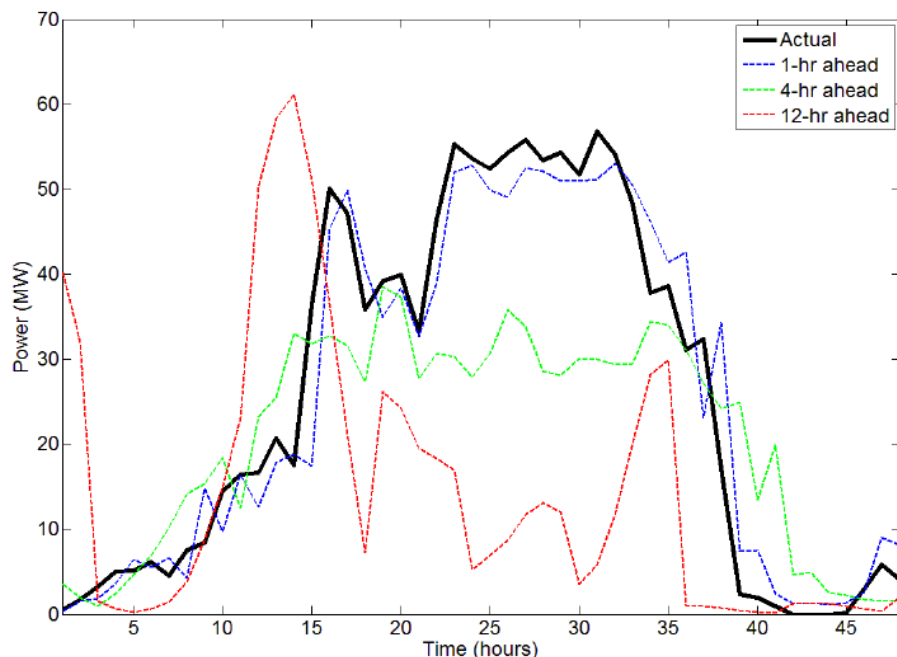


Prognoza proizvodnje - neka iskustva u regiji (1)

- Prognoza proizvodnje – Jedan od najvećih izazova vezano uz uspješnu integraciju vjetroelektrana i smanjenje troškova balansiranja



Prognoza proizvodnje - neka iskustva u regiji (2)



Greška prognoze, naravno ovisi o vremenu u kojem se radi prognoza unaprijed

Osnovni statistički pokazatelji/mjere prognostičke pogreške:

Normalizirani korijen srednje kvadratne pogreške

$$RMSE = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (P_{realizirano_j} - P_{prognozirano_j})^2}{n}}}{P_{instalirano}}$$

Normalizirana prosječna apsolutna pogreška

$$MAE = \frac{\frac{\sum_{j=1}^n |P_{realizirano_j} - P_{prognozirano_j}|}{n}}{P_{instalirano}}$$

Uobičajeni raspon vrijednosti (prognoza 24h unaprijed):

