
Izborni blok DEB

Održiva elektroenergetika

Prof.dr.sc. Damir Šljivac, izv.prof.dr.sc. Zvonimir Klaić
Zavod za elektroenergetiku



Energija i okoliš – problem budućnosti br. 1

- **Osnovni ekološki principi:**

- 1) *Energija za život dolazi od Sunca*
- 2) *Životni resursi su ograničeni i moraju stalno kružiti kroz ekosustav*
- 3) *Tlo je osnova života na Zemlji, i*
- 4) *Svi ekosustavi imaju granice, održivi kapacitet za svaku vrstu (pa i ljudsku!).*

- **Konflikti modernog društva:**

- 1) *Energija uglavnom ne dolazi od sunca već iz fosilnih goriva: ograničene količine i opadajuće kvalitete.*
- 2) *Uporaba (energetskih) resursa je linearna: izvlačenje ruda ili drugo, pretvorba u materijalna dobra koja se koriste kratko i odbacuju kao “otpad”?!*
- 3) *Trenutna svjetska populacija blizu 7 milijardi ljudi, procjena održivog ljudskog kapaciteta planete 2 milijarde!*

Štetni nusproizvodi pretvorbi u fosilnim termoelektranama

1. **Prašina iz dima - krute čestice:** osobito iz ugljena, sadrži radioaktivne tvari kao U, Th, Ra, K, Pb (rak pluća, bolesti srca i dišnih puteva)
2. **Sumporni dioksid SO_2 :** uzrokuje kisele kiše (zagađenje tla i voda) stvaranjem H_2SO_4 uz katalizator NO_2
3. **Dušični oksidi NO_x :** pri izgaranju na visokim temperaturama, vode stvaranju ozona O_3 na razini tla - oštećuje pluća (djeca, stariji, astmatičari), istovremeno oštećuje ozon u stratosferi - ozonske rupe, u reakciji s amonijakom, vlagom i dr. vodi stvaranju dušične kiseline HNO_3 i s tim povezanih krutih čestica - zagađenje zraka
4. **Ugljični monoksid CO:** bez boje i mirisa, iznimno otrovan za ljude i životinje, rezultat nepotpunog izgaranja)
5. **Ugljikovodici C_mH_n - opasni organiski spojevi, VOC:** obično podjela na metan CH_4 koji je iznimno učinkovit staklenički plin i nemetanske (ostale) koje se (npr. benzen, toluen, ksilen) smatra kancerogenim (leukemija)
6. **Ugljični dioksid CO_2 :** nije opasan po ljudsko zdravlje izravno, ali najvećim dijelom doprinosi **efektu staklenika i globalnom zatopljenju**

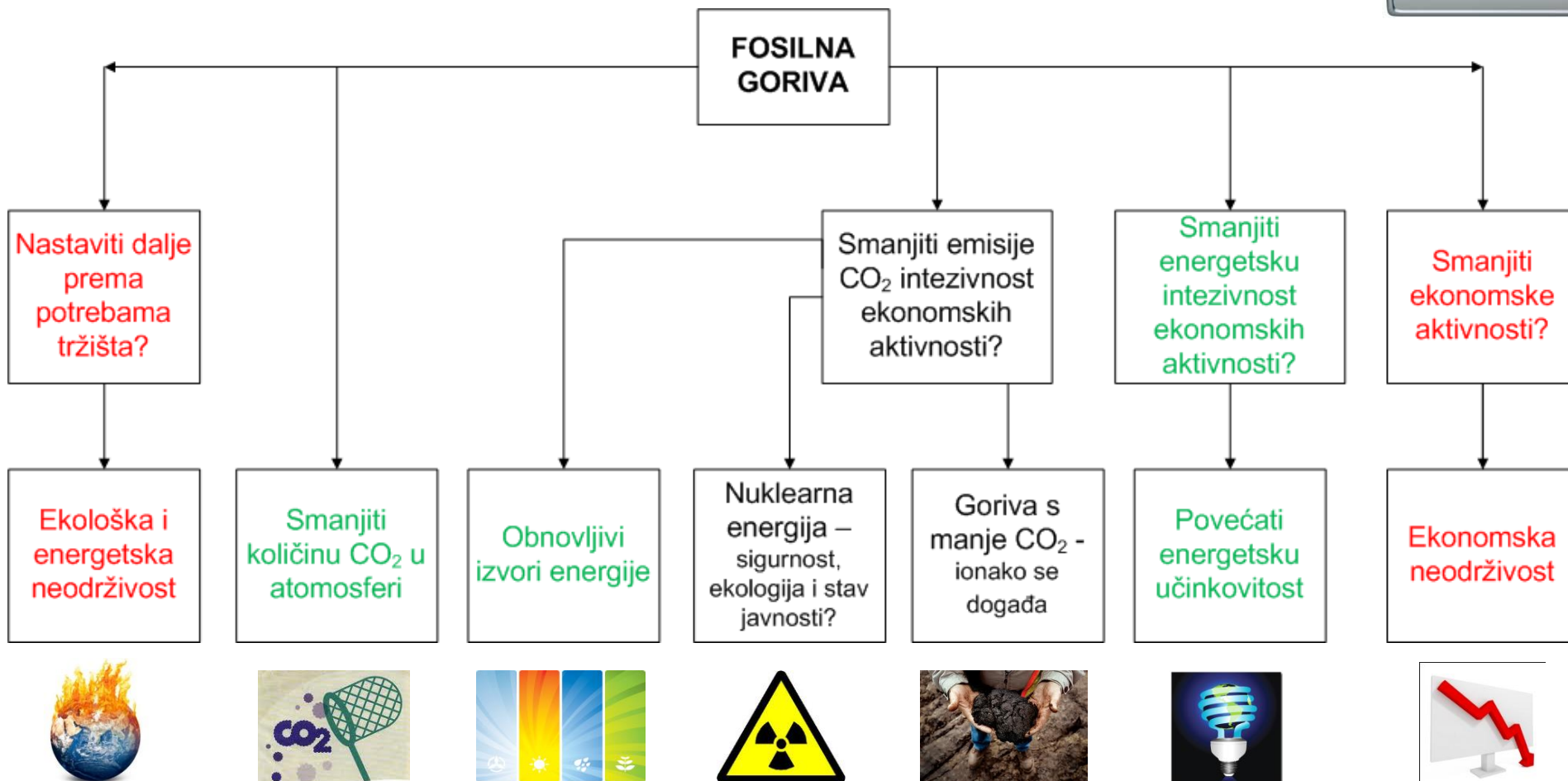
Štetni nusproizvodi pretvorbi u nulearnim termoelektranama

1. **Radioaktivni otpad:** fisijski produkti, neizvjesne posljedice nakon više tisuća godina

- **Izravne i neizravne emisije CO₂ ekvivalenta**
- *Izravne – pri proizvodnji električne i toplinske energije u samoj elektrani