



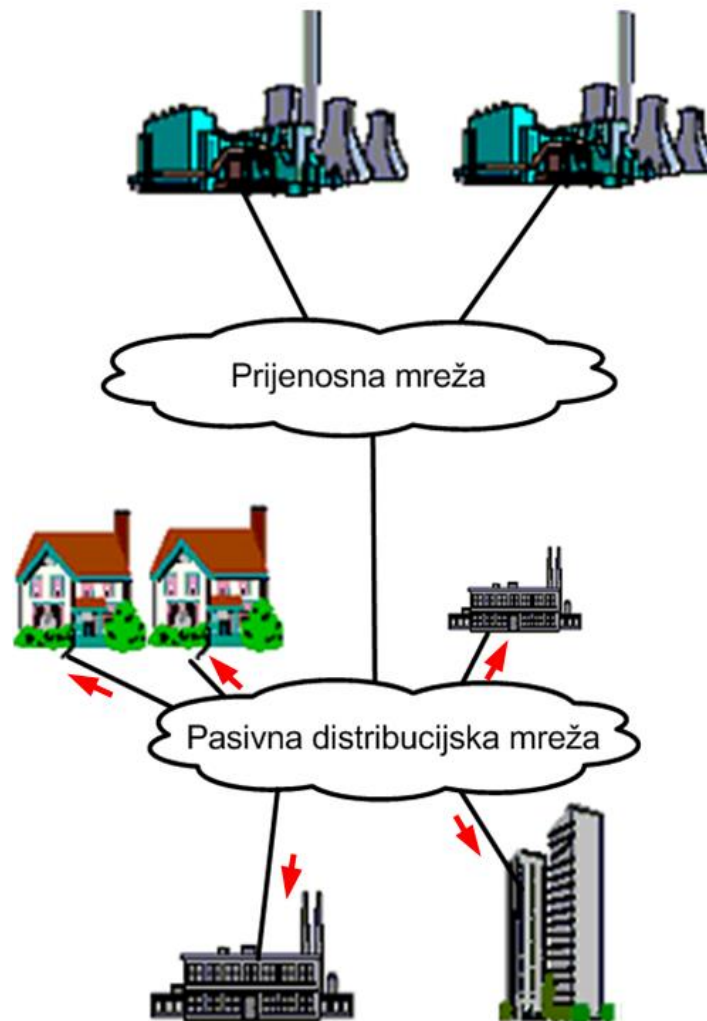
Estimacija stanja distribucijskih elektroenergetskih mreža