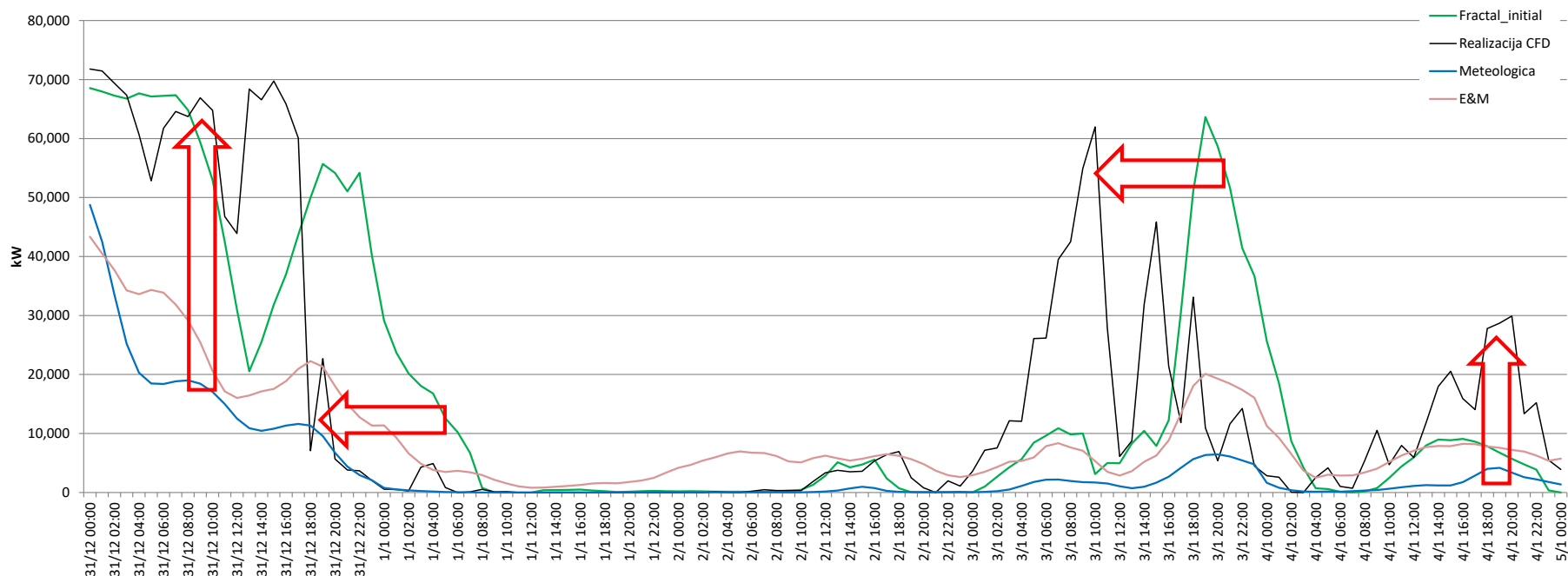
14–20% za 1 VE / 5–10% za veći broj VE



Prognoza proizvodnje - neka iskustva u regiji (3)

Greške:

- iznos,
- vrijeme nastanka bitne promjene



Kriva procjena brzine vjetra

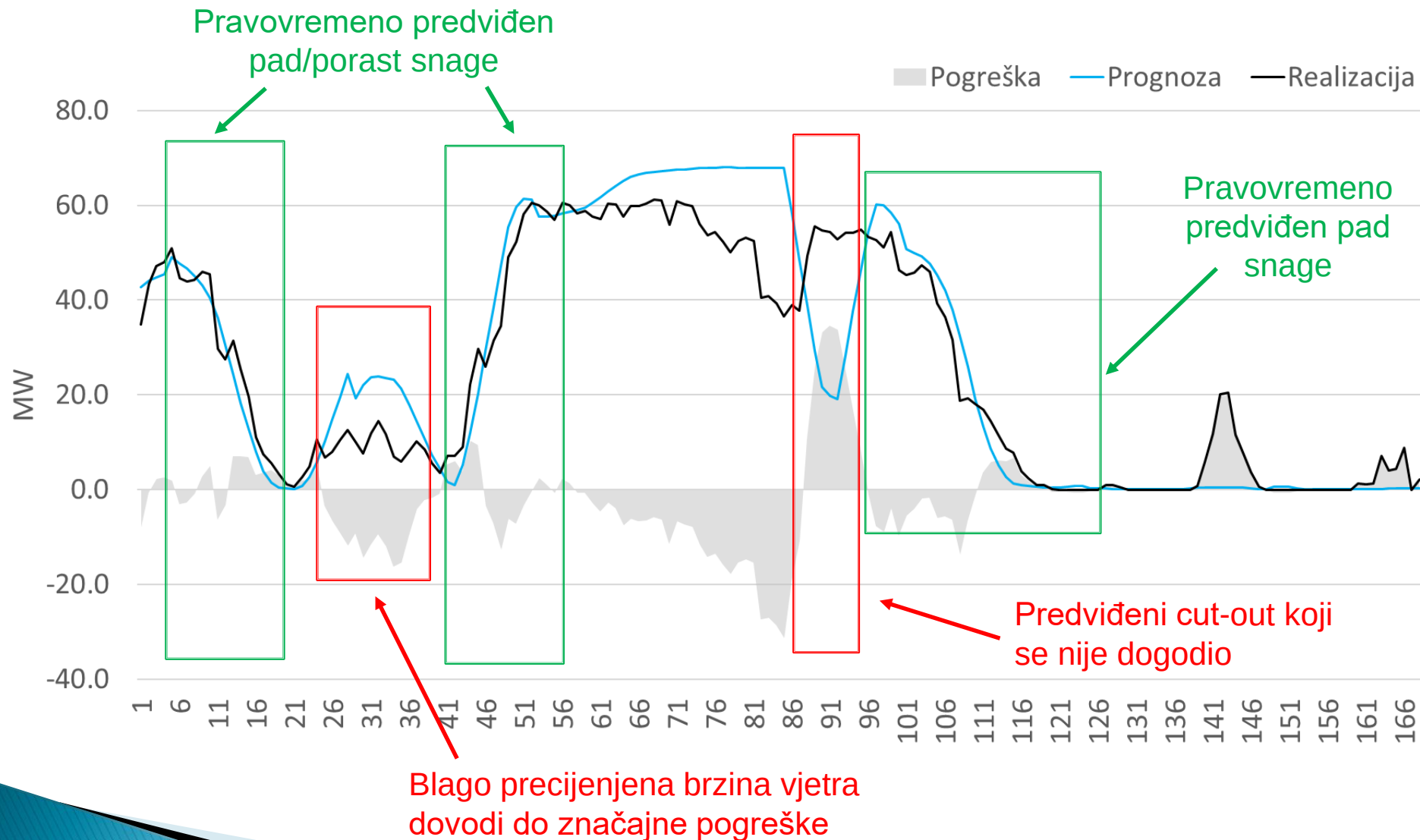


Vremenski pomak očekivane promjene brzine vjetra



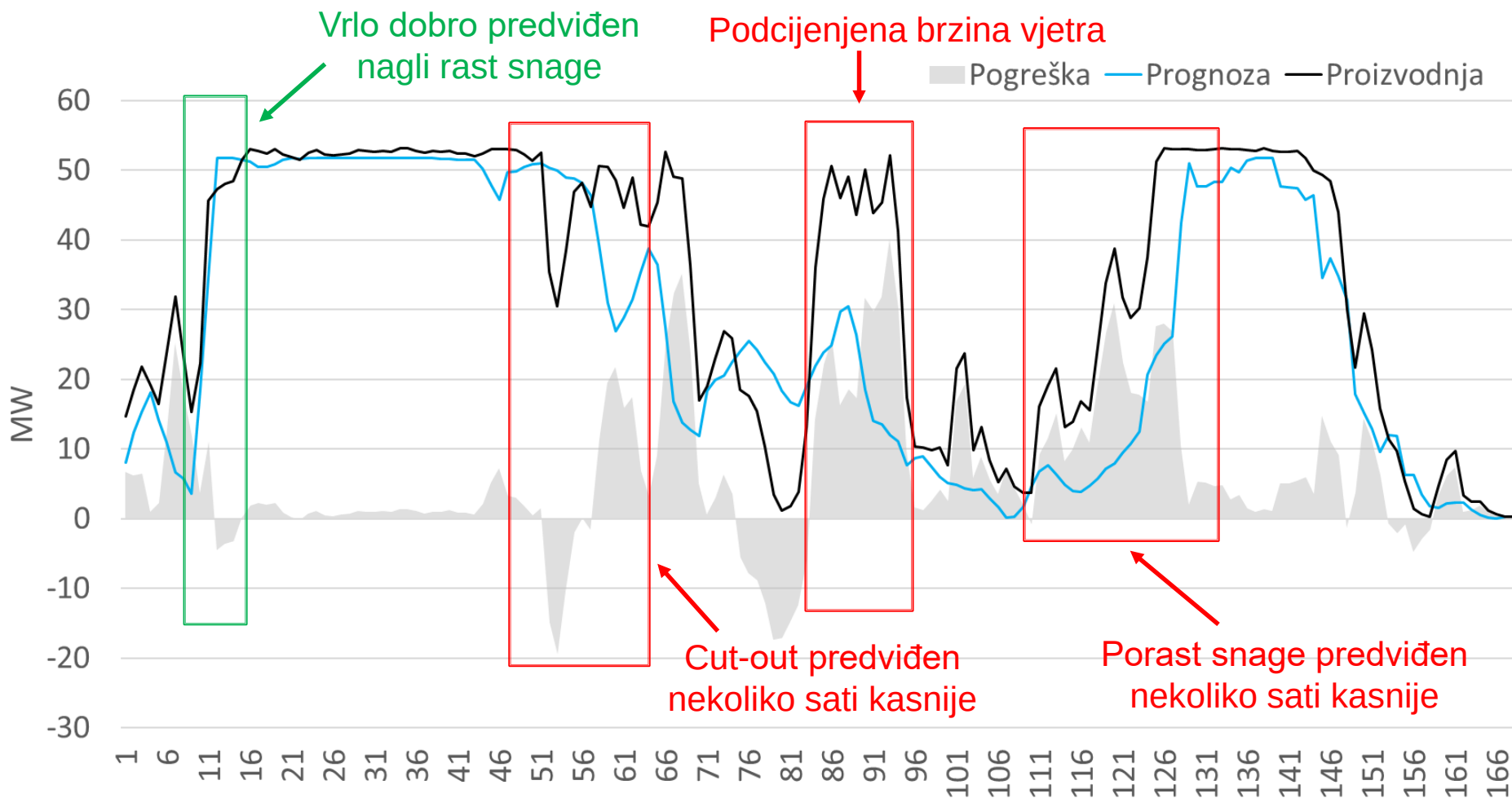
Prognoza proizvodnje - neka iskustva u regiji (4)

VE Krnovo (Crna Gora, 72 MW) – karakteristični primjeri (promatrani period– 1 tjedan)



Prognoza proizvodnje - neka iskustva u regiji (5)

VE Mesihovina (BiH, 52 MW) – karakteristični primjeri (promatrani period– 1 tjedan)



