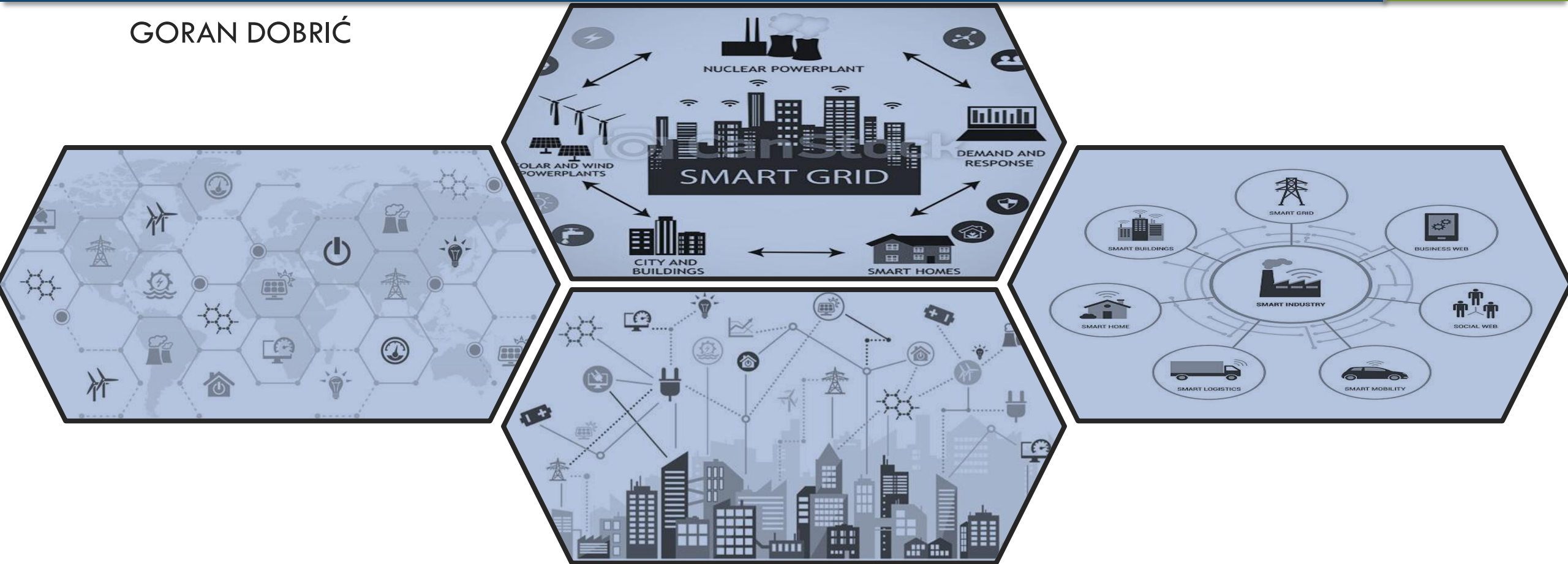


INTELIGENTNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE



ETF
BEOGRAD

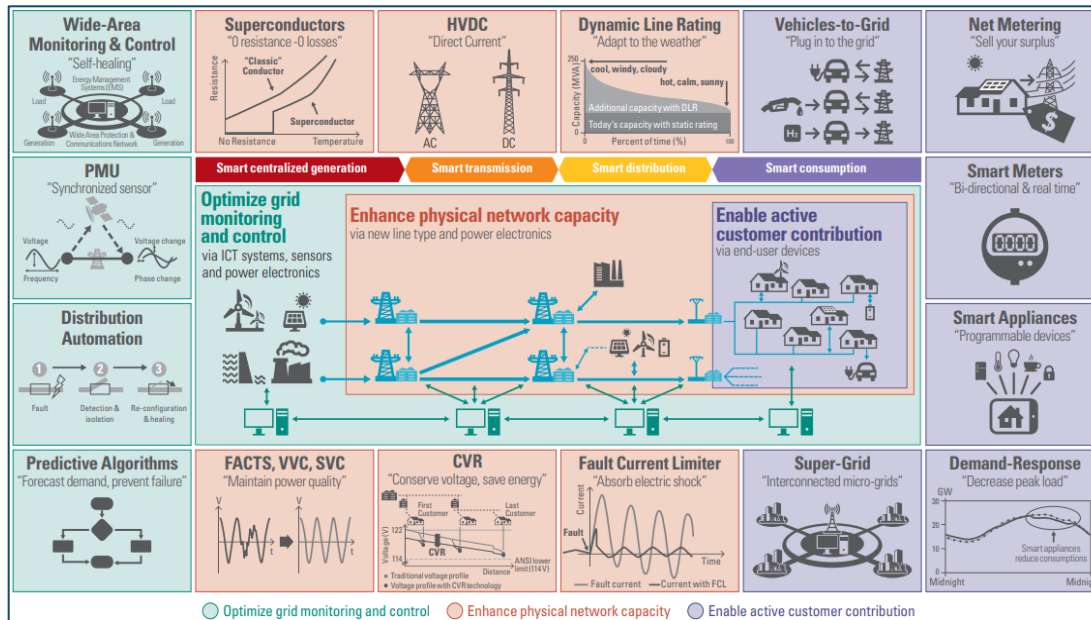
GORAN DOBRIĆ



Sadržaj predmeta

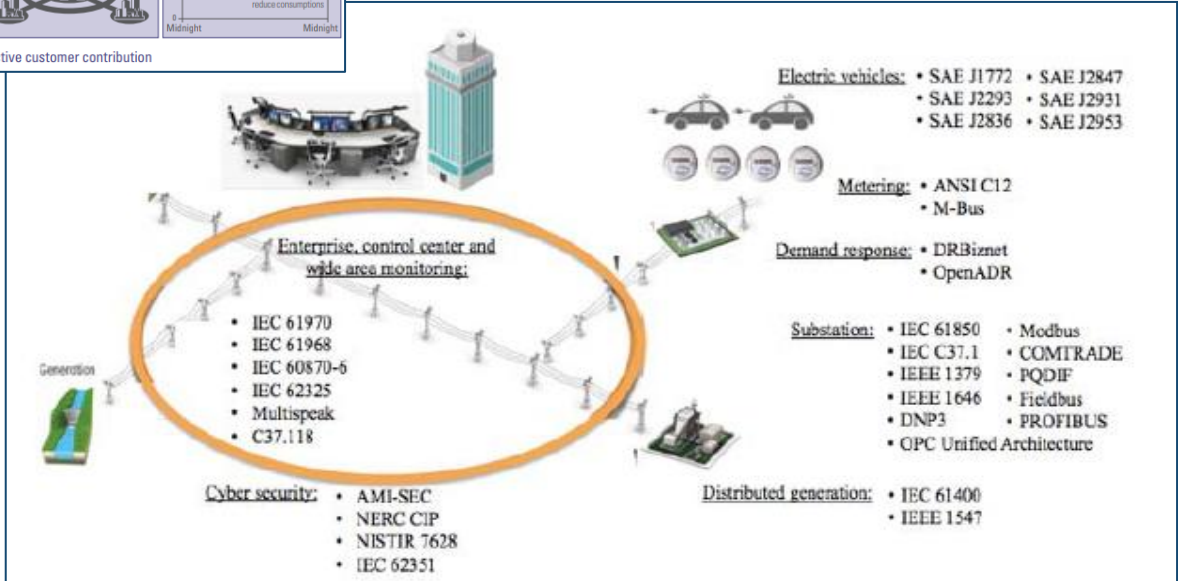


- Inteligentne mreže (IEM) – Smart Grid (SG)
- Osnovni alati u IEM
- Distribuirani resursi
- Uloga potrošača u IEM
- Merne strukture u IEM
- Komunikacija u IEM
- Sigurnost i bezbednost IEM
- Ekonomija i tržište u IEM
- Inteligentne mikromreže



- Definicije inteligentnih mreža
- Primena IEM

- Standardi u IEM



EES će se susretati sa 4 glavna izazova u narednim decenijama

Povećanje potrošnje

- U razvijenim zemljama dolazi do povećanja potrošnje energije što zahteva proširenje kapaciteta mreže
- Povećanje vršne snage dodatno opterećuje elemente mreže



Ostarela infrastruktura

- Gubici električne energije opterećuju ekonomiju zemlje
- Smanjenje pouzdanosti EES-a



Povećanje udela OIE

- Velika varijacija proizvodnje zahteva fleksibilnu rezervu
- Udaljenost velikih elektrana (OIE) od potrošačkih centara



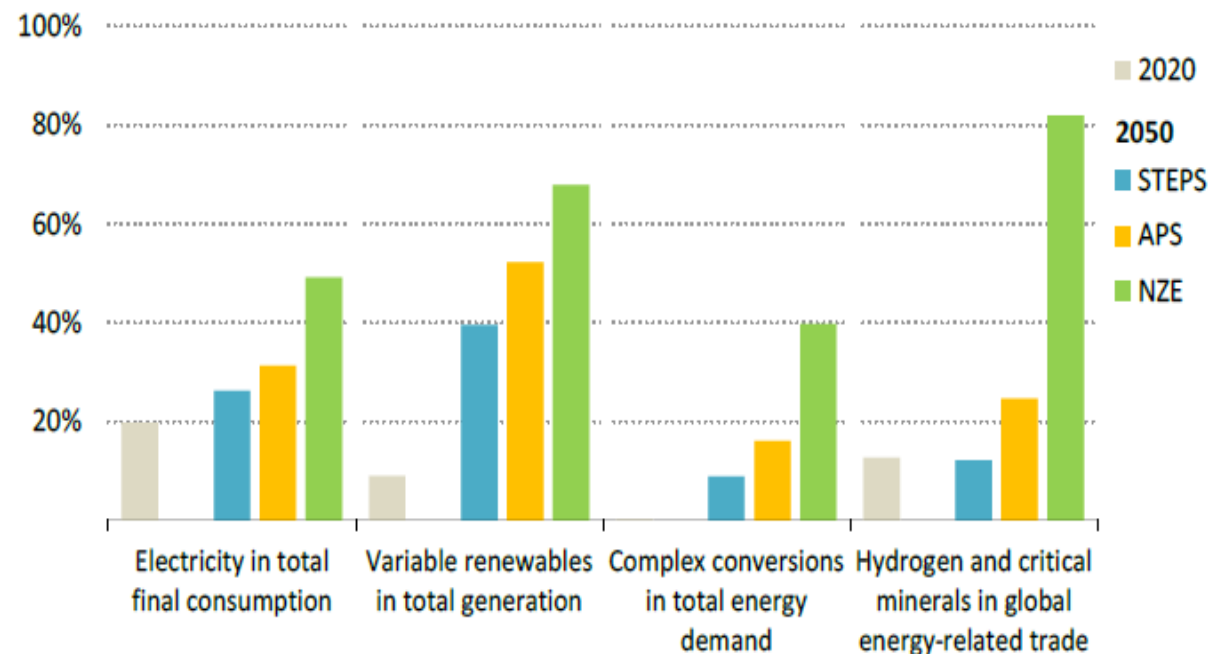
Povećanje udela DG i EV

- Kvalitet električne energije i dvosmerni tok snage
- Nekontrolisano punjenje električnih automobila





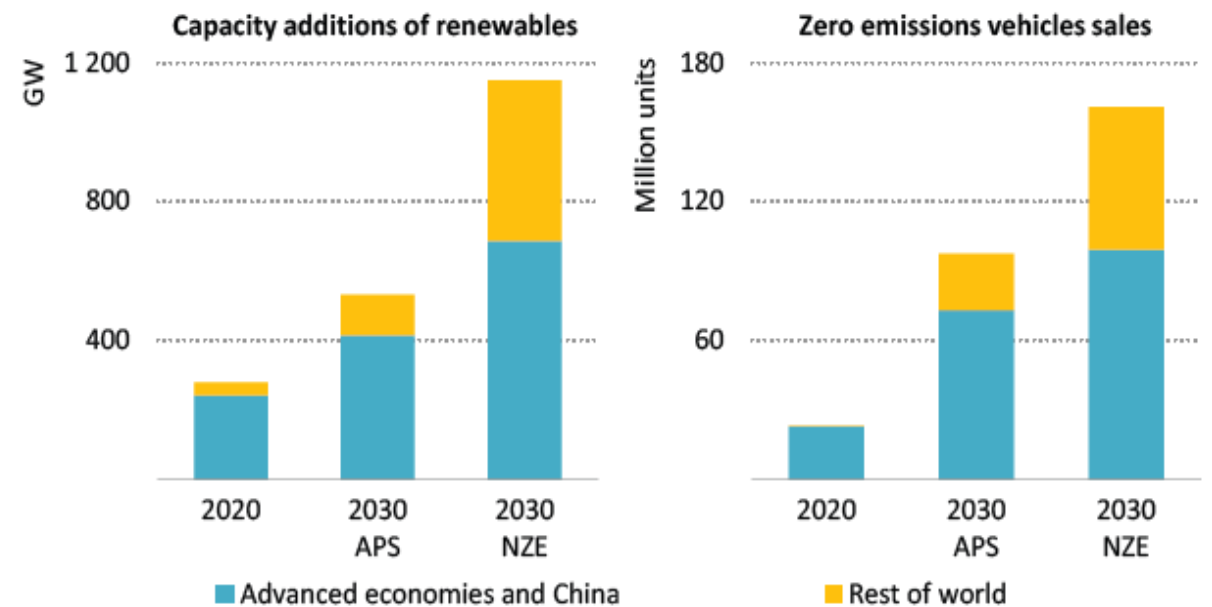
Ključni indikatori promene energetskeg sistema



IEA. All rights reserved.

Procenjuje se da će do 2050 udeo električne energije iznositi 30% - 50% ukupne potrošnje energije u svetu.

Izabrani indikatori zelene elektrifikacije

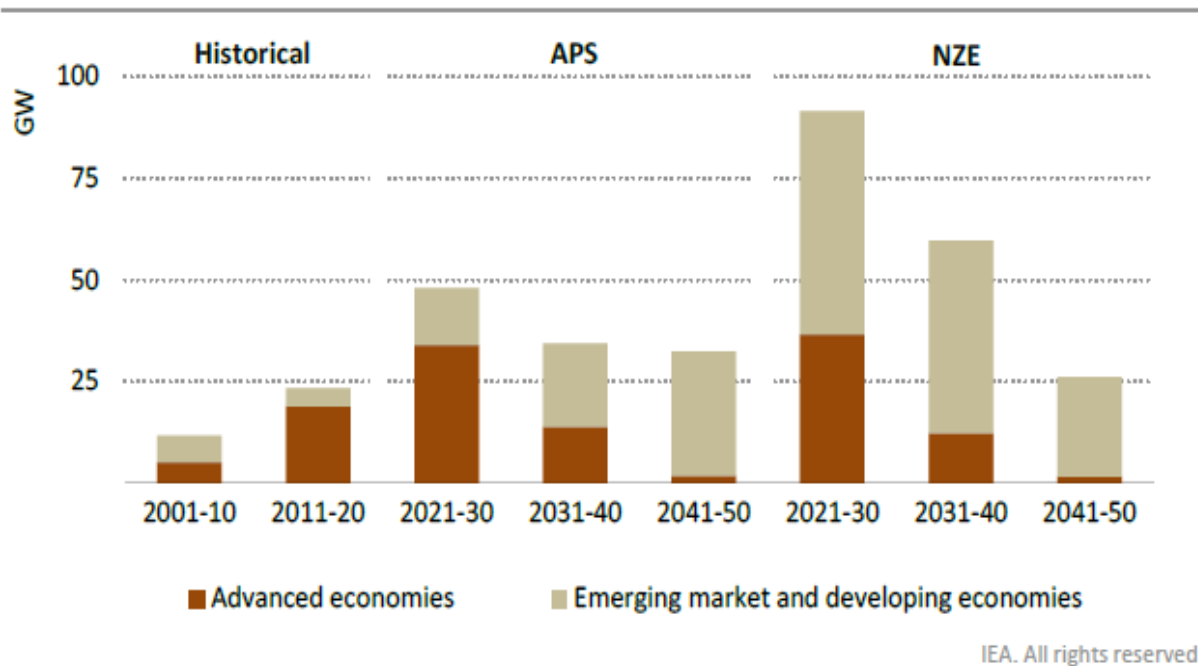


IEA. All rights reserved.

Prema sceniraju nulte emisije će udeo obnovljivih izvora i upotreba električnih automobila porasti nekoliko puta.