Jakov Krstulović Opara

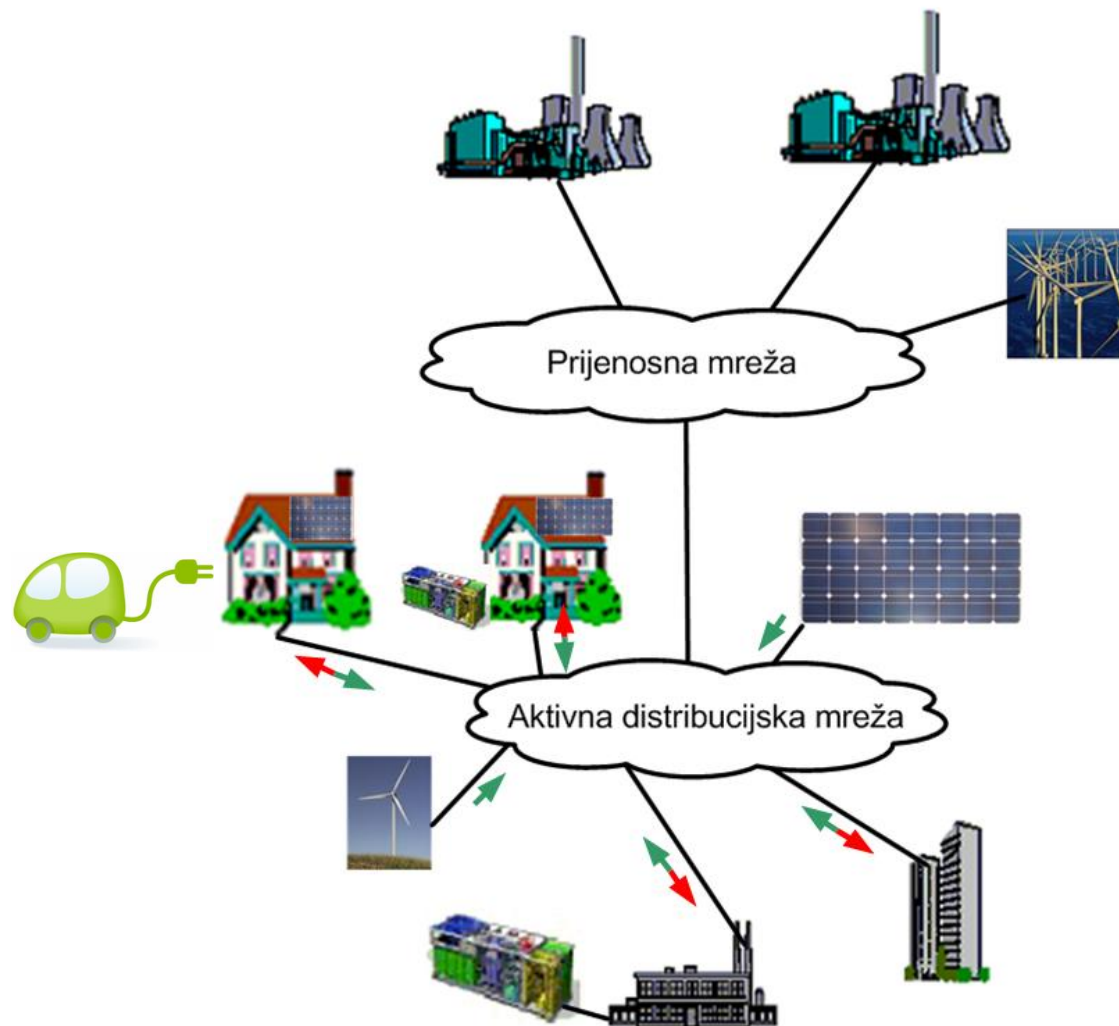
Zavod za Elektroenergetiku, FESB

jkrstulo@fesb.hr

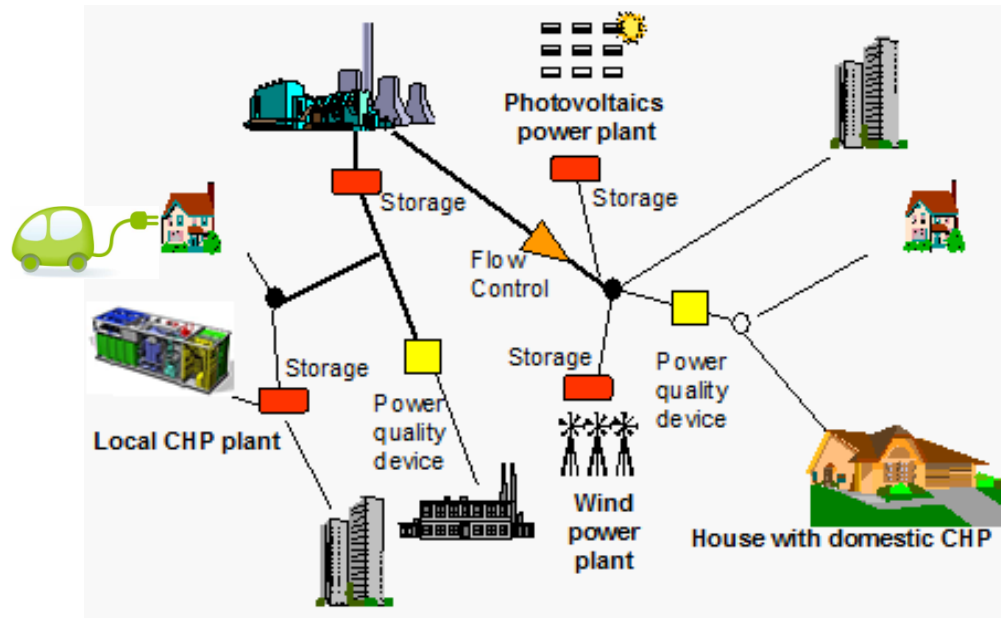
EES danas \Rightarrow sutra



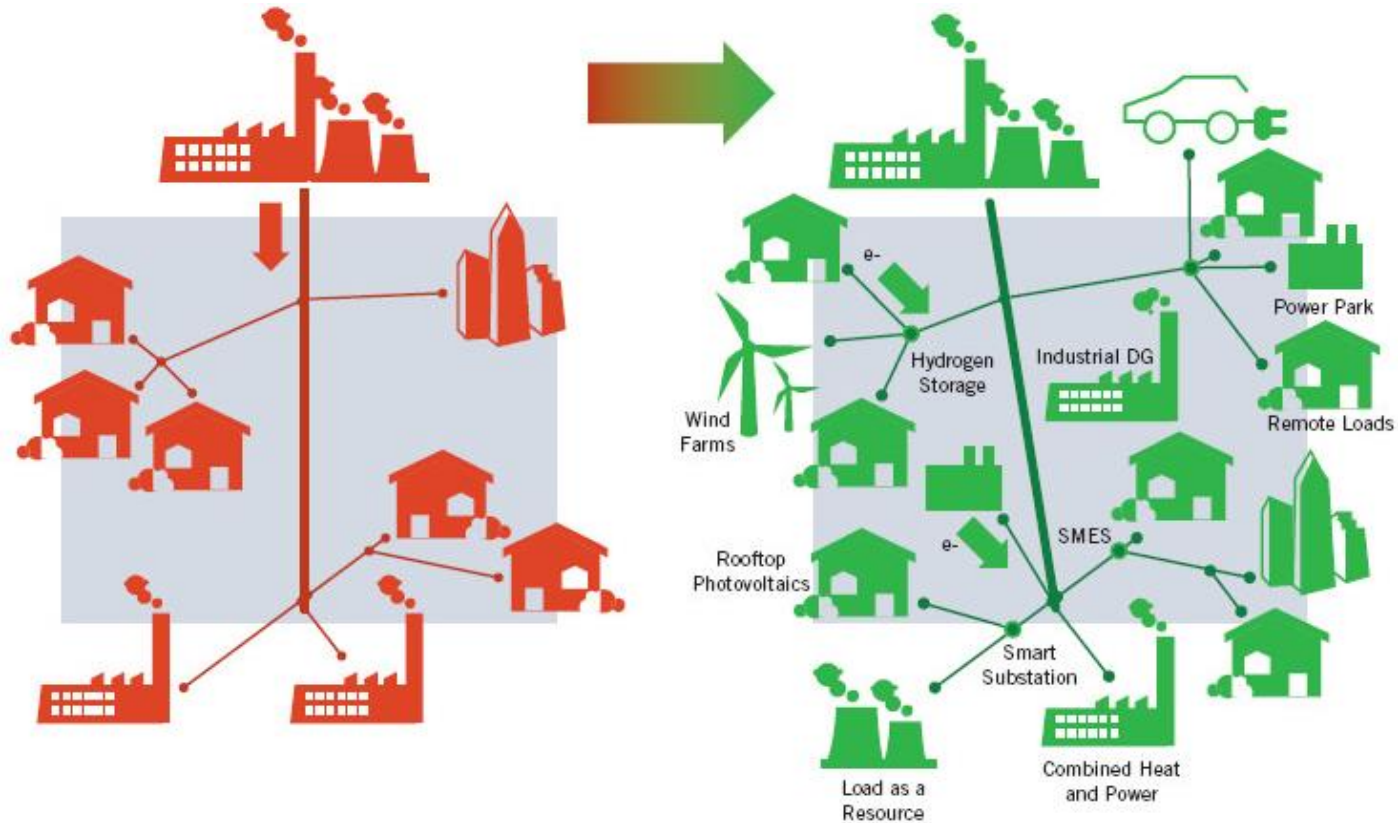
EES danas ⇒ sutra



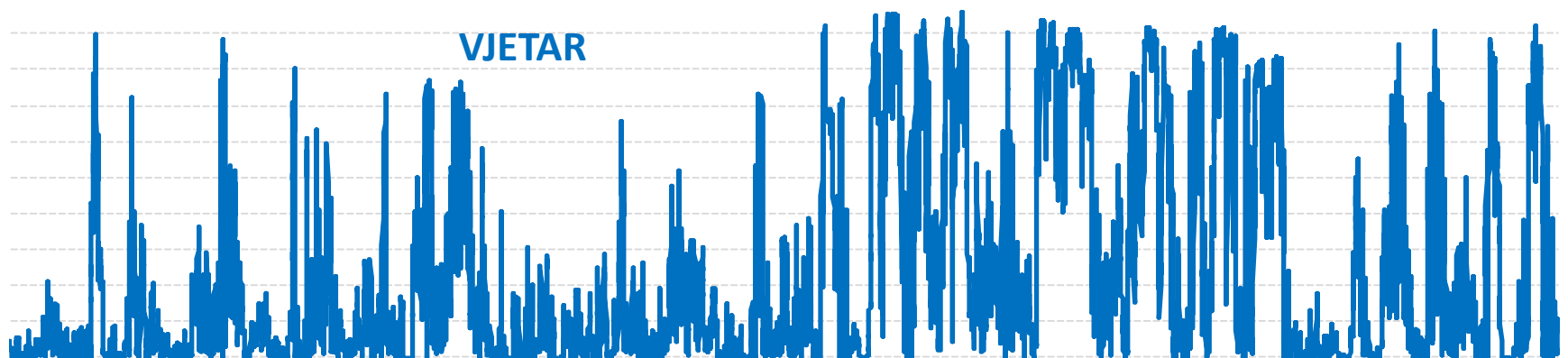
EES danas \Rightarrow sutra



EES danas \Rightarrow sutra



EES danas \Rightarrow sutra

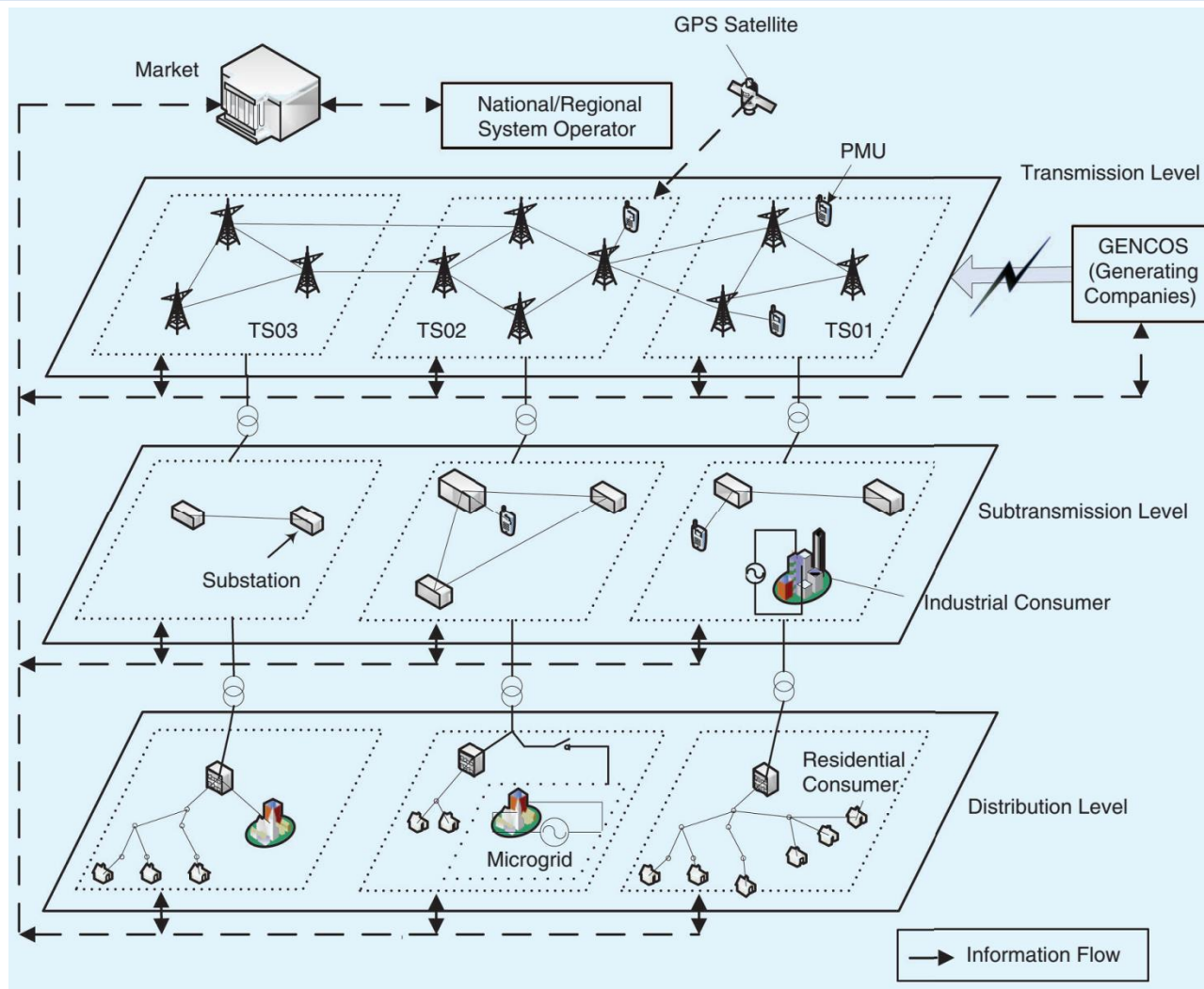


EES danas \Rightarrow sutra

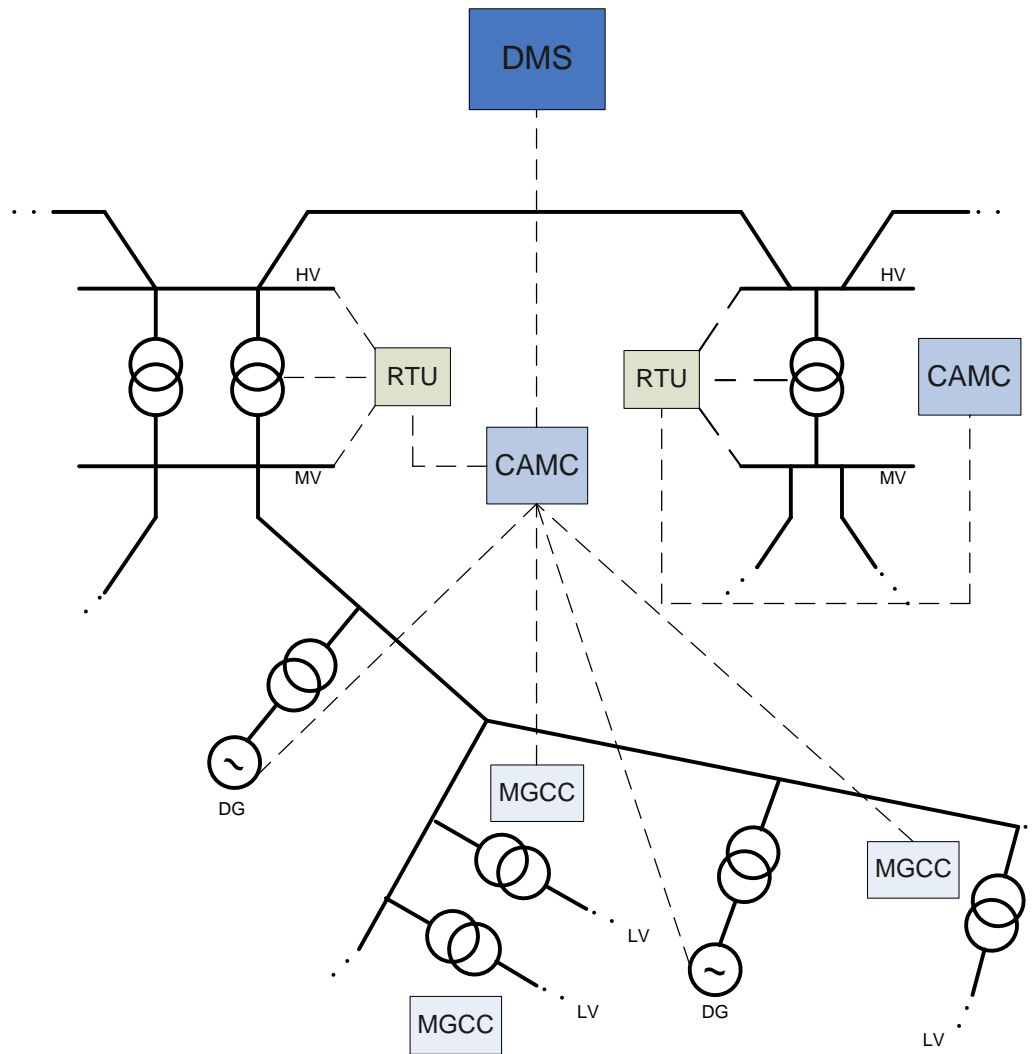
Svojstva EES-a budućnosti:

- Dinamički monitoring – ugradnja senzora na svim razinama
- Upravljanje tokovima snaga
- Fleksibilna potrošnja
- Adaptivna zaštita, automatsko obnavljanje, samozacjeljenje