Prognoza proizvodnje - neka iskustva u regiji (6)

VE Mesihovina+VE Krnovo: Analiza/simulacija pogreške prognoze u slučaju „udruživanja”

Analiza napravljena na temelju satnih vrijednosti prognoze i realizacije VE Mesihovina i VE Krnovo za razdoblje 01.09.2018.–30.09.2018 (1 mjesec)

	Realizacija	Ukupno pozitivno odstupanje [apsolutno i relativno]	Ukupno negativno odstupanje [apsolutno i relativno]	RMSE
Mesihovina	9,354 MWh	3,113 MWh	-539 MWh	17.13%
		33.28%	-5.77%	
Krnovo	13,402 MWh	4,013 MWh	-1,892 MWh	18.62%
		29.94%	-14.12%	
Krnovo + Mesihovina	22,756 MWh	6,460 MWh	-1,766 MWh	14.68%
		28.39%	-7.76%	

Smanjenje odstupanja u pojedinim smjerovima i
značajno smanjenje pogreške prognoze

Iako je analiza napravljena na primjeru samo dvije VE, vidljivo je kako udruživanje u bilančne skupine i geografska disperzija mogu značajno smanjiti pogrešku prognoze proizvodnje VE i negativne posljedice koje iz nje proizlaze

Što se može očekivati (1):

Kratkoročno (nekoliko godina):

- Još u ponekim državama će možda biti nekih poticaja (uključujući i vrlo male neiskorištene kvote)
- Investicije elektroprivreda
 - Postojeće: BiH, Makedonija
 - Najavljene: Hrvatska, BiH, Crna gora, Srbija
- Kinezi...primjer Hrvatska, VE Senj 156 MW
- Možda poneki korporativni PPA

Srednjoročno:

- Veliki investicijski ciklus u vjetroelektrane i solare od strane široke palete investitora

Dugoročno:

- Vidi slajd 7 (prognoza IEA)
- „Borba” vjetar – solar
 - nije za očekivati da solar, u prosjeku, može „pobijediti” vjetar po pitanju proizvodne cijene
 - ali je sigurno da nitko više ne može „pobijediti” vjetar i solar

Ključne pretpostavke za intenzivniji razvoj OIE

- 1) U regulatornom dijelu, ključna stavka je problem balansiranja:
 - jasna pravila igre
 - ujednačiti troškove balansiranja (ili ih barem približiti) onima iz srednje/zapadne Europe
 - u cijelosti implementirati Uredbu o uspostavljanju smjernica za električnu energiju uravnoteženja, uključujući Implementacija jedinstvenog tržišta energije uravnoteženja na regionalnom nivou (i šire)

(trenutno vrlo loše)
- 2) Uspostava likvidne regionalne burze ili međusobno kompletno povezanih nacionalnih burzi, te transparentnog i stabilnog regulatornog okvira u svim segmentima, ključne su pretpostavke za sljedeći korak u energetskej tranziciji – financiranje/izgradnja OIE bez poticaja.

(ovo ide vrlo dobro)
- 3) Generalno, graditi povjerenje od strane banaka prema državi u smislu zaštita investicija - dugoročno stabilan regulatorni okvir kao osnovna mjera zaštite od regulatornih rizika
(uglavnom loše...dosta razlika u državama u regiji)

Zahvaljujem na pažnji...



Fractal d.o.o. - ukratko

Tvrtka FRACTAL d.o.o. Split je osnovana 1994.g.

Osnovne djelatnosti:

1)Konzalting i inženjering u razvoju i izgradnji obnovljivih izvora energije (primarno vjetroelektrane i solarne elektrane):

- Faza razvoja (developmenta)
- Faza ugovaranja izgradnje i financiranja + akvizicije
- Faza izgradnje (vođenje gradnje, nadzor, ispitivanje utjecaja na mrežu)
- Faza pogona (vođenje pogona, specijalističke usluge)

2)Projektiranje visokonaponskih, srednjenaponskih i niskonaponskih postrojenja i instalacija

3)Studije, istraživanja, konzalting na području elektroenergetike (elektrane, prienos i distribucija električne energije, tržište električne energije)

4)Specijalizirani softver u elektroenergetici

Dr.sc. Ranko Goić
Dr.sc. Eugen Mudnić

Većinski vlasnici

Mr.sc. Ante Tojčić

Direktor

Lokacije:

Hrvatska

Šira regija (BiH, Crna gora, Srbija, Kosovo, Mađarska...)

Ostalo: Izrael, Gruzija, Španjolska...

Odjel za mjerenje i
studije energetskog
potencijala

Odjel za projektiranje

Odjel za vođenje projekata
i nadzor

Odjel za elektroenergetske
analize

Odjel za tehno-ekonomske
i energetske analize

Odjeli