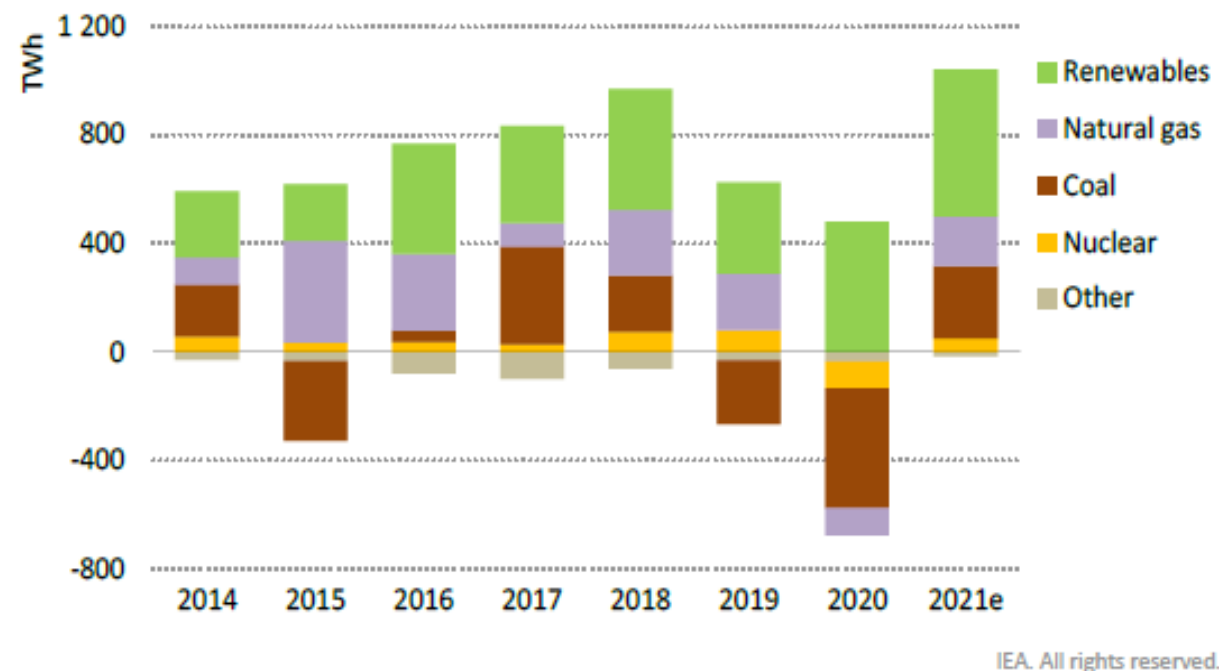


Prosečna godišnja snaga ugašenih termo elektrana



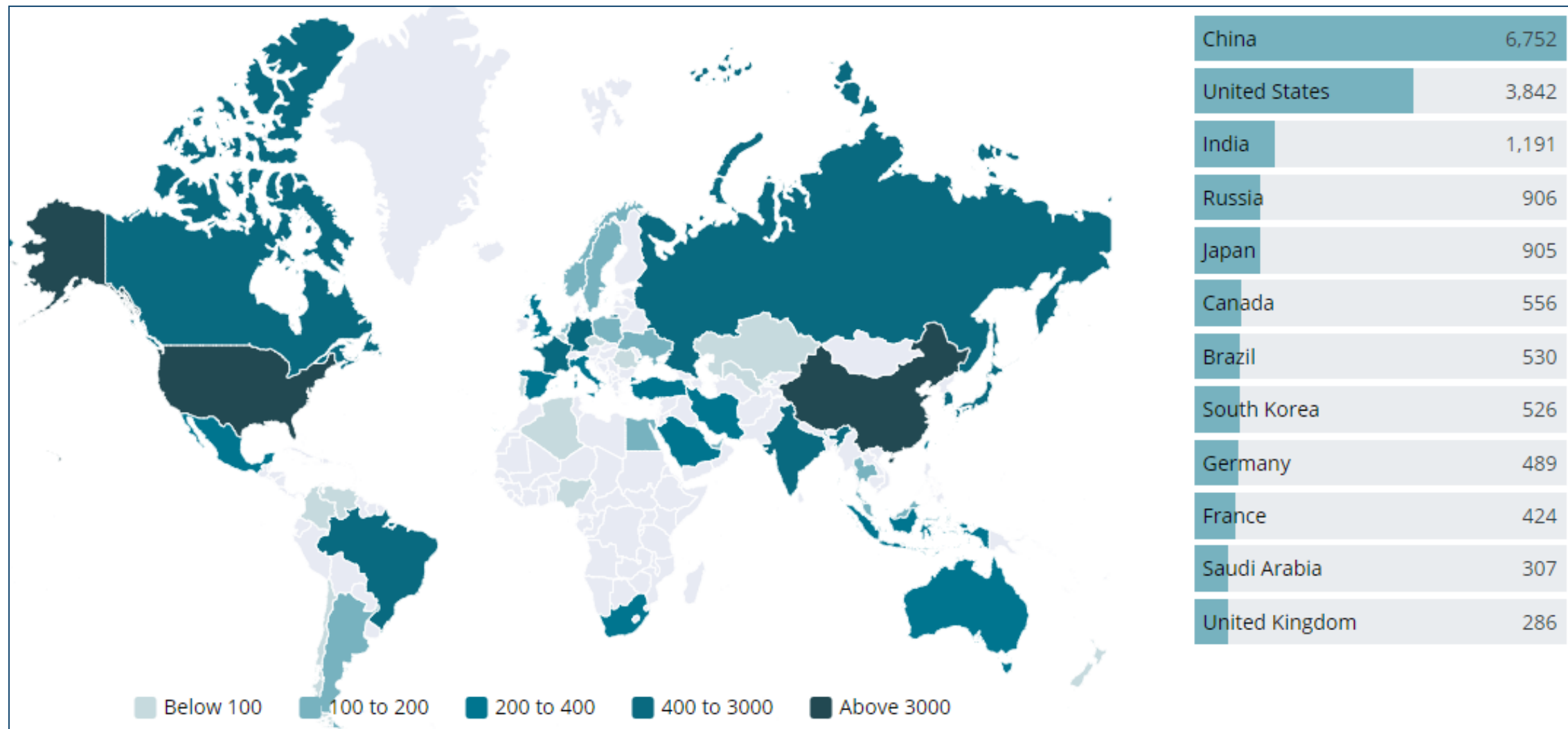
I pored povećanja potrebe za električnom energijom dolazi do gašenja elektrana na uglj. Očekuje se gašenje 50-80 GW elektrana na uglj u periodu 2020-2030.

Promena globalnog generisanja električne energije



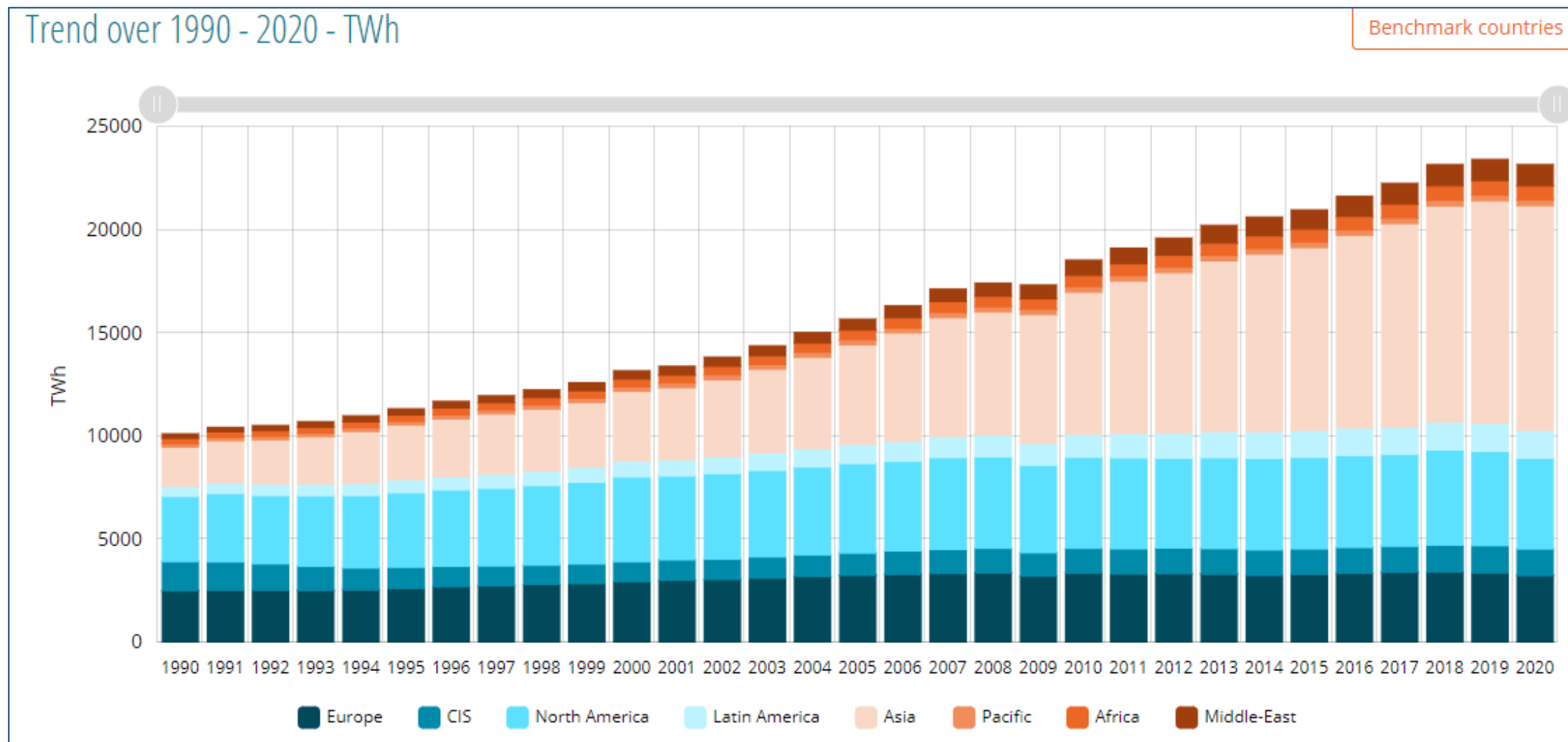
Smanjenje kapaciteta proizvodnje konvencionalnih elektrana stavlja dodatno opterećenje na obnovljive izvore energije i druge energetske resurse.

Potrošnja električne energije u svetu [TWh/god]

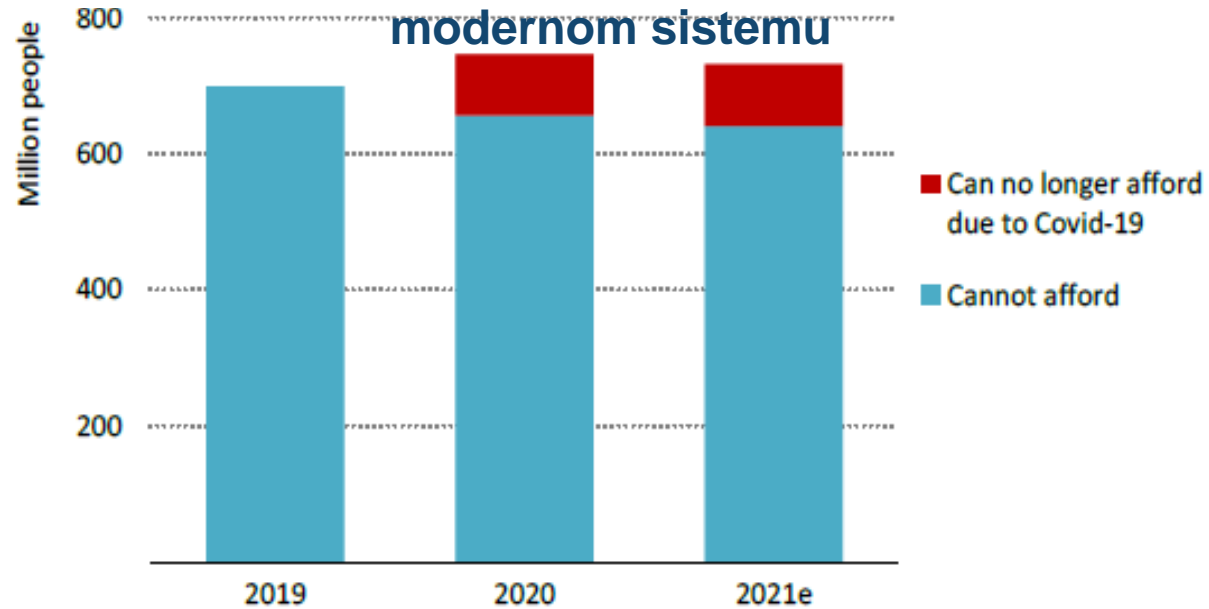




Potrošnja električne energije u svetu [TWh/god]



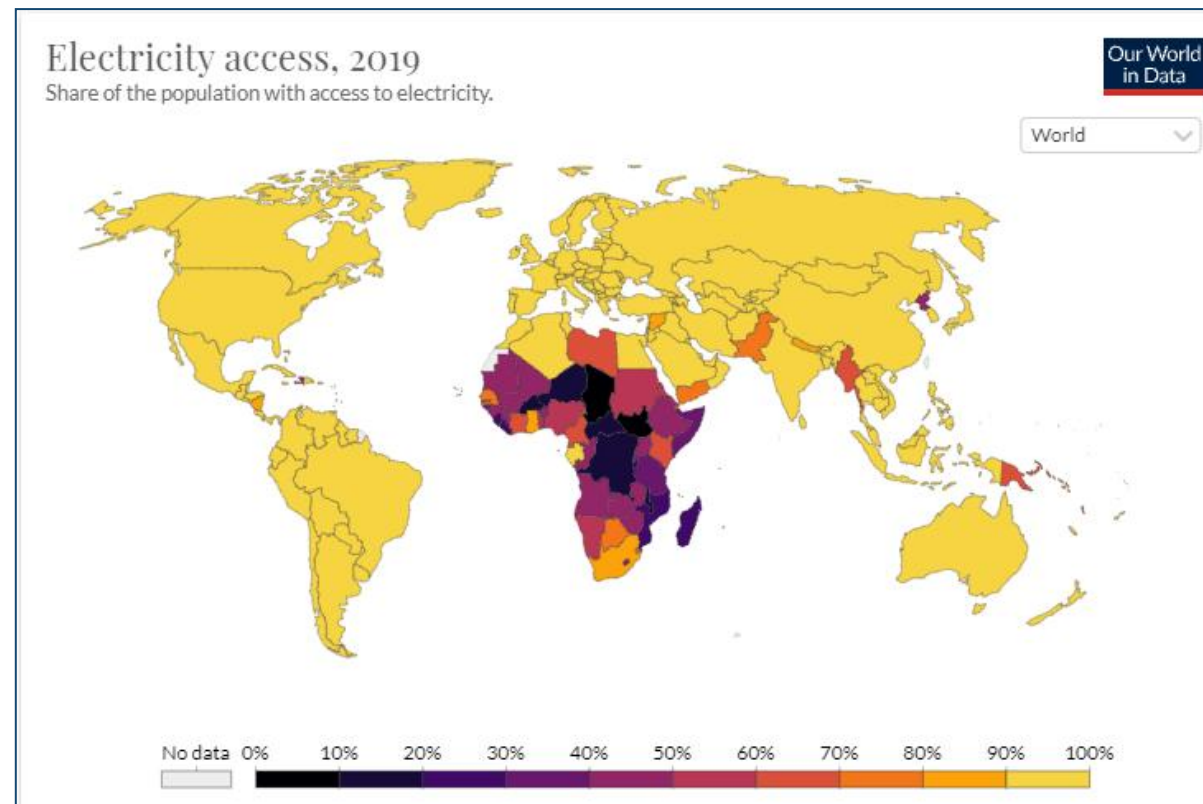
Populacija koja ima priključak za električnu energiju ali nema finansijske mogućnosti da ga zadrži u modernom sistemu

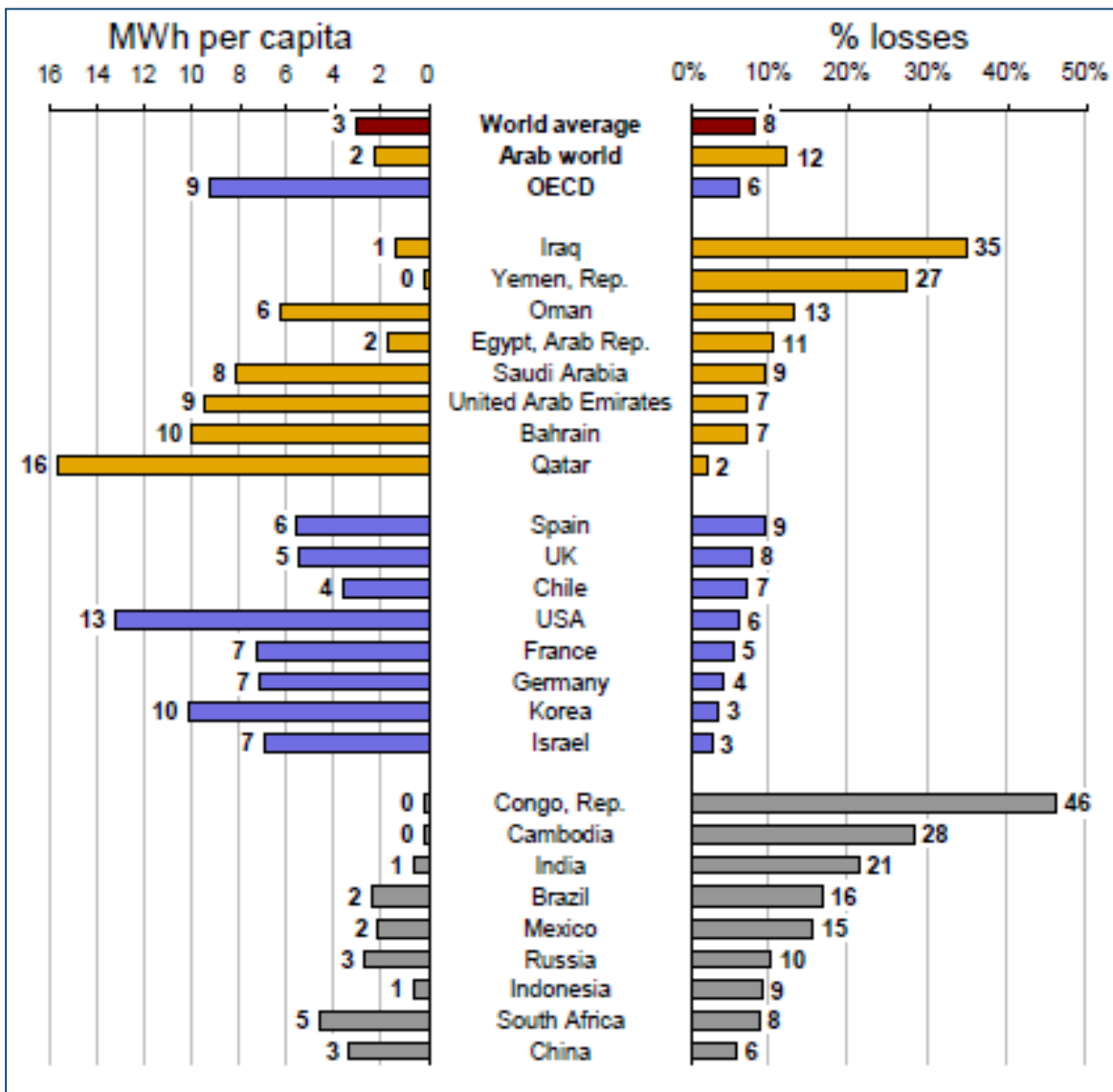


Poseban izazov modernog sistema jeste proizvesti ekonomski prihvatljivu električnu energiju.