- Visoka penetracije distribuiranih izvora
- Dinamička tarifa el. en.
- Dvosmjerna komunikacija
- Automatizacija na svim razinama

DMS



DMS



- DMS** – Distribution management System
- CAMC** – Central Autonomous Management Controller
- MGCC** – MicroGrid Central Controller
- RTU** – Remote Terminal Unit

DMS

Funkcije DMS-a	Ciljevi
Detekcija i izolacija kvara te ponovna uspostava napajanja	✓ Povećanja pouzdanosti, minimiziranje nedostavljene el. Energije
Integrirana U-Q regulacija	✓ Smanjivanje gubitaka kompenzacijom jalove snage ✓ Osiguravanje optimalnog naponskog profila ✓ Povećanje napona na kraju izvoda pri vršnom opterećenju promjenom preklopke transformatora
Procesiranje topologije mreže	✓ Pouzdani podaci o mreži za ostale DMS funkcije
Modeliranje/prognoza opterećenja	✓ Ulazni podatak za estimator stanja. O pouzdanosti ove funkcije ovisit će efikasnost čitavog DMS-a

DMS

Funkcije DMS-a	Ciljevi
Estimacija stanja	✓ Dostupnost pouzdanog stanja sustava ostalim DMS funkcijama
Optimalna konfiguracija mreže	✓ Minimiziranje gubitaka energije ✓ Optimiranje naponskog profila ✓ Balansiranje opterećenja trafostanica, izvoda i pojedinih faza
Analiza ispada (sigurnosti)	✓ Minimiziranje broja ispada ✓ Maksimiziranje pouzdanosti mreže
Organizacija plana preklapanja	✓ Filtriranje i organizacija planova preklapanja dobivenih od ostalih DMS funkcija