Globalni nivo povećanja potražnje za energijom ne oslikava stanje čitavog sveta.

U 21. veku postoji veliki broj populacije (13%) koja nema pristup električnoj energiji.





Gubici u prenosnom i distributivnom sistemu pokazuju efikasnost rada i razvijenost jednog EES-a.

Gubici električne energije predstavljaju značajan finansijski udar na sistem. Primer je Indija u kojoj je oko 20% gubitaka usled krađe električne energije, što novčano iznosi oko 90 milijardi dolara godišnje.

U razvijenim zemljama netehnički gubici iznose oko 1% ukupnih gubitaka.



Pouzdanost rada sistema zavisi od starosti i pouzdanosti rada njegovih delova.



- SAIDI
- SAIFI
- CAIDI
- CAIFI

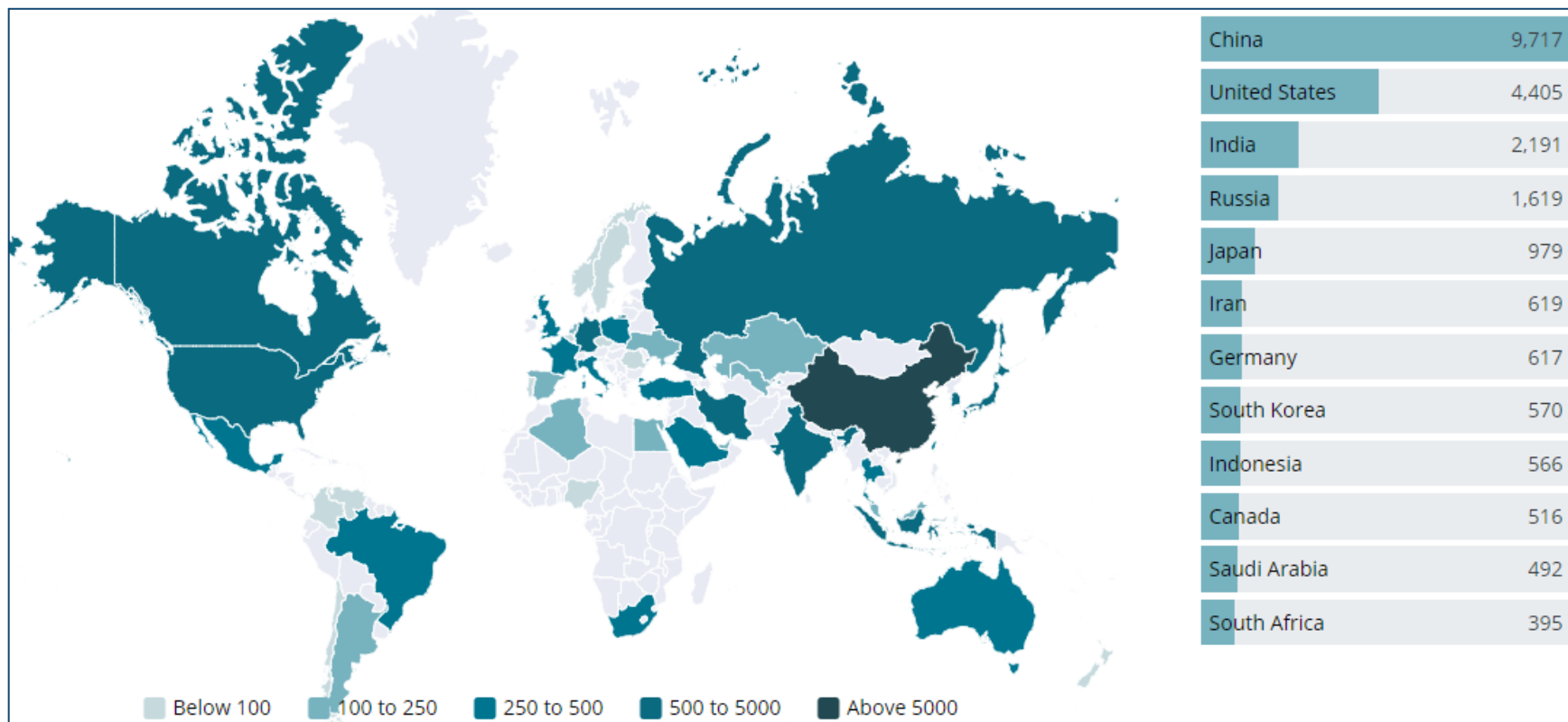
Ostareli elektroenergetski elementi su posebno osetljivi na:

1. loše vremenske uslove
2. preveliko opterećenje tokom vršnih perioda.

USA godišnje pretrpi štetu od oko 150 milijardi dolara usled prekida napajanja.

Učestanost ispada je oko 3 puta veća nego tokom 1980-ih.

Povećani gubici i smanjena efikasnost doprinose povećanju emisije CO₂

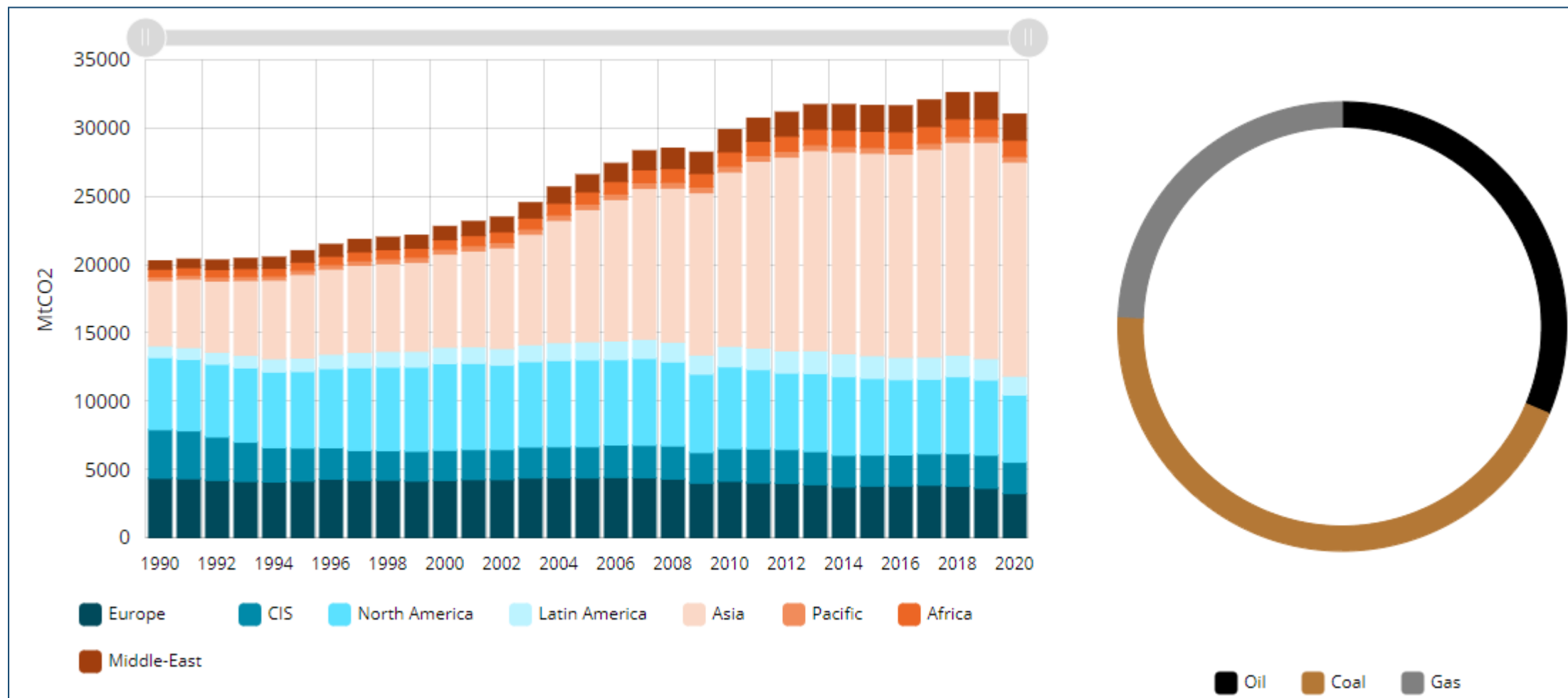


Emsiije CO₂
[tCO₂/MWh]:

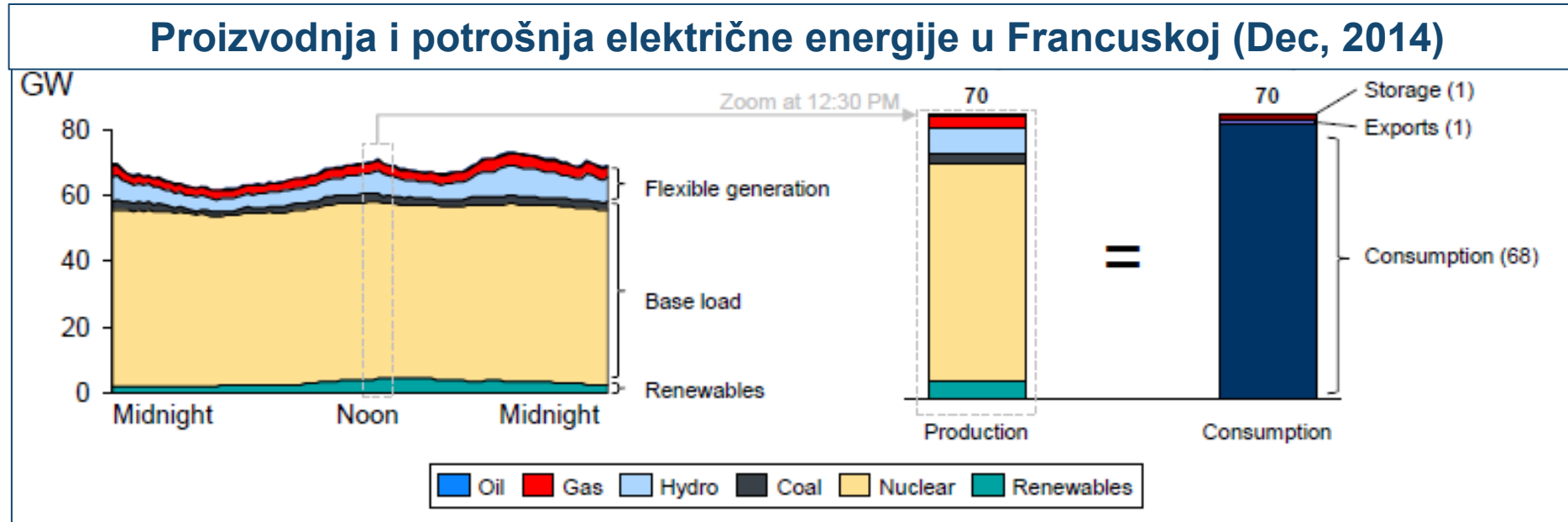
- Ugalj – 1
- Nafta – 0.8
- Gas – 0.4
- Biogorivo (otpad) – 0.5



Povećani gubici i smanjena efikasnost doprinose povećanju emisije CO₂



Osnovni zahtev sistema je da se obezbedi balans između proizvodnje i potrošnje u realnom vremenu.

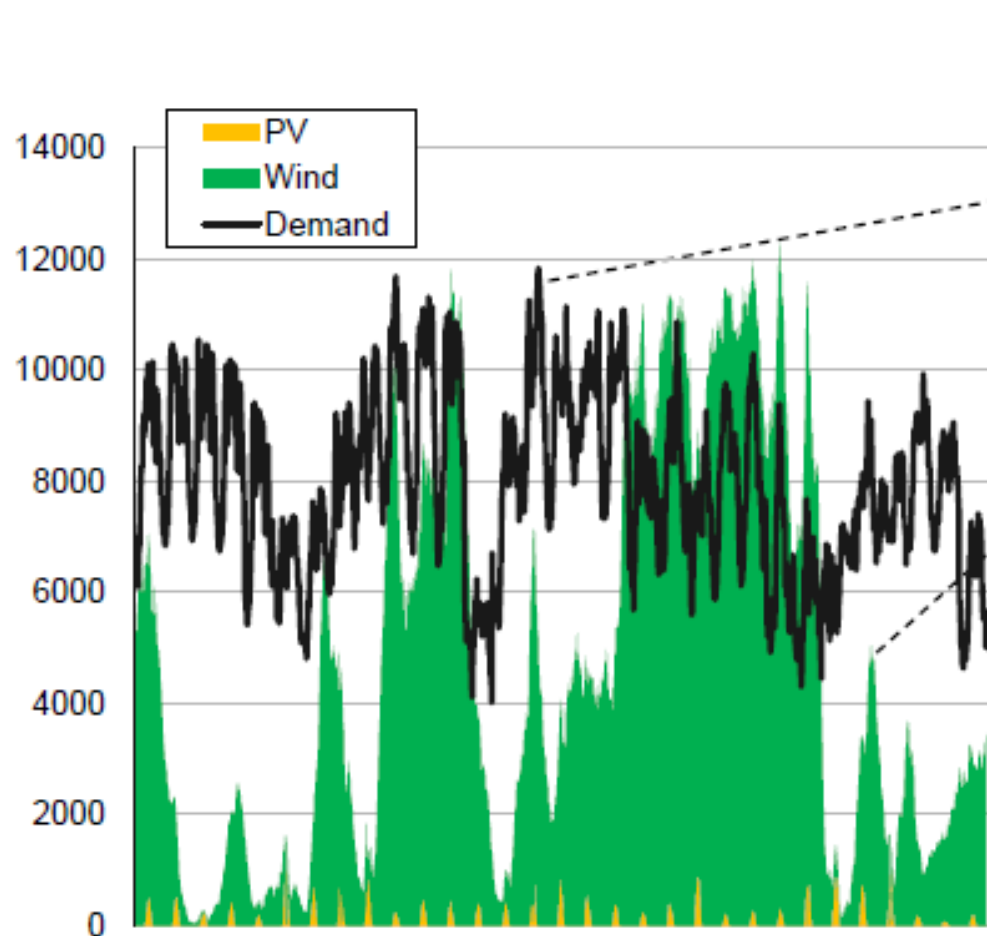


Svaka generatorska jedinica ima različit stepen fleksibilnosti.

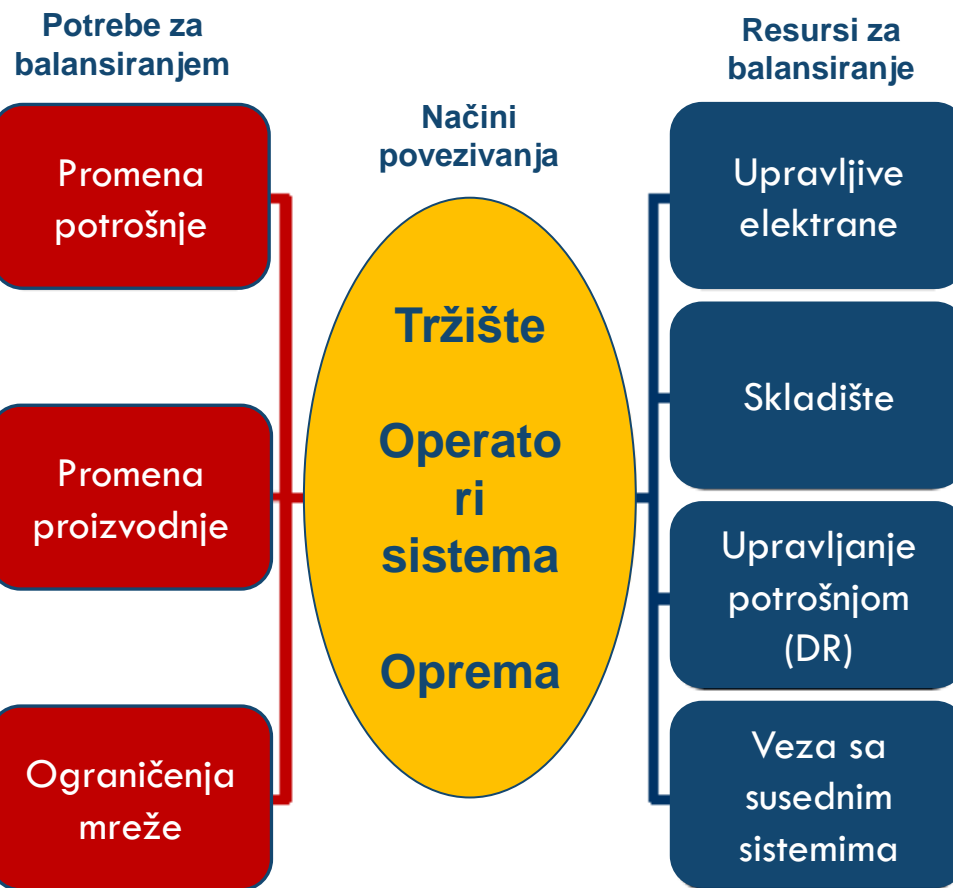
Iz ekonomskih i tehničkih razloga postoje prioriteti po kojima se angažuju proizvodne jedinice:

1. OIE nemaju troškove proizvodnje i predaju gotovo uvek 100% proizvedene energije
2. Bazne elektrane (termo i nuklearne) obično pokrivaju veći deo potrošnje po niskoj ceni, a imaju veoma mali stepen fleksibilnosti
3. Hidro i gasne elektrane se koriste za balansiranje zbog velike fleksibilnosti

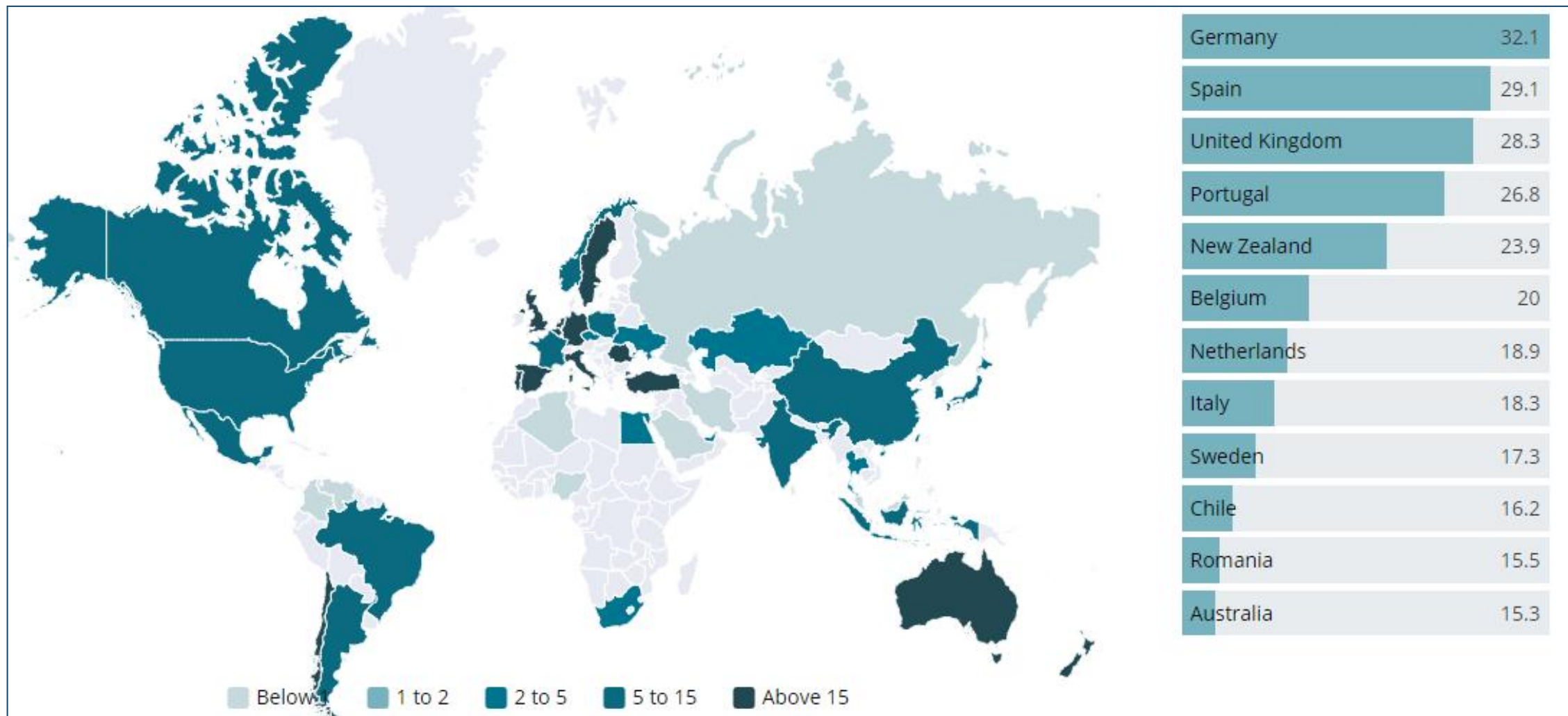
Povećani udeli OIE zahtevaju dodatne fleksibilne resurse za bč Dijagrami proizvodnje i potrošnje [MW]



Koncept balansiranja

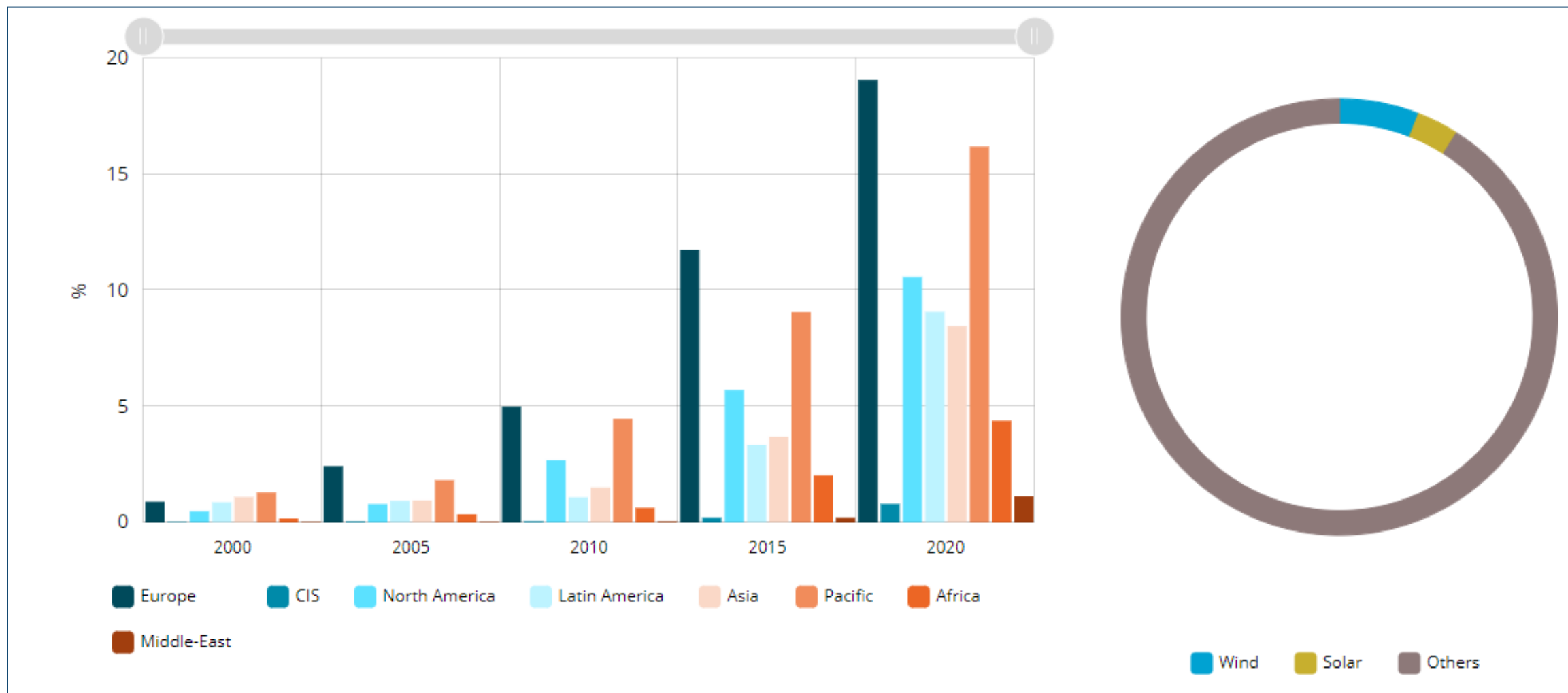


Udeo proizvodnje električne energije iz vetra i sunca [%]

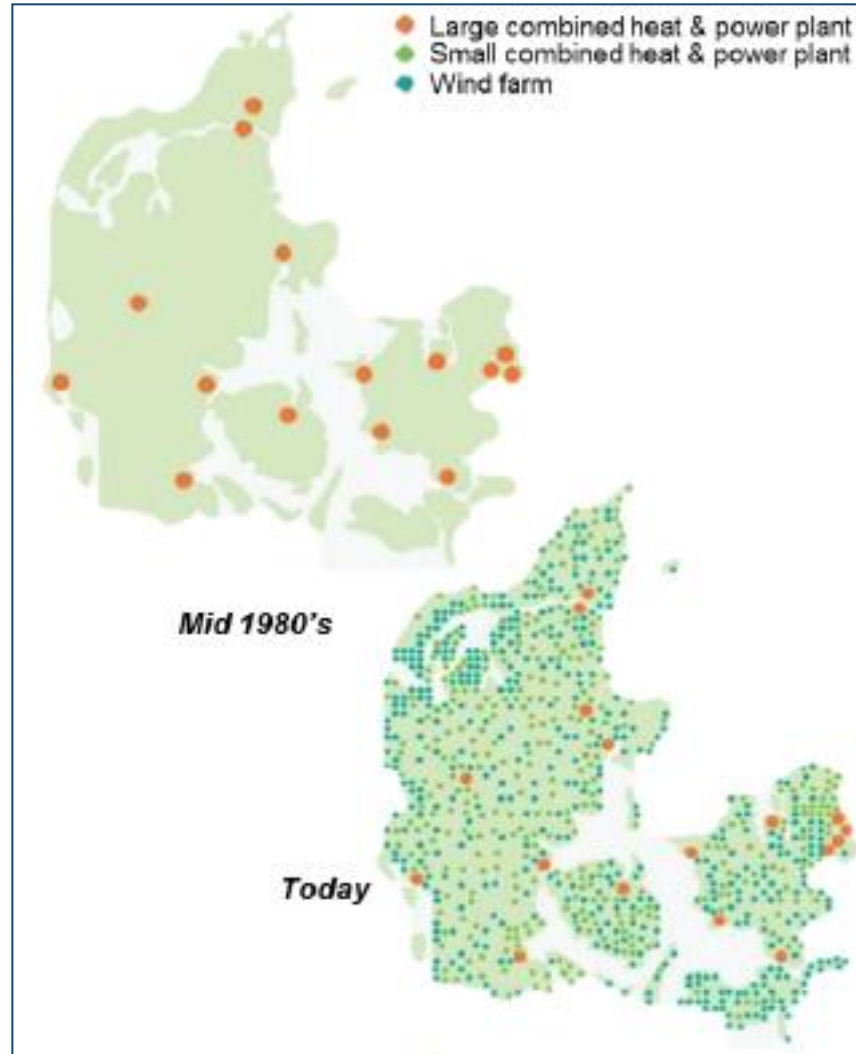




Udeo proizvodnje električne energije iz vetra i sunca [%]



Veliki udeo distribuirane proizvodnje može imati negativne efekte.



Distribuirani resursi:

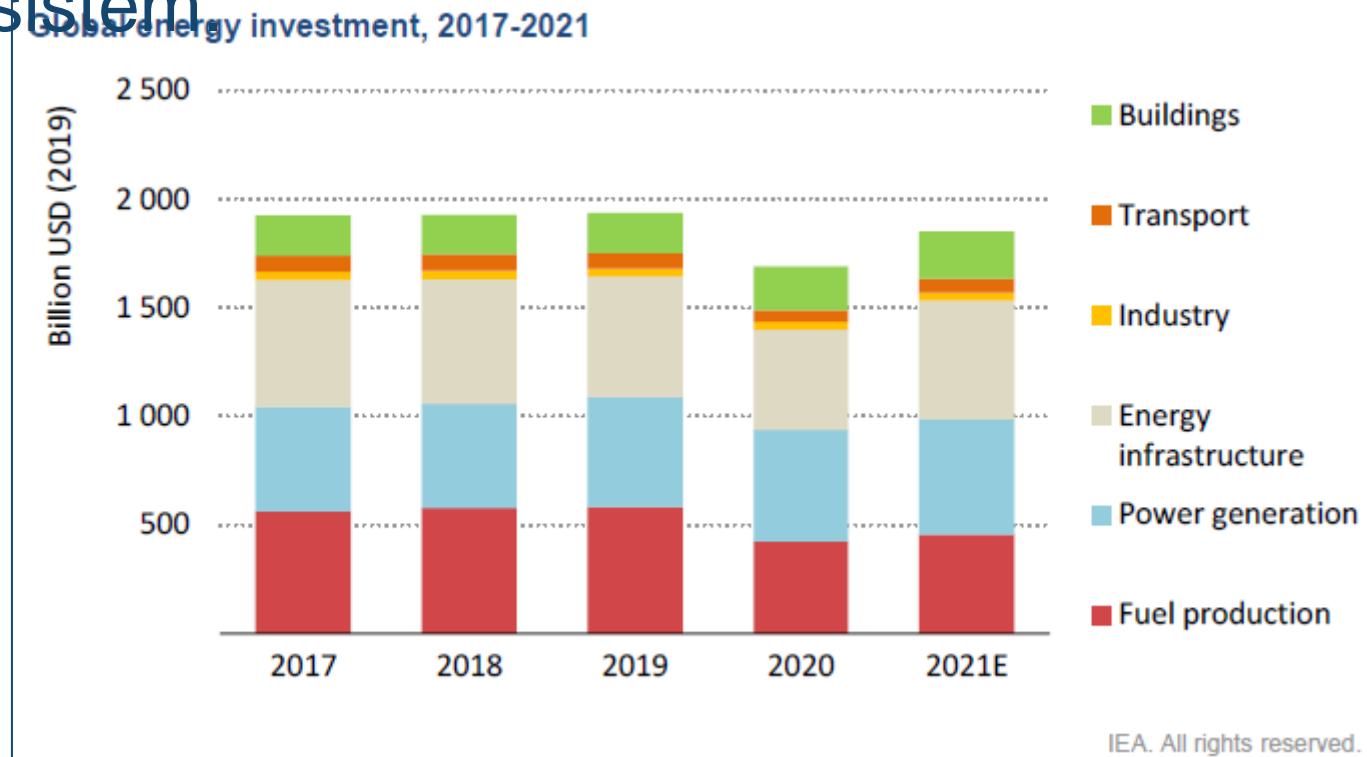
1. Distribuirano generisanje (DG)
 - Upravljivo
 - Neupravljivo (vetar i sunce)
2. Skladištenje električne energije
3. Upravljiva potrošnja

Ograničenja integracije DG:

1. Termički kriterijumi
2. Regulacija napona
 - Niski naponi
 - Visoki naponi
 - Regulatori napona
3. Struja kratkog spoja
4. Promena toka snage
5. Fluktuacije napona i kvalitet el. en.
6. Ostrvski rad
7. Relejna zaštita

Danska je vodeća u nivou

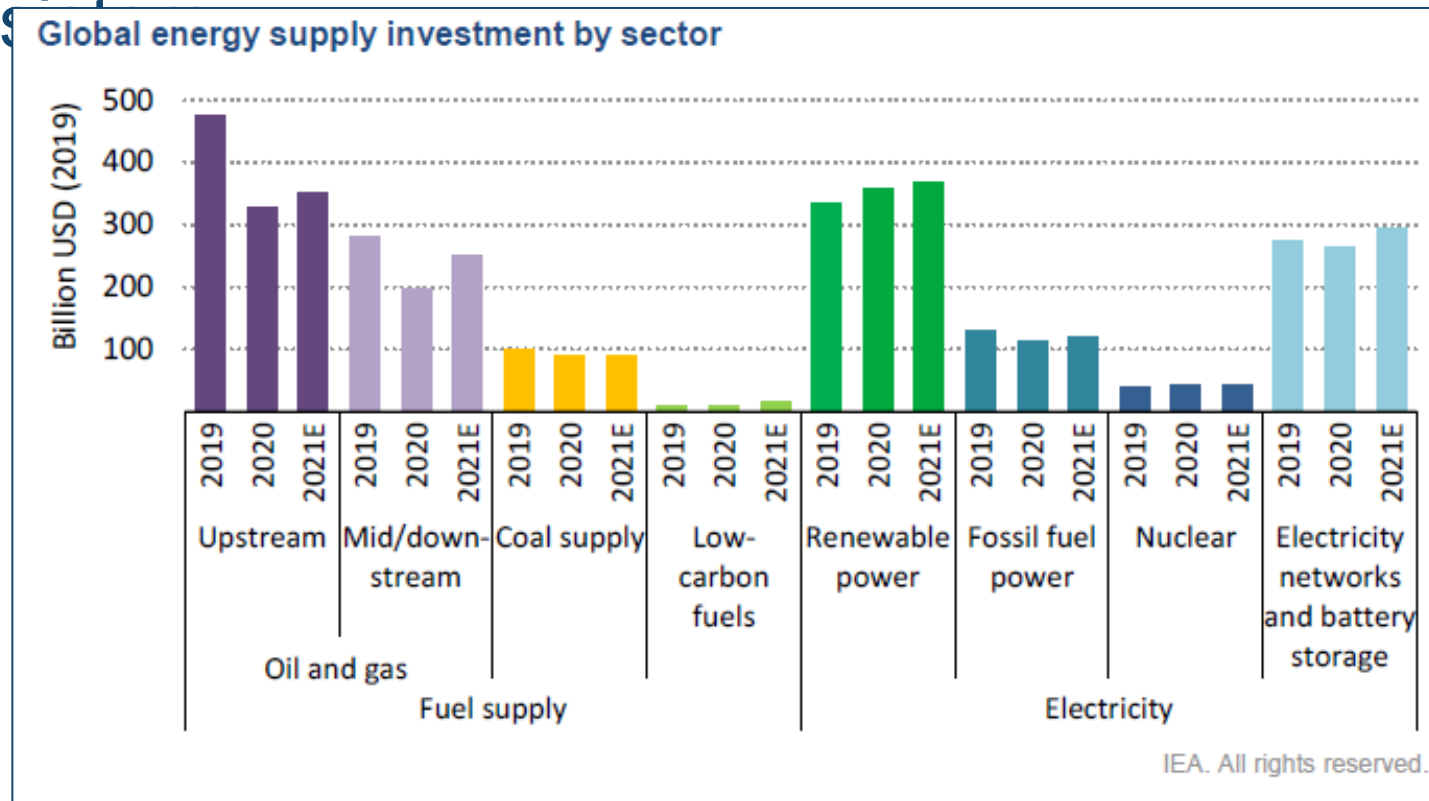
Rešavanje problema modernih EES-a zahteva velika dodatna ulaganja u sistem.