DMS

Funkcije DMS-a	Ciljevi
Analiza kratkog spoja	✓ Sprječavanje nepovoljnih scenarija kratkog spoja
Koordinacija i podešenja releja	✓ Ažuriranje sustava zaštite prema stanju u sustavu
Optimalno lociranje mjerenja i Q-U regulatora	✓ Optimiranje mjernog sustava ✓ Optimiranje sustava za Q-U regulaciju
Simulator sustava	✓ Treniranje dispečera ✓ Povećanje sigurnosti

ES Prijenosna \Rightarrow Distribucijska mreža

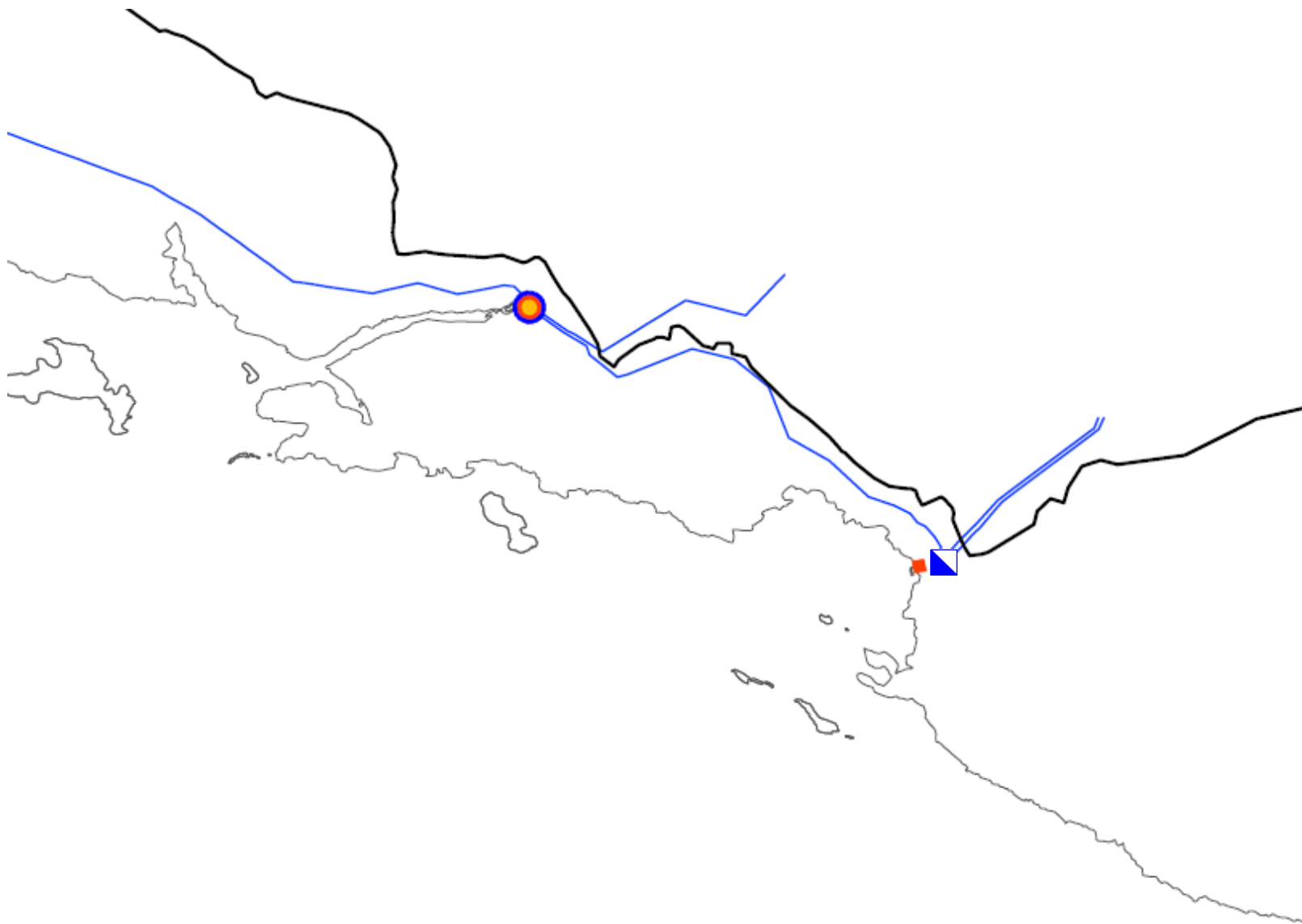
Prijenosna mreža

- Mjerenja injekcije snage, toka snage i napona
- Frekvencija mjerenja 15min
- Simetričnost
- Pouzdani podaci o mreži – parametri, topologija, prijenosni omjeri transformatora
- $X \gg R$