Ulaganja u proizvodnju energije i energetska infrastrukturu predstavlja više od 50% ukupnih ulaganja u energetska sistem.



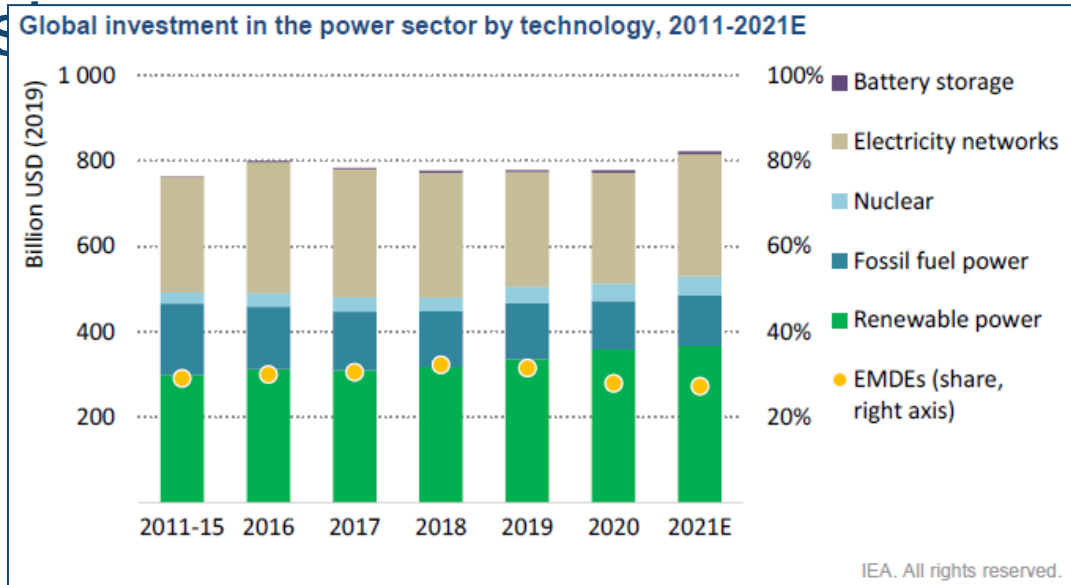
Rešavanje problema modernih EES-a zahteva velika dodatna ulaganja u



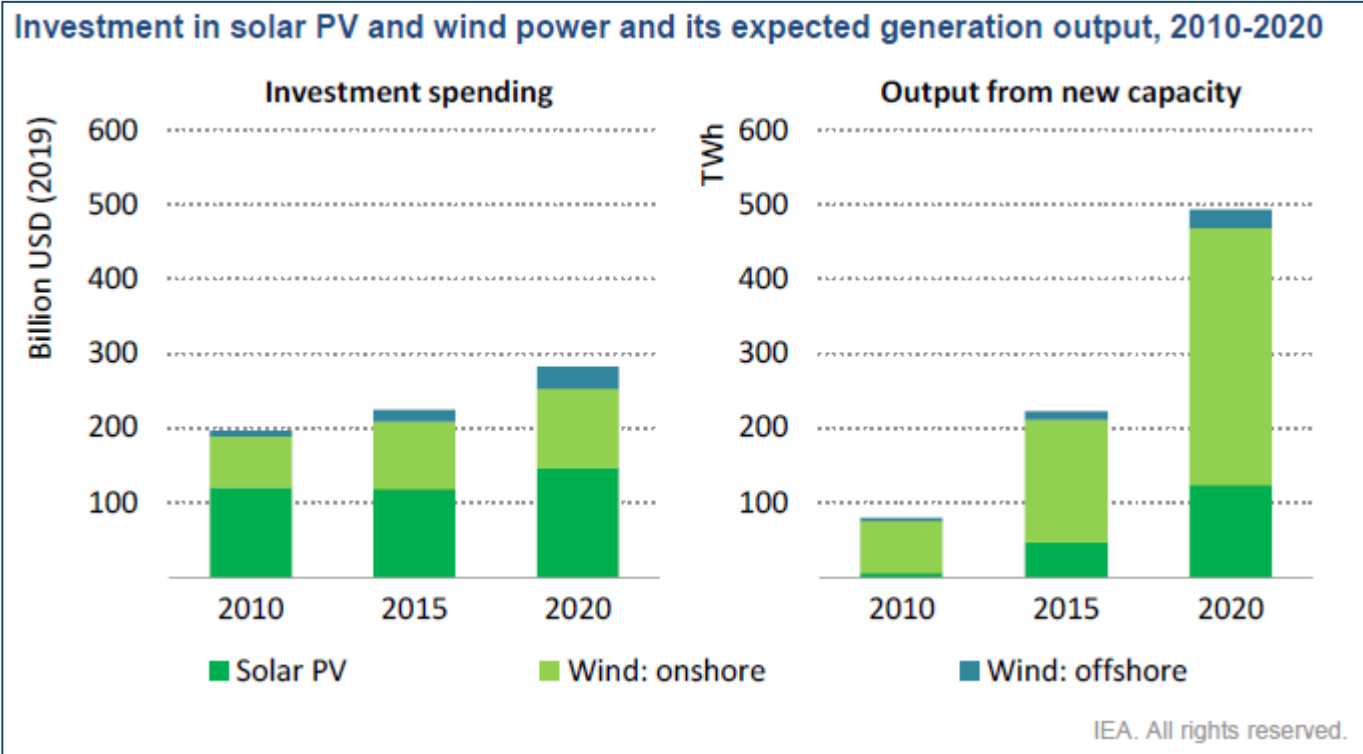
Najveća su ulaganja u obnovljive izvore, skladište električne energije i mrežnu infrastrukturu.



Rešavanje problema modernih EES-a zahteva velika dodatna ulaganja u

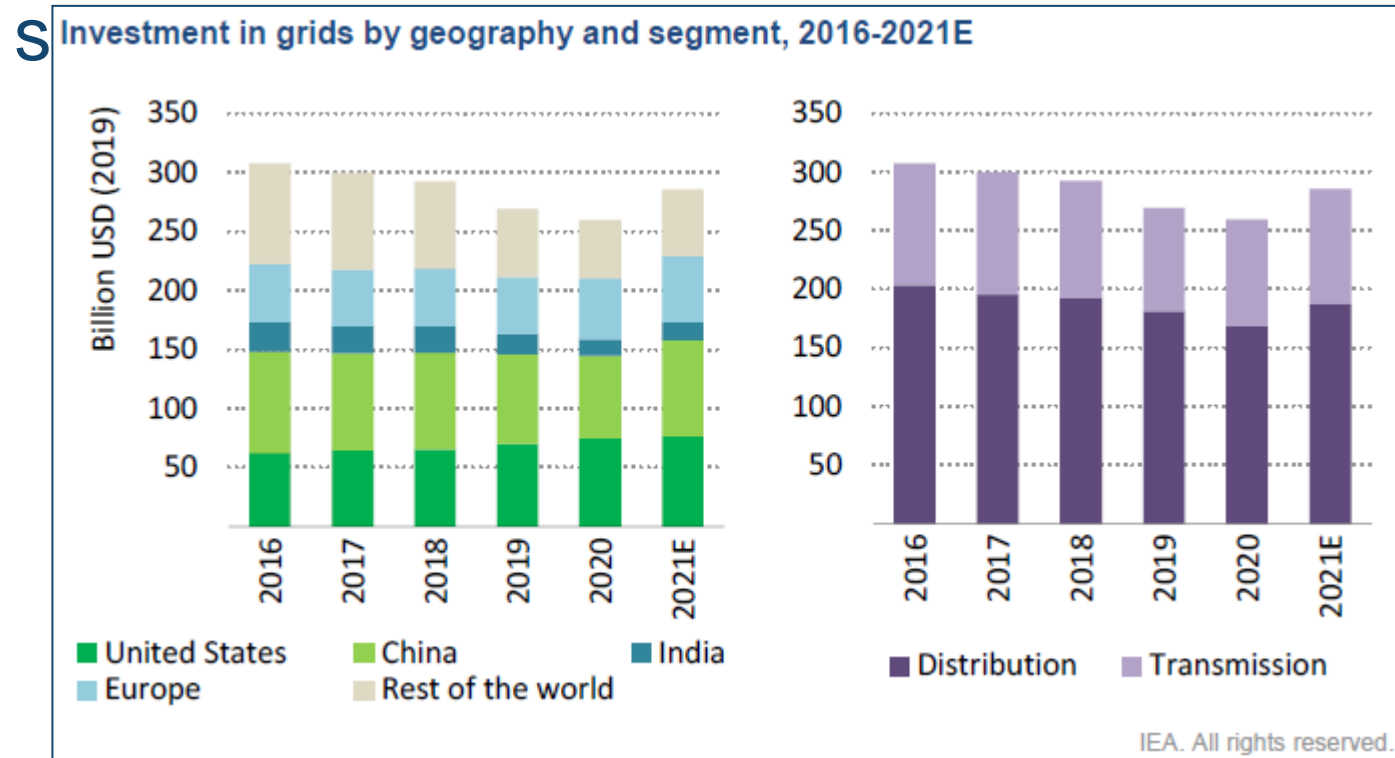


Linearan rast investicija i eksponencijalan rast energije ukazuju na razvoj tehnologije.





Rešavanje problema modernih EES-a zahteva velika dodatna ulaganja u

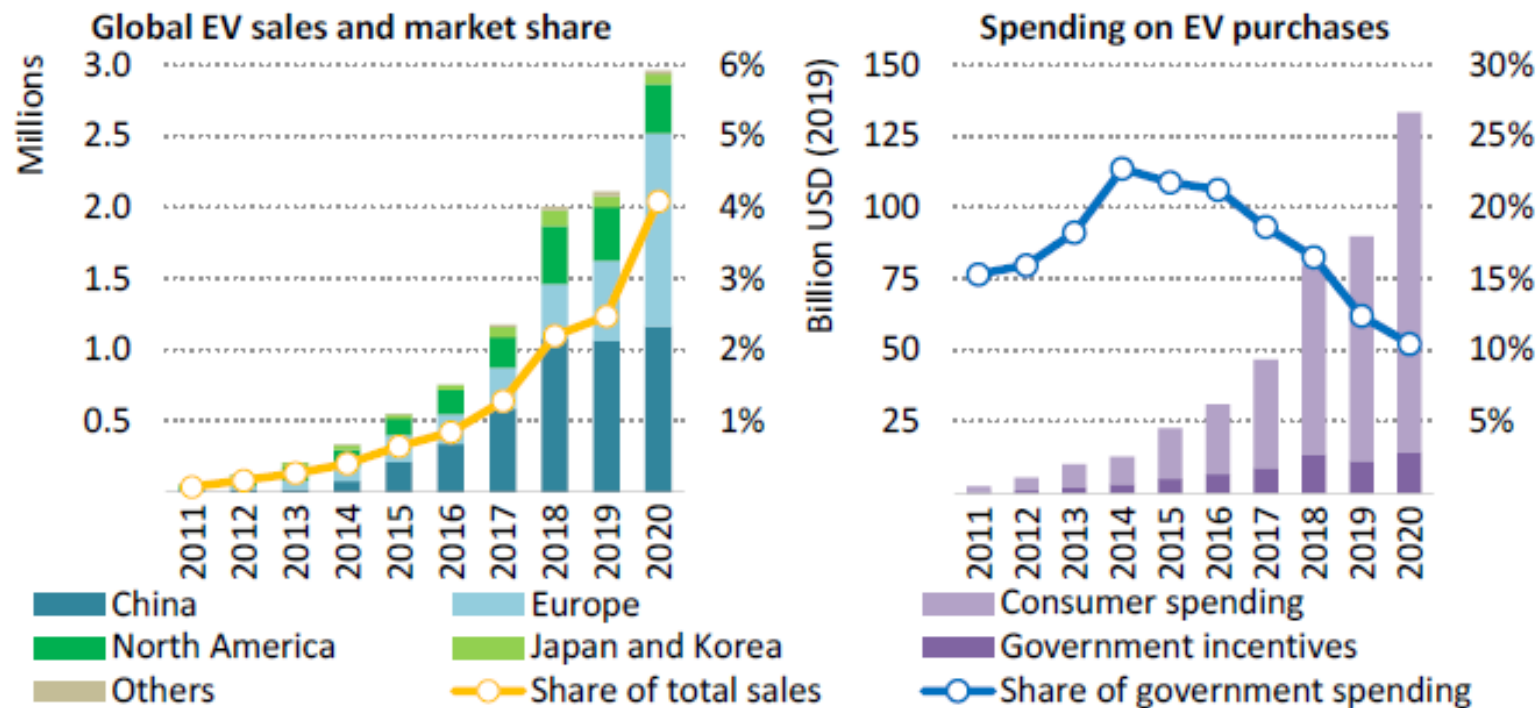


Dominantan je trend ulaganja u distributivni sistem, što pokazuje važnost automatizacije sistema na distributivnom nivou, učešće distribuirane proizvodnje i drugih distribuiranih resursa (EV, DR, ...).



Rešavanje problema modernih EES-a zahteva velika dodatna ulaganja u sistem

Trends in global EV sales and purchase spending



IEA. All rights reserved.

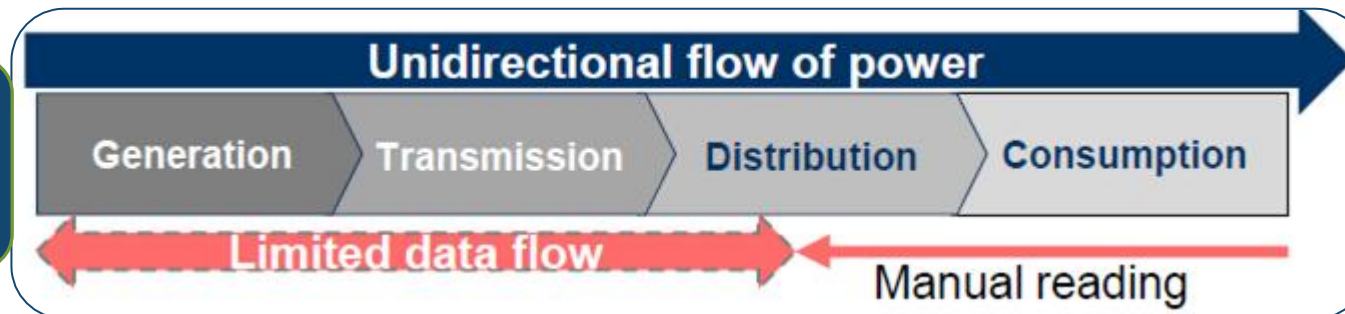
EV rešavaju problem zagađenja životne sredine?

Veliki udeli EV stvaraju dodatne probleme opterećenja mreže i zahtevaju dodatna ulaganja u koordinaciju upravljanja mrežom i koordinaciju punjenja vozila.