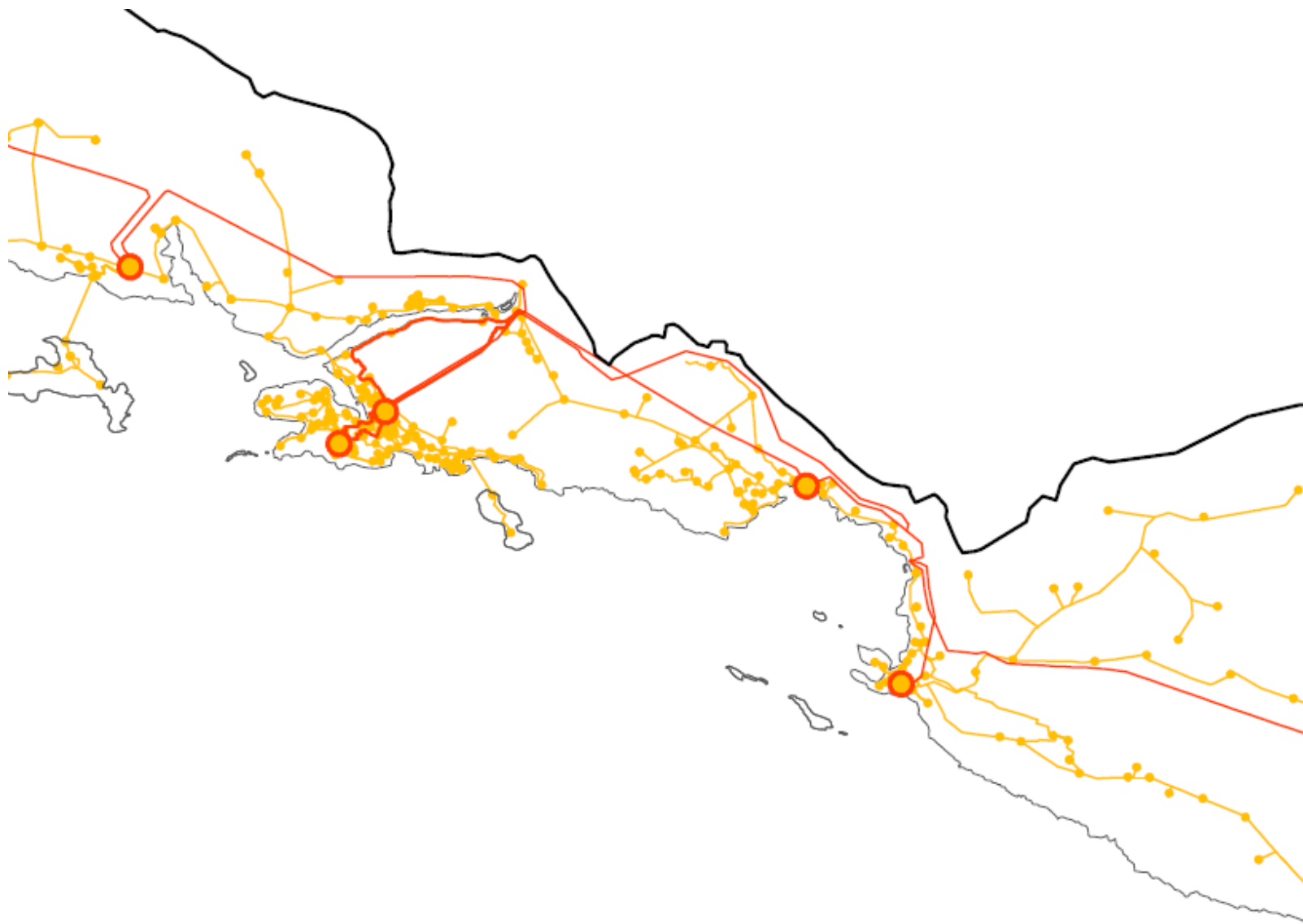
Distribucijska mreža

- Mjerenja struje na početku izvoda
- Frekvencija mjerenja 1h
- Nesimetričnost
- Djelomični i nepotpuni podaci o mreži
- $X \sim R$

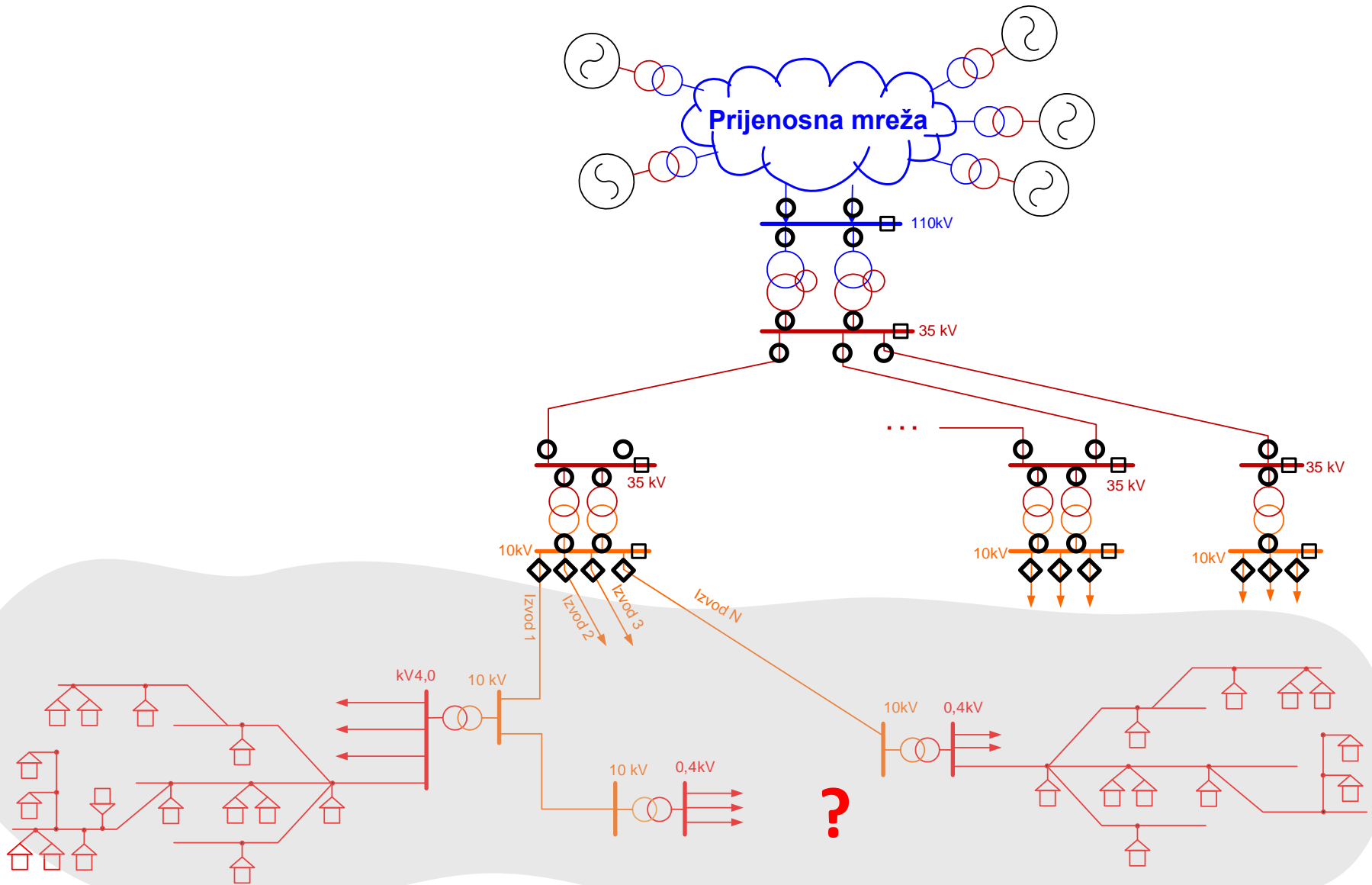
ES Prijenosna \Rightarrow Distribucijska mreža