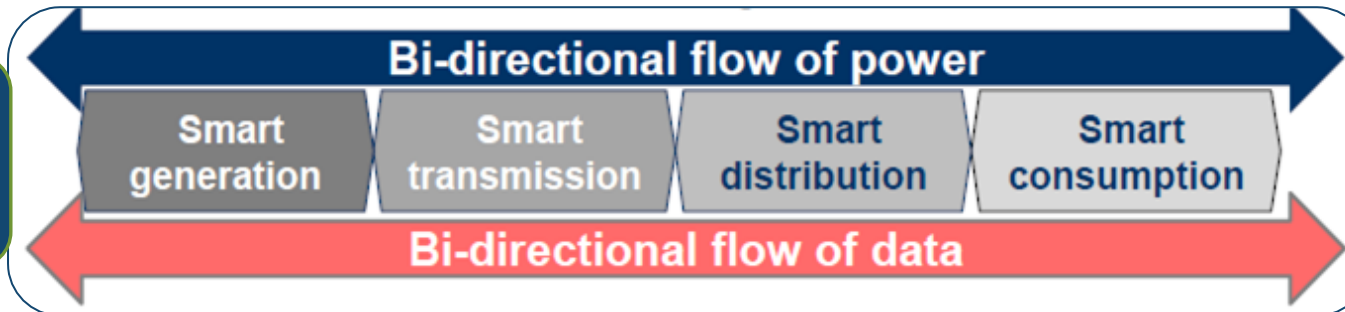
Tradicionalne mreže ne mogu da podrže razvoj tehnologije i rast konzuma

Tradicionalna mreža



- Jednosmeran tok snage
- Proizvodnja u trenutku potrošnje
- Nedostatak merenja

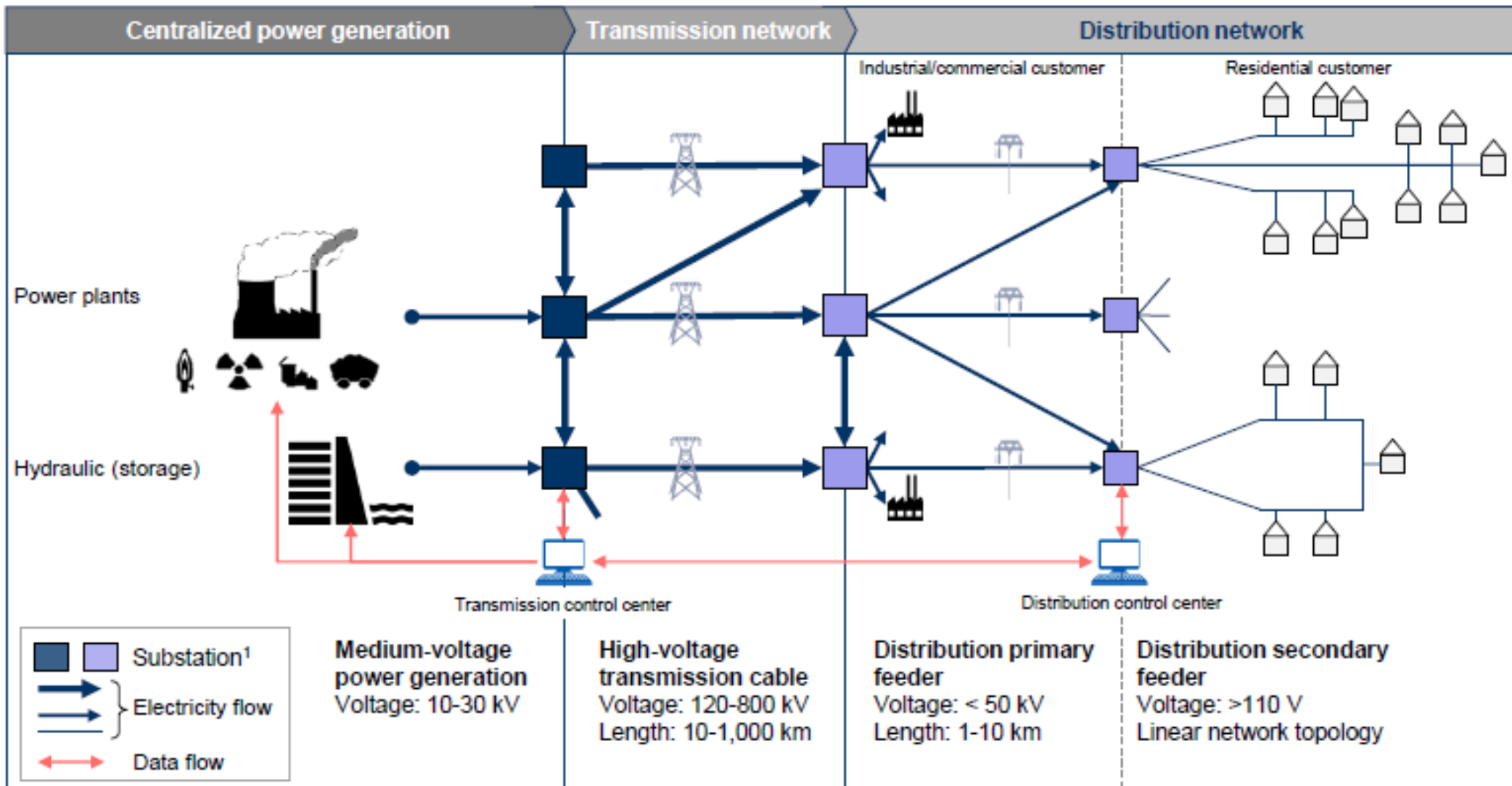
Inteligentna mreža



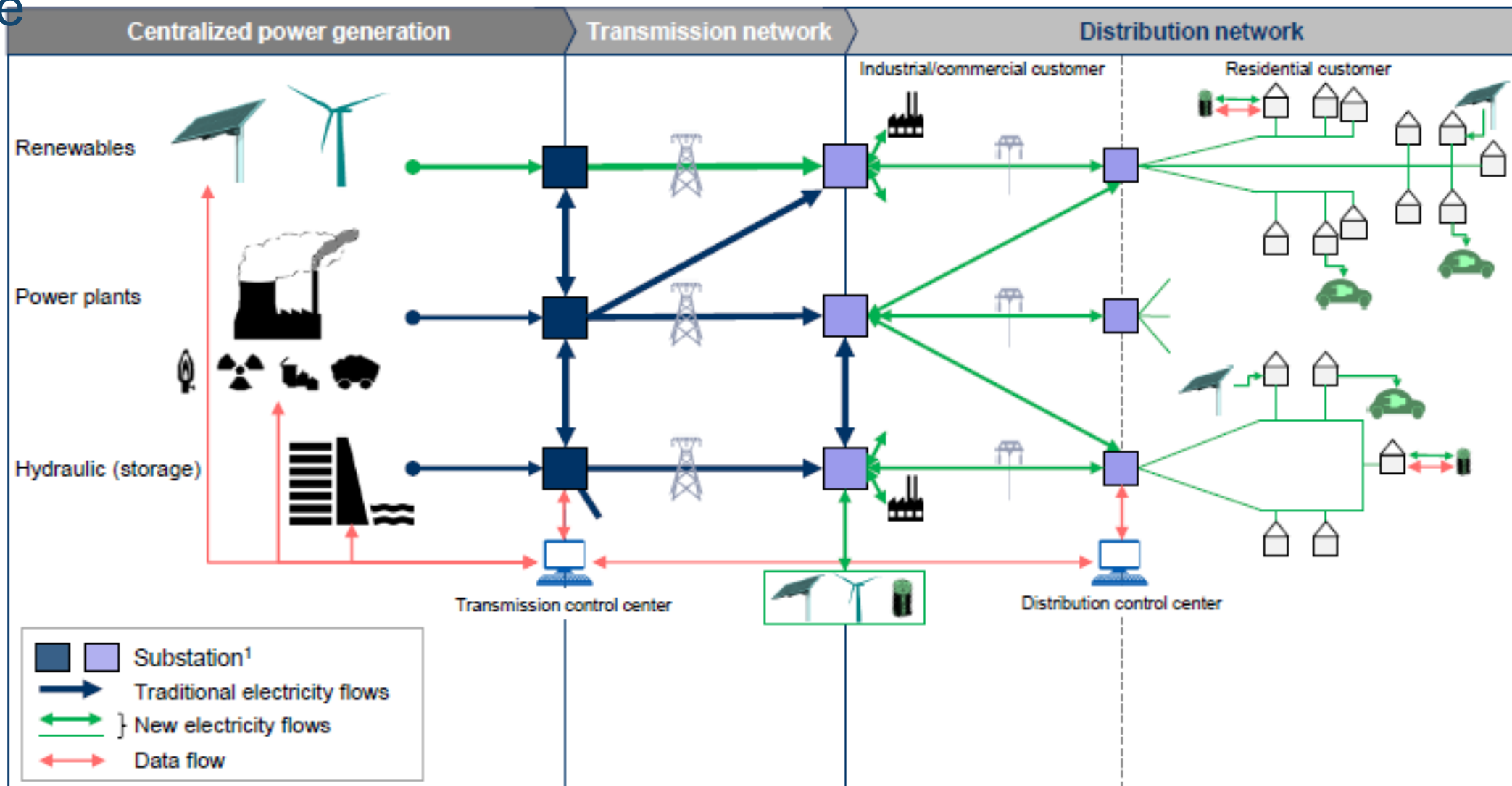
- Sve opcije generisanja i skladištenja
- Aktivno učešće potrošača
- Otvoreno tržište (energije, usluga, CO₂, ...)
- Optimizacija troškova
- Monitoring
- Automatizacija

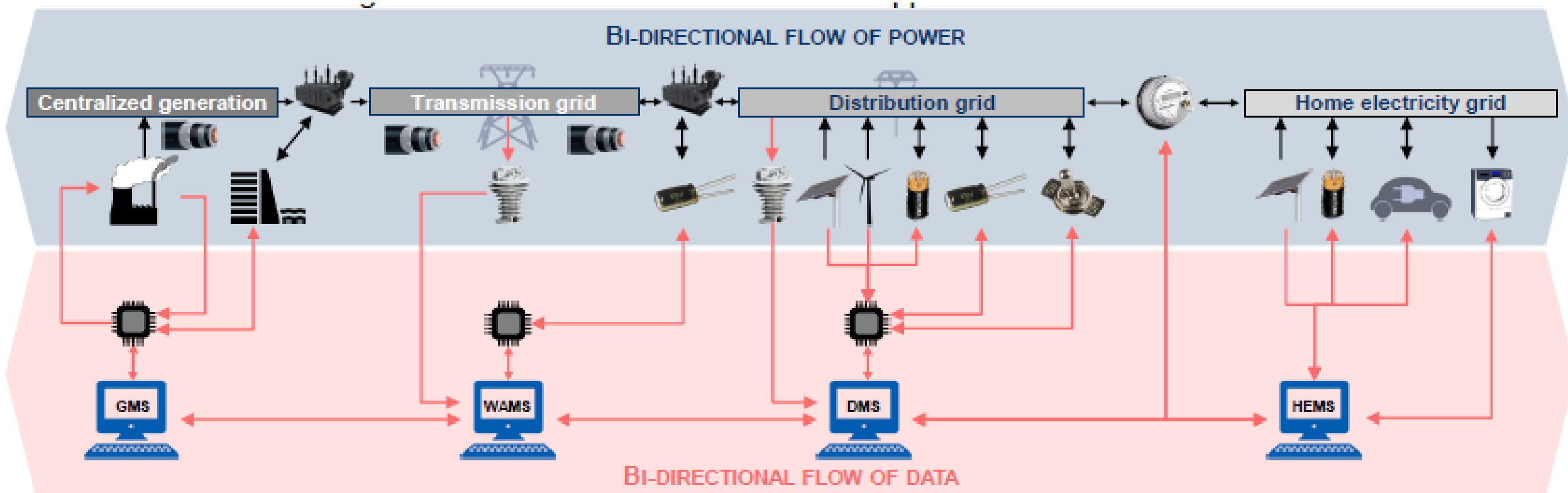


Centralizovana proizvodnja, minimalna komunikacija, jednosmerni tokovi snage



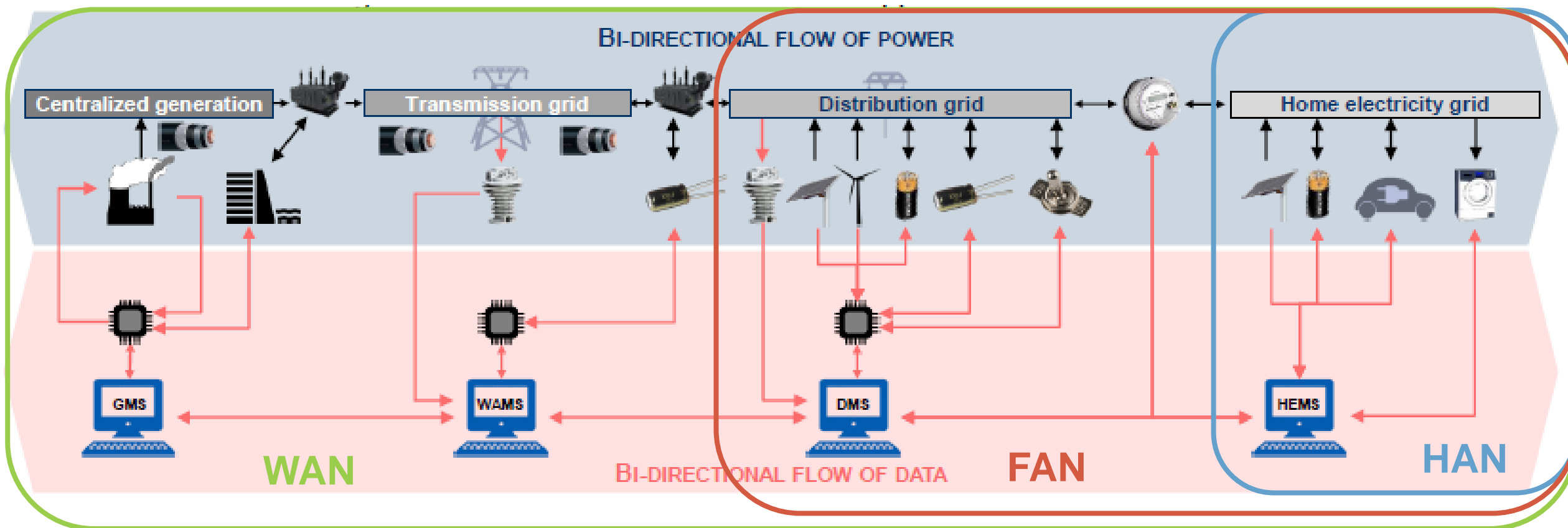
Dodavanje distribuirane i obnovljive proizvodnje zahteva modernizaciju mreže





- Napredni uređaji: DG, baterije, EV, pametni potrošački uređaji, pametni prekidači (reklozeri), napredna regulacija sistema, superprovodnici, senzori i SCADA

- Komunikacija: WAN, FAN, HAN, bežična i žičana (PowerLineCommunication)

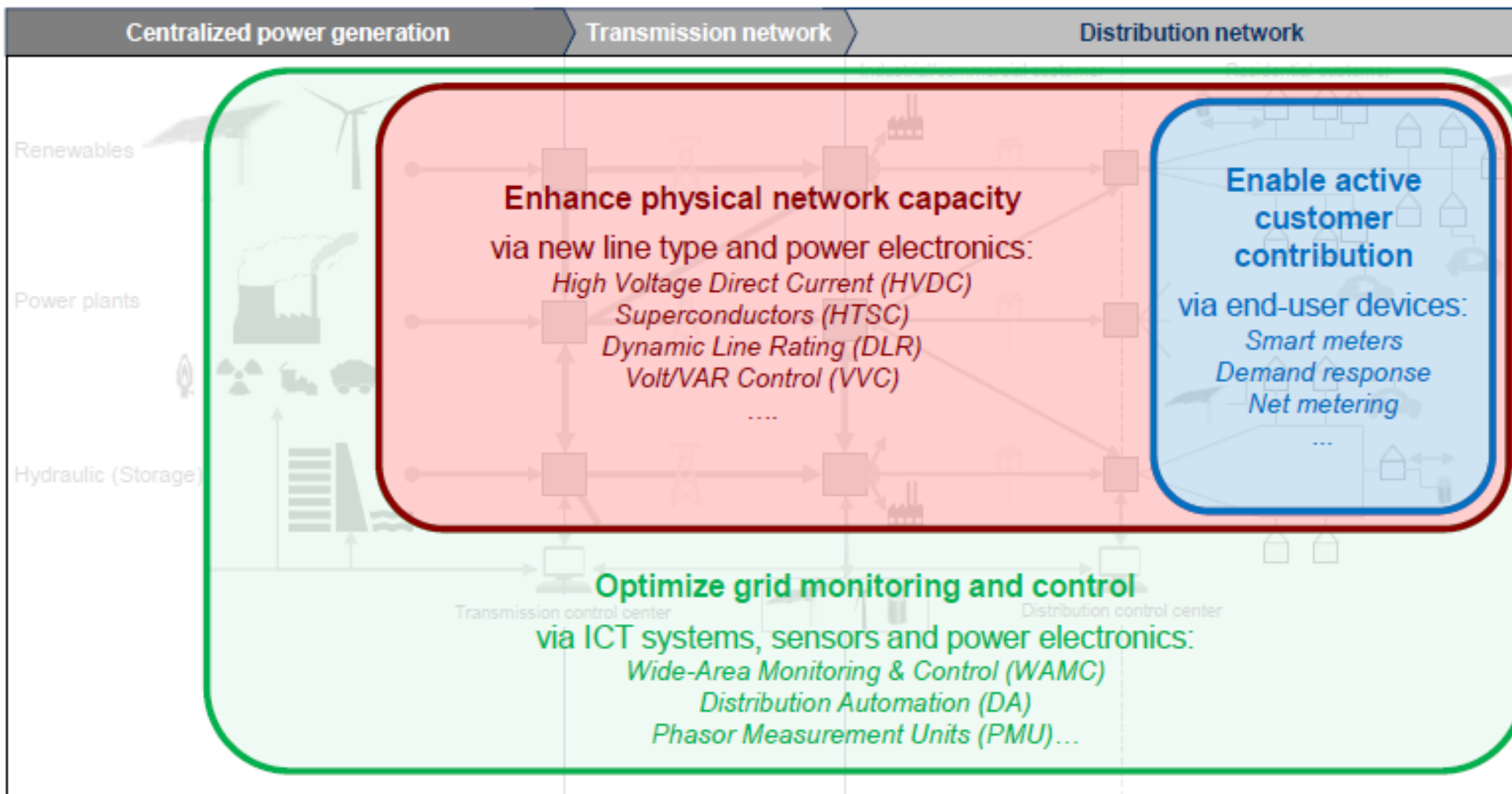


- Napredni uređaji: DG, baterije, EV, pametni potrošački uređaji, pametni prekidači (reklozeri), napredna regulacija sistema, superprovodnici, senzori i SCADA

- Komunikacija: WAN, FAN, HAN, bežična i žičana (PowerLineCommunication)



Razvoj inteligentnih mreža se može posmatrati kroz tri osnovna aspekta



Učešće potrošnje

Povećanje kapaciteta mreže

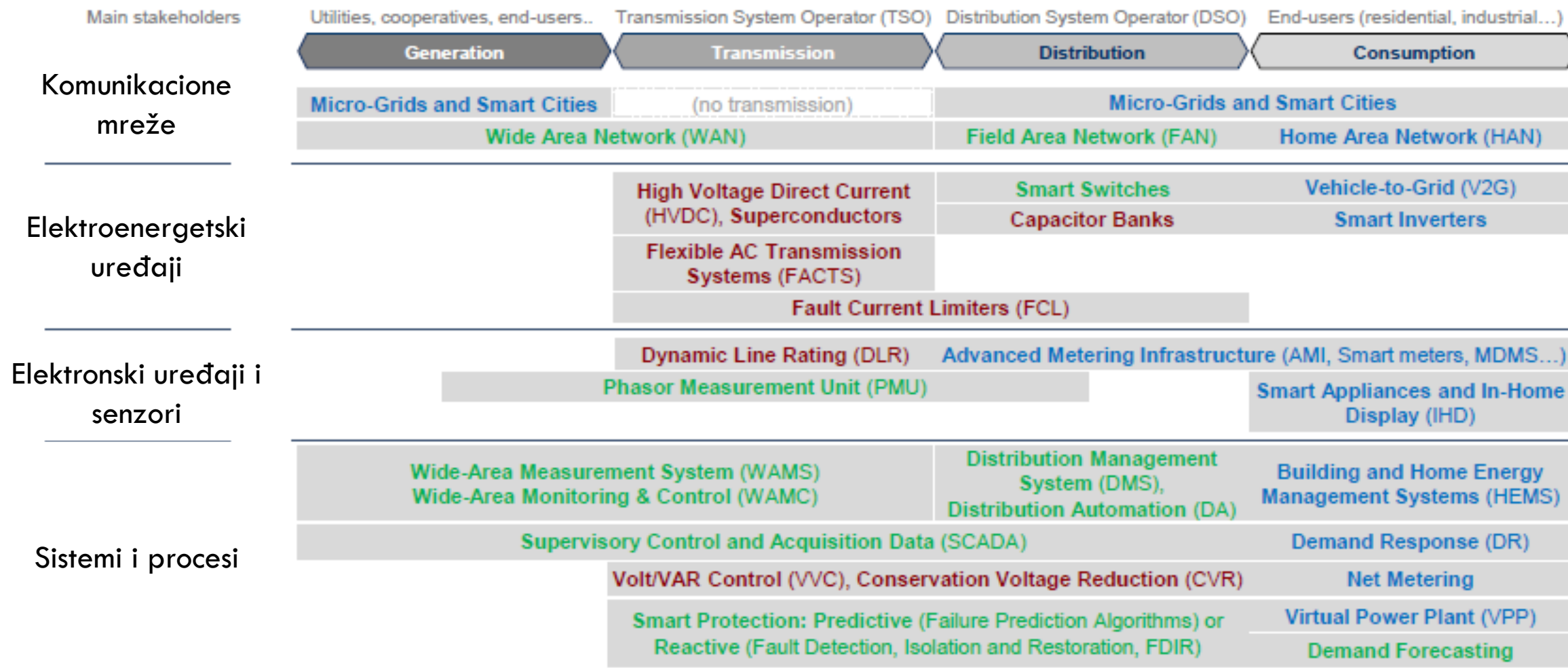
Optimizacija monitoringa i upravljanja

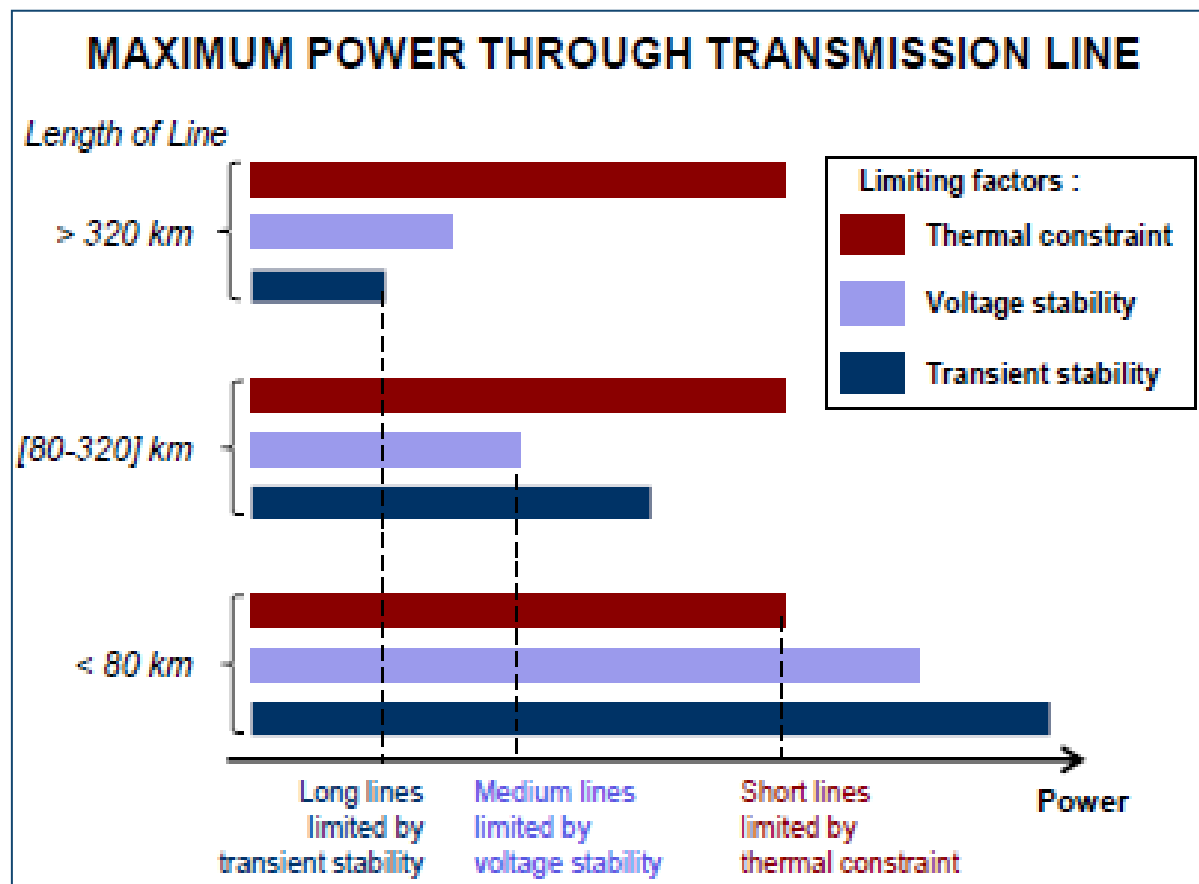


Učešće potrošnje

Optimizacija monitoringa i upravljanja

Povećanje kapaciteta mreže



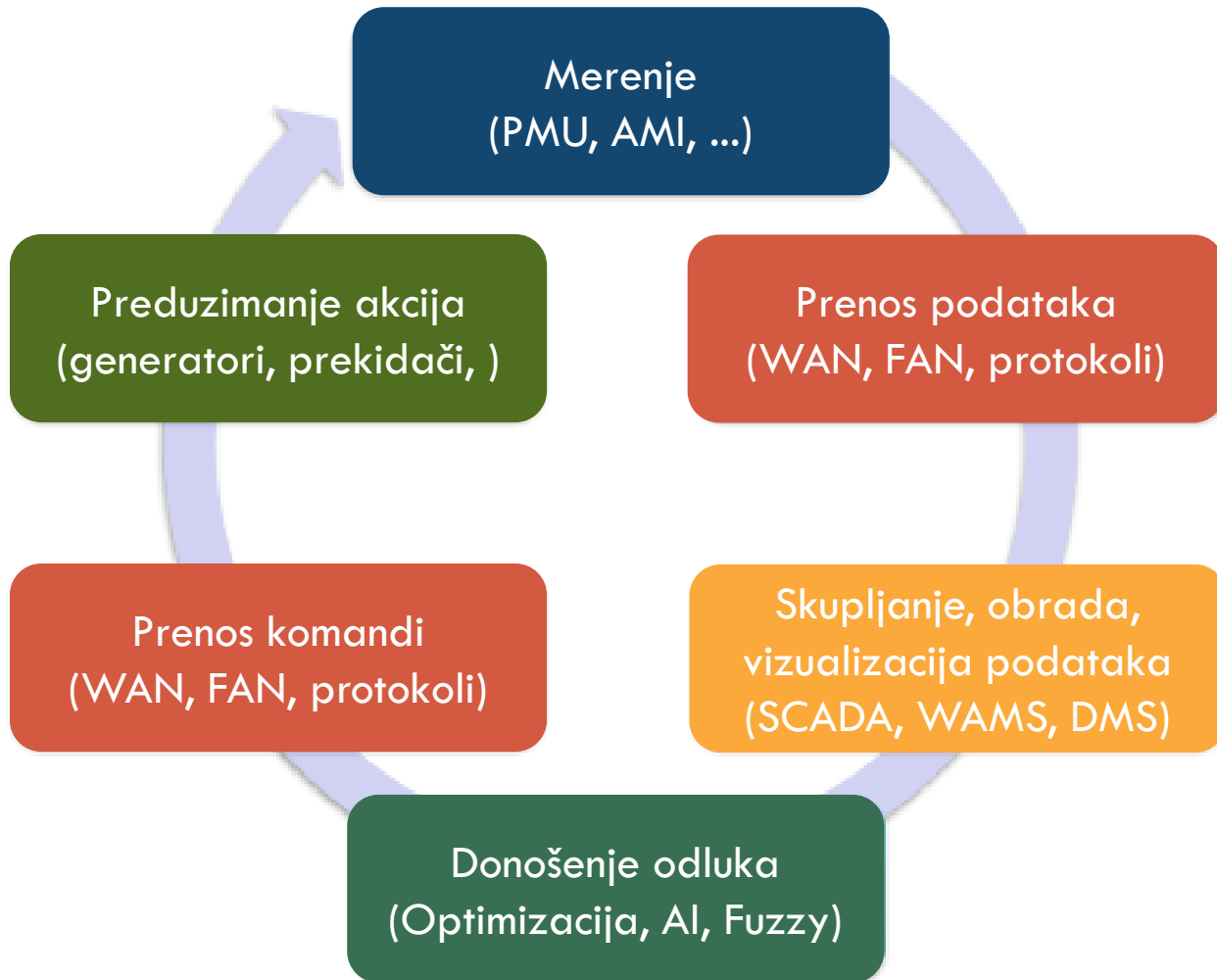


Načini povećanja kapaciteta

1. Primena viših naponskih nivoa
2. Primena DC prenosa (HVDC)
3. Primena dinamičke opteretljivosti vodova (DLR)
4. Ograničenje struje kratkog spoja

Benefiti:

1. Povećanje kapaciteta prenosa i distribucije
2. Smanjenje gubitaka

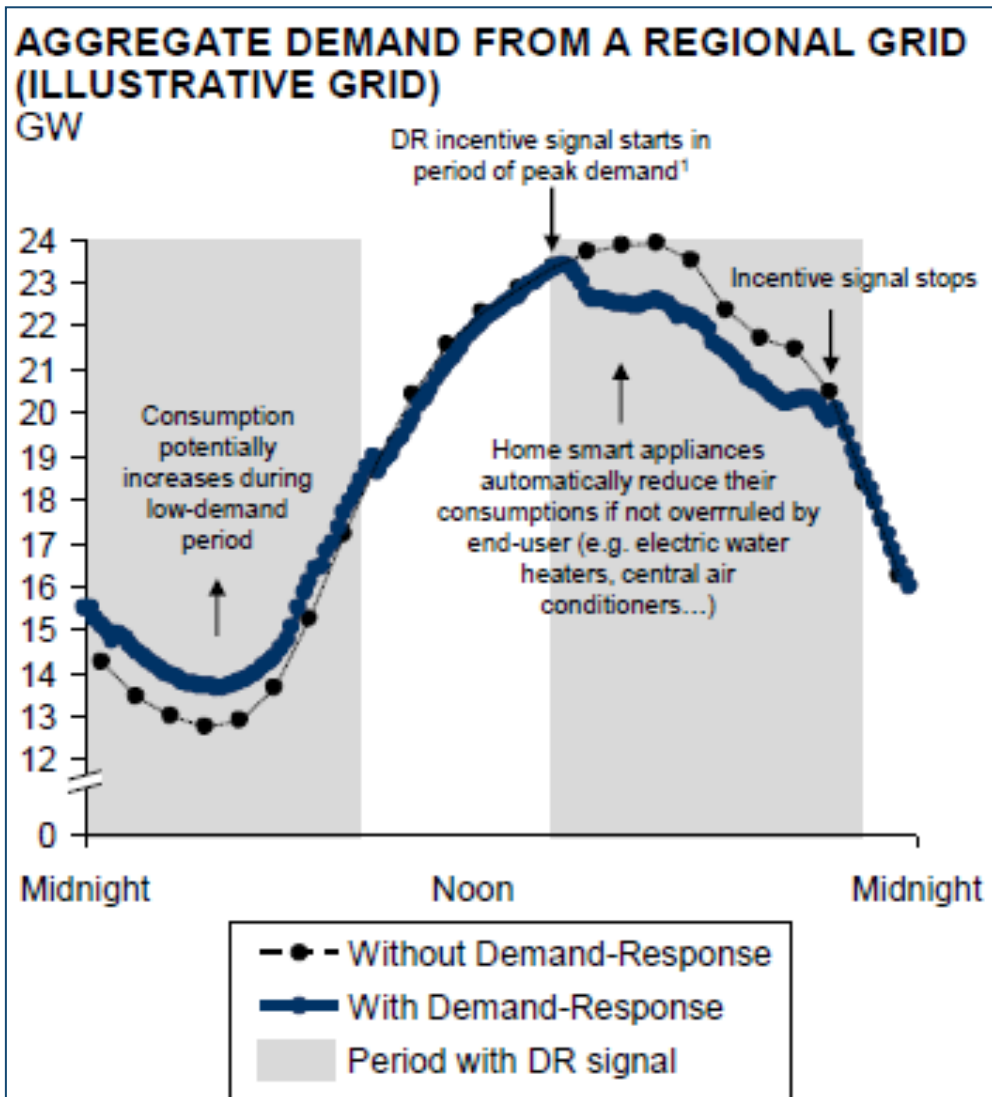


Načini monitoringa i upravljanja

1. WAMC (Wide Area Monitoring and Control)
2. DA (Distribution Automation)

Benefiti:

1. Poznavanje stanja mreže u realnom vremenu
2. Mogućnost automatskog reagovanja mreže na poremećaje u realnom vremenu
3. Povećanje pouzdanosti
4. Smanjenje i alokacija gubitaka



Upravljanje potrošnjom

1. DSM (Demand Side Management)
2. DR (Demand Response)

Benefiti za potrošača:

1. Smanjenje računa za el. energiju
2. Naknada za systemske usluge

Benefiti za operatora sistema (ODS, DSO)