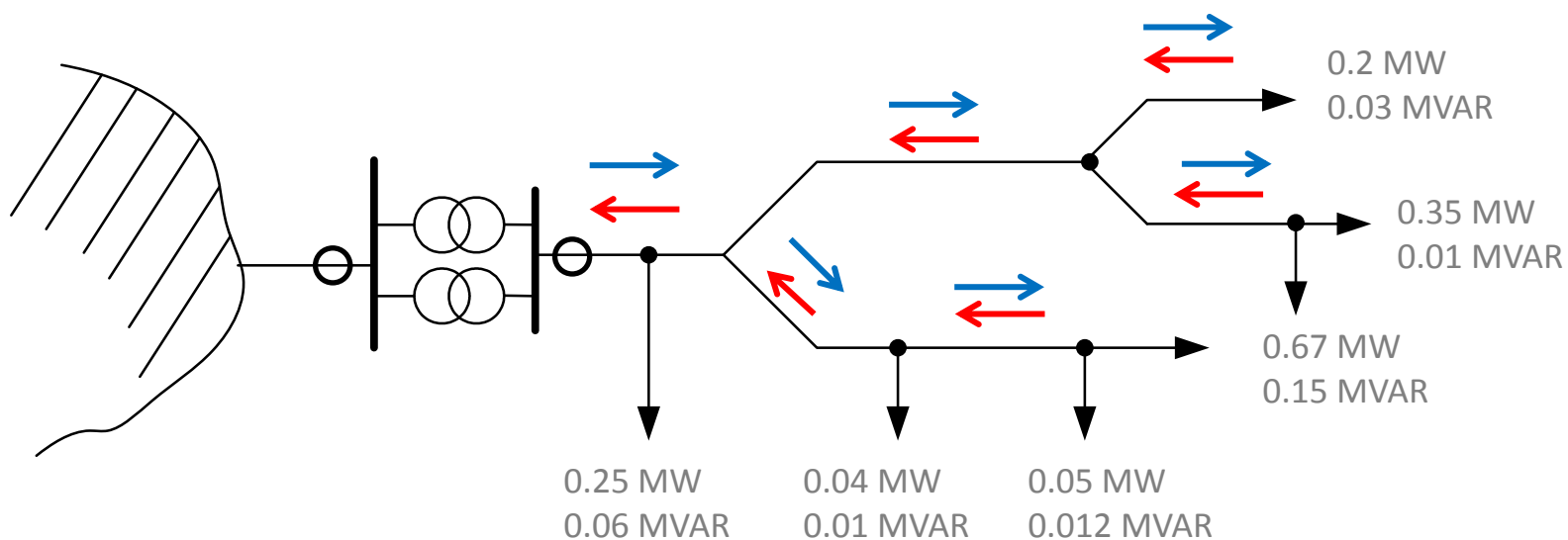
ES Prijenosna \Rightarrow Distribucijska mreža