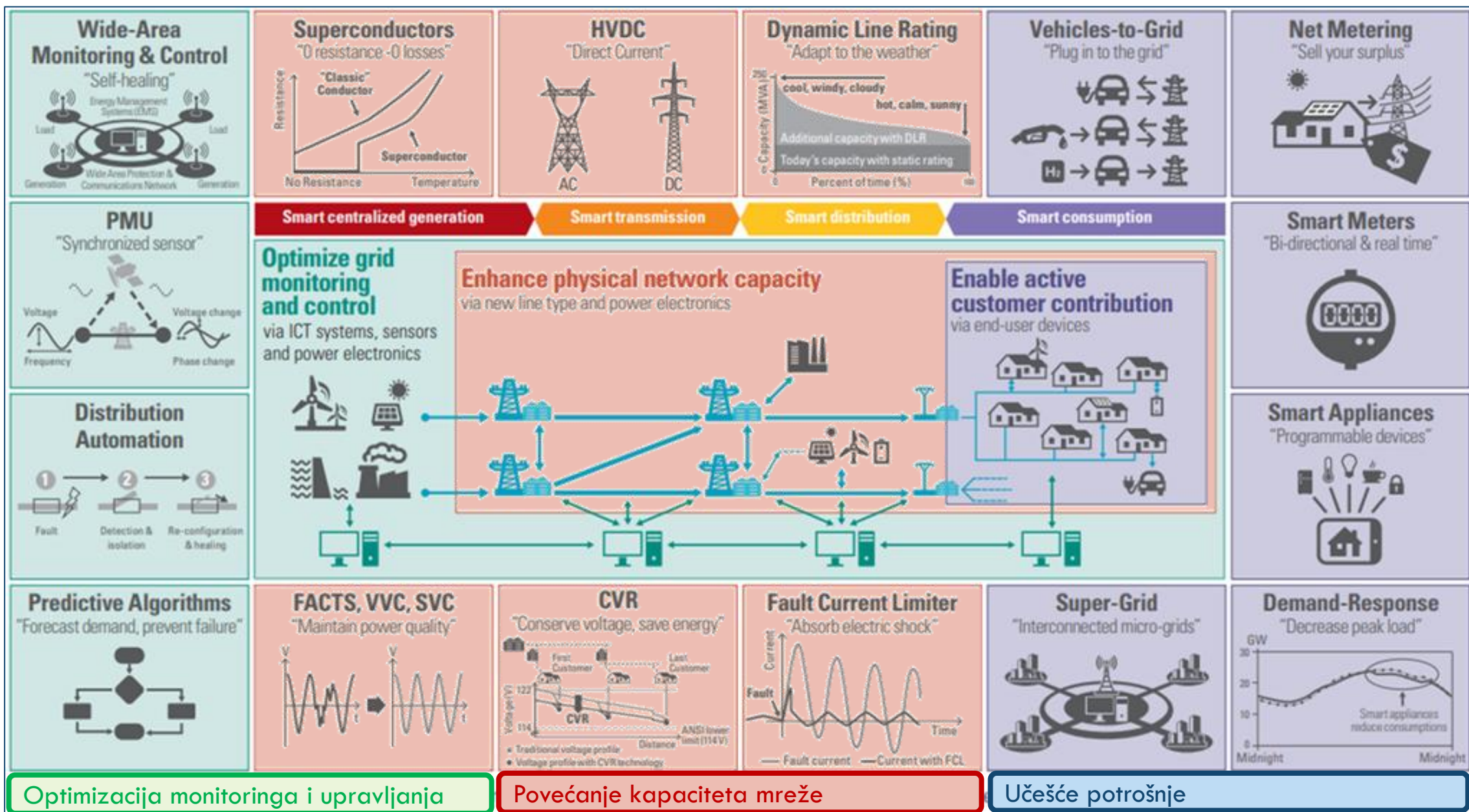
1. Povećani upravljački resursi
2. Smanjenje vršnih opterećenja
3. Veća pouzdanost prognoze potrošnje



Mikromreže su autonomni delovi mreže koji sadrže mali broj proizvodnih i potrošačkih jedinica, u idealnom slučaju i skladišta električne energije. Ovakve mreže po definiciji mogu da rade u izolovanom radu uz visok stepen automatizacije da bi se održala stabilnost rada.

Pametni gradovi su autonomni delovi mreže koji sadrže veći broj proizvodnih i potrošačkih jedinica, kao i skladišta električne energije. Ovakve mreže po definiciji predstavljaju interkonekciju većeg broja mikromreža.

Super mreže su autonomni delovi EES-a koji sadrže veliki broj proizvodnih i potrošačkih jedinica, kao i skladišta električne energije. Ovakve mreže po definiciji predstavljaju interkonekciju većeg broja pametnih gradova.



Optimizacija monitoringa i upravljanja

Povećanje kapaciteta mreže

Učešće potrošnje



Uticaoaj na mrežu

- Kapitalni troškovi
- Eksploatacija i održavanje

Uticaoaj na potrošača

- Kvalitet usluge
- Troškovi opreme
- Računi za el. en.

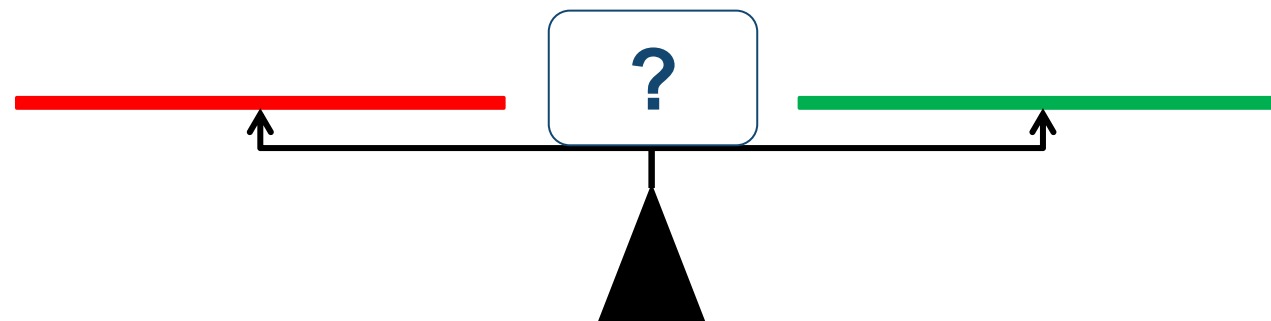
Socijalni uticaoaji

- Uticaoaj na životnu sredinu
- Indirektni ekonomski uticaoaj

EU AND U.S. CLIMATE POLICIES

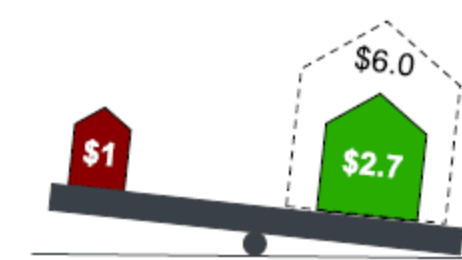
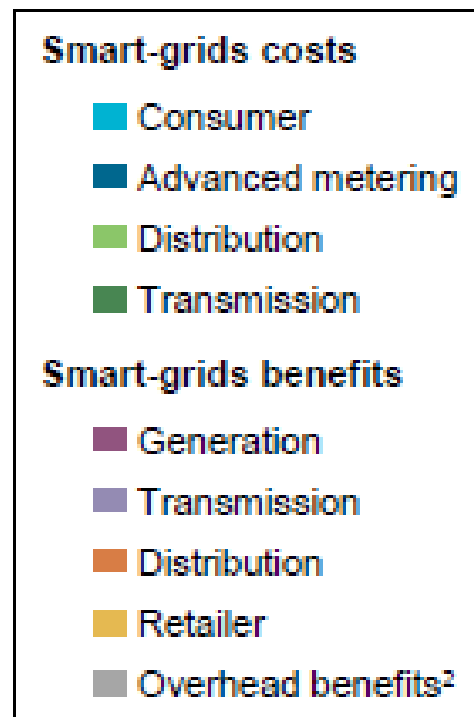
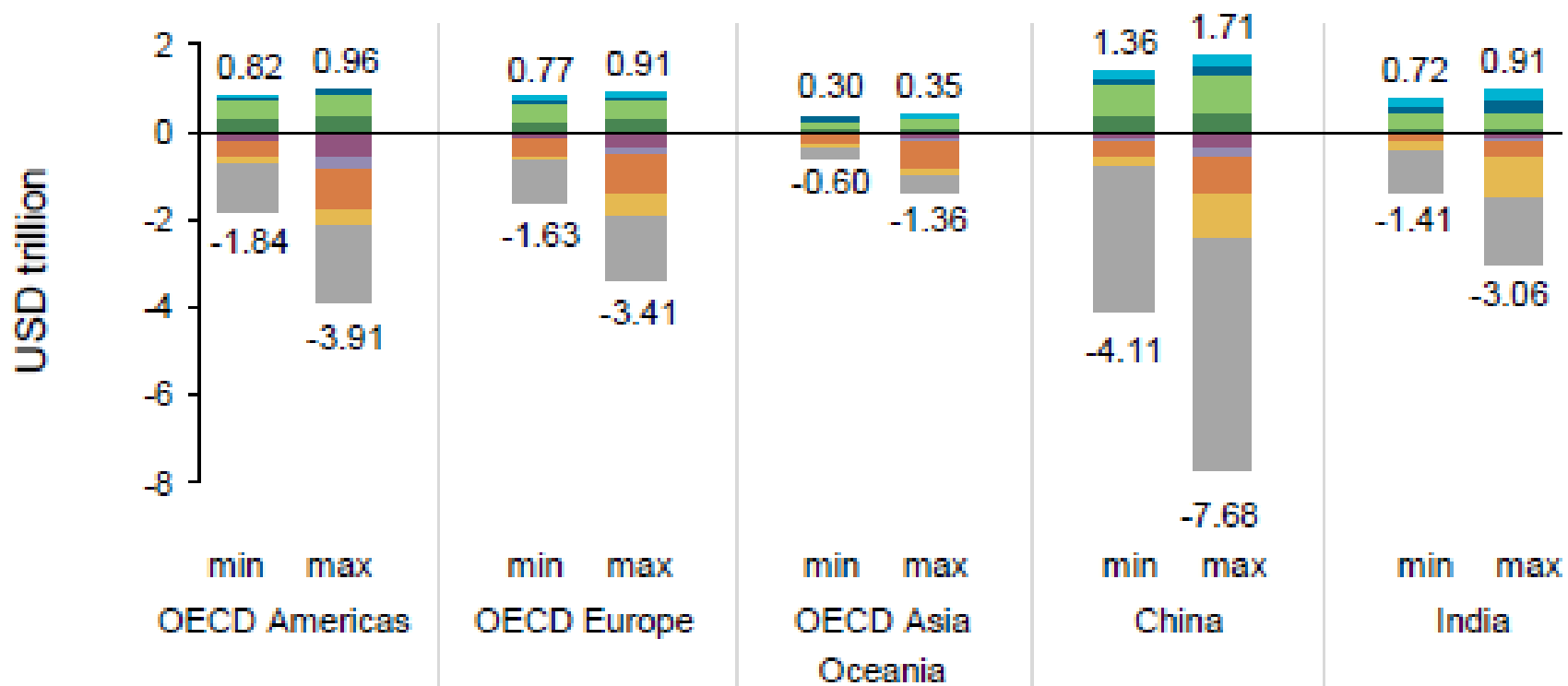
EU policy 🌐	2030 target	2050 target
GHG emissions-reduction target ²	40%	80-95%
Renewable energy (% of total energy production)	30%	-
Energy savings (% of primary energy)	20%	-

U.S. Policy 🇺🇸	2020 target	2050 target
GHG emissions-reduction target ³	17%	83%
Renewable energy (% of total energy production)	20%	-
Energy savings (% of primary energy)	5%	-

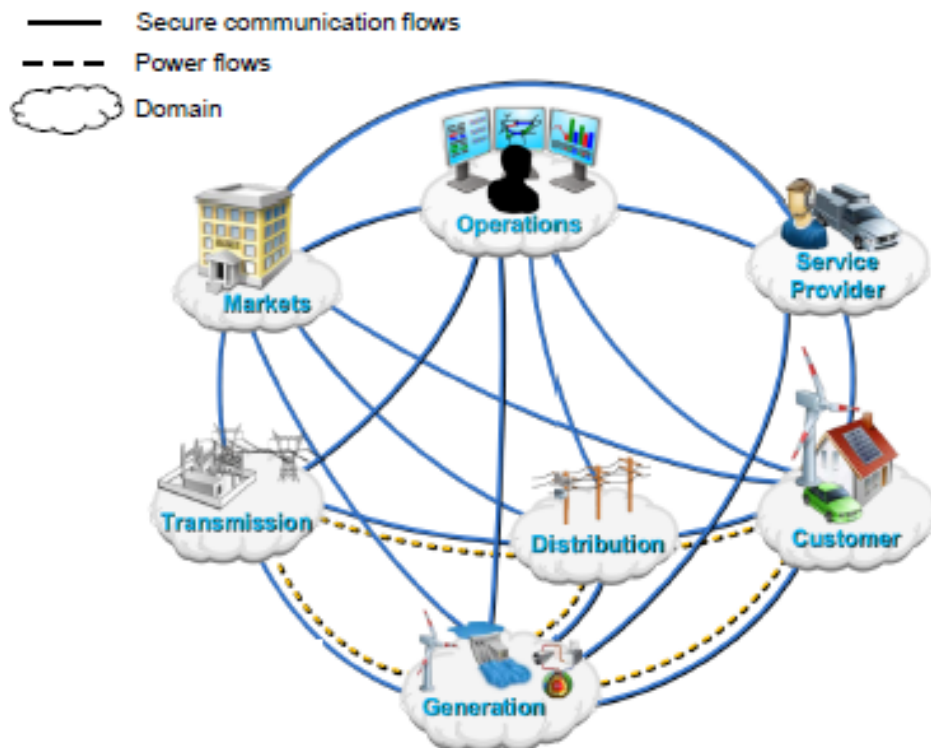




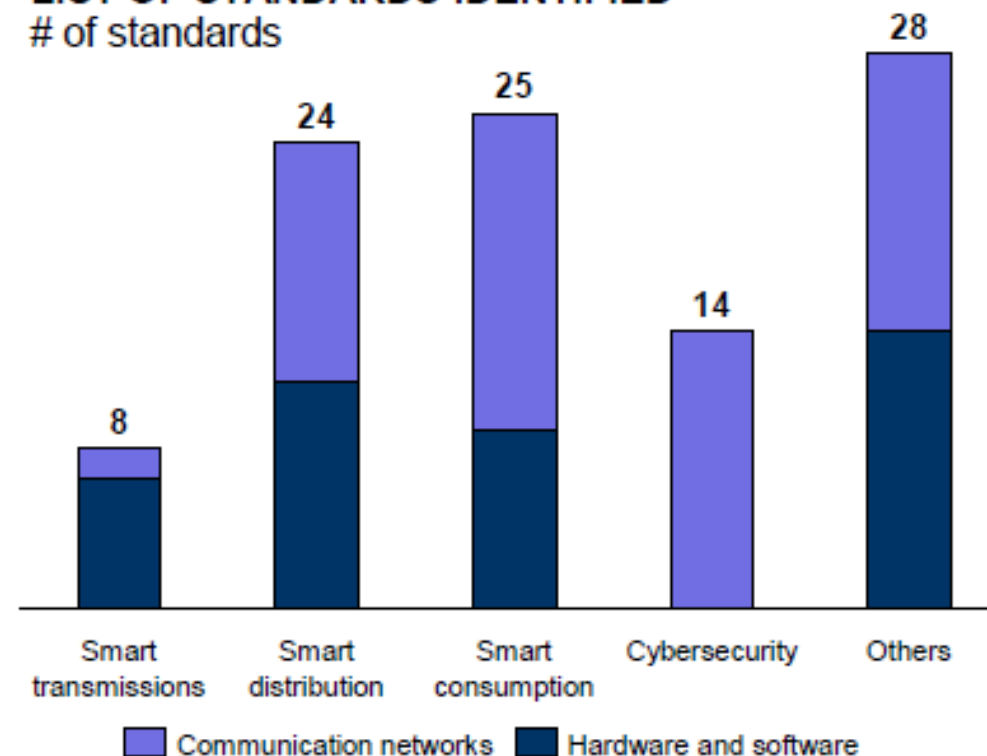
Cost-Benefit analiza inteligentnih mreža do 2050 [IEA]



INTERFACES IN THE ELECTRICITY GRID OF THE FUTURE



LIST OF STANDARDS IDENTIFIED # of standards



- Kompatibilnost
- Interoperabilnost
- Usvajanje novih tehnologija
- Brza implementacija



Najčešće korišćeni standardi i protokoli:

- Kontrola i WAMS:

IEC 61970, IEC 61968, IEC 60870-6, IEC 62325, Multispeak, OPC UA, C37.118

- Automatizacija distributivnih mreža:

IEC 61850, IEEE C37.1, IEEE 1379, IEEE 1646, DNP3, Modbus, COMTRADE, PQDIF, Fieldbus, PROFIBUS

- Distribuirani resursi i DR:

IEC 61400, DRBiznet, OpenADR, IEEE 1547

- Merenja

ANSI C12, M-Bus

- Električna vozila

SAE J1772, SAE J 2293, SAE J2836, SAE J2847, SAE J2931, SAE J2953

- Cyber security

AMI-SEC, NERC CIP, 3, NISTIR 7628, IEC 62351

INTELIGENTNE ELEKTROENERGETSKE MREŽE



ETF
BEOGRAD

GORAN DOBRIĆ