ES Prijenosna \Rightarrow Distribucijska mreža



ES u distribucijskoj mreži



ES u distribucijskoj mreži

Izazovi

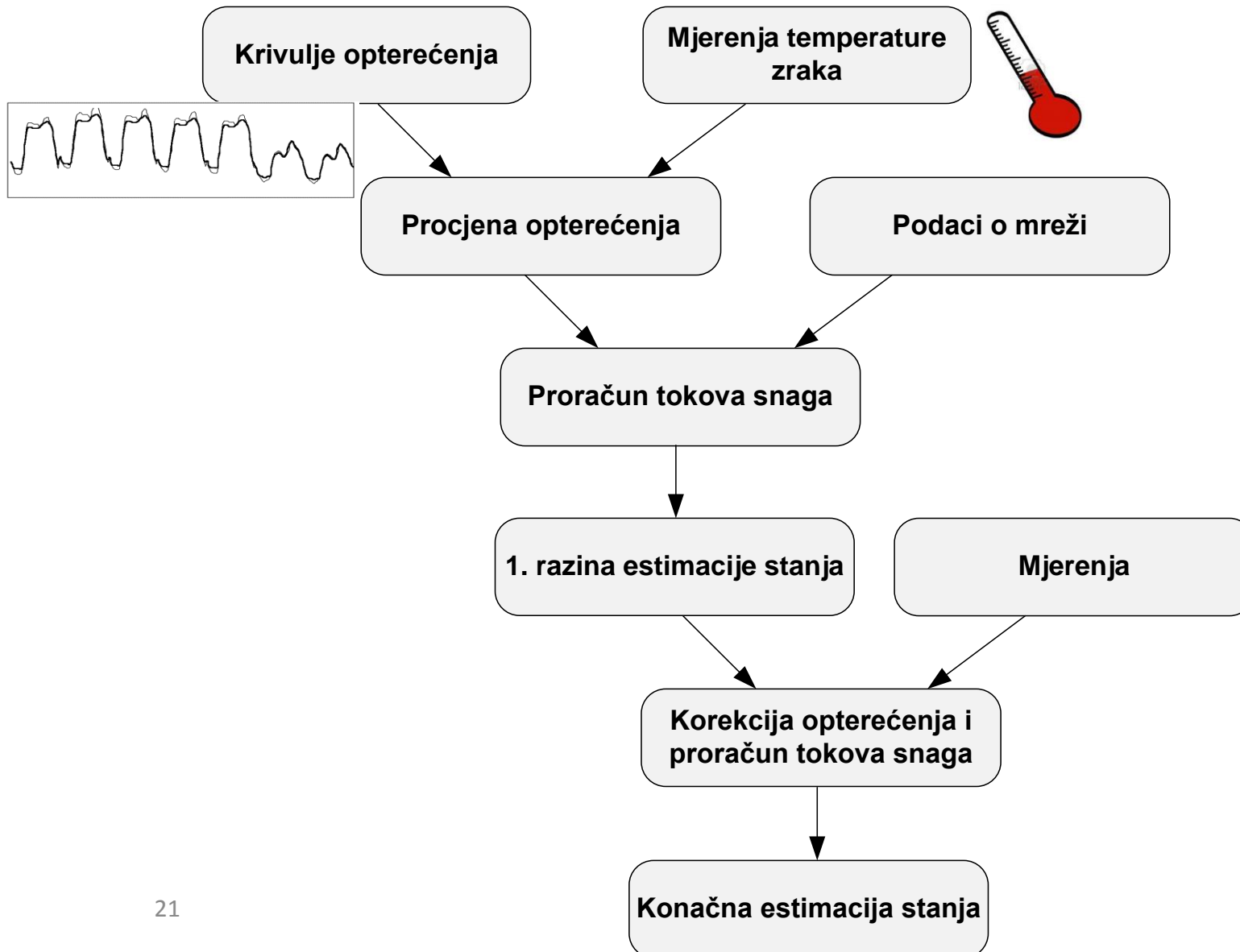
- **Oskudnost monitoringa**
 - manjak mjernih mjesta
 - dostupna mjerenja uglavnom nisu u realnom vremenu
 - niska frekvencija očitavanja
 - mjerenja snage isključivo na distributivnom transformatoru, a mjerenja struje na počecima izvoda
- Nepotpune informacije o stanju prekidača (**topologija**)
- Nesimetrija \Rightarrow **trofazan estimator stanja**
- Brži *decoupled* proračun nije opravdan ($X \sim R$)

ES u distribucijskoj mreži

Rješenja

- Kreiranje **pseudo-mjerenja** - Alokacija i prognoza opterećenja temeljem povijesnih podataka o opterećenju trafostanica i izvoda
- Probabilistic Load flow/State estimation
- Fuzija dostupnih mjerenja i pseudo-mjerenja u estimaciji stanja uz prikladno postavljanje težinskih faktora
- Rekonstrukcija topologije temeljem procjene opterećenja
- Optimalno postavljanje novih mjernih mjesta s ciljem: minimiziranja broja mjernih mjesta i maksimiziranja relevantnosti rezultata estimacije stanja

ES u distribucijskoj mreži



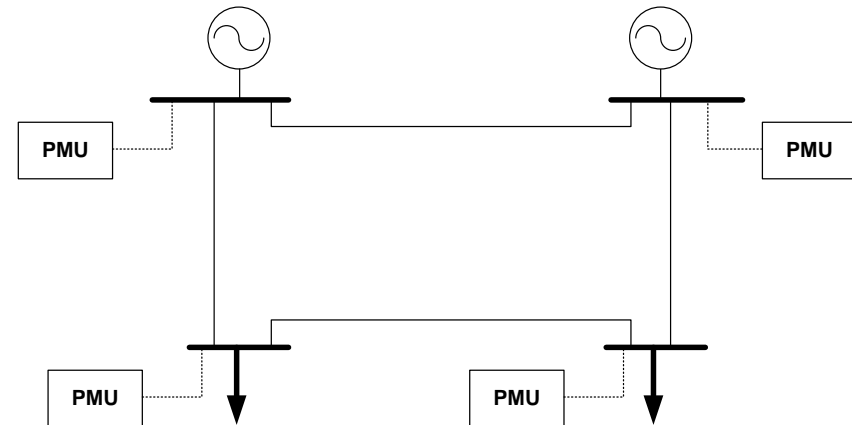
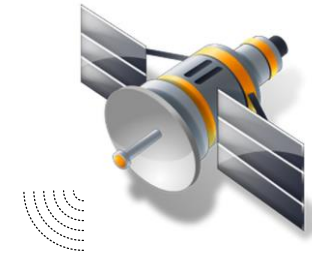
Estimacija stanja danas \Rightarrow sutra

PMU

- direktno mjerenje vektora stanja sustava (mjerenje vektora struje i napona 30-120 puta u sekundi)
- Fuzija mjerenja iz SCADA-e i PMU
- Linearni estimator stanja (nije iterativan)

Estimacija stanja s PMU

- Brža
- Preciznija (pouzdanija)
- Robusnija
- Frekventnija
- Kompatibilnija



Estimacija stanja danas \Rightarrow sutra

Pametna brojila (Smart meters)

- Real-time mjerenje potrošnje snage/energije
- Dvosmjerna komunikacija prema operatoru i među brojilima
- Daljinsko upravljanje potrošačima
- Mjerenje, komunikacija, upravljanje
- Mjerenja s vremenskom oznakom (timestamp)
- Proizvodnja/potrošnja/skladištenje





Hvala na pažnji...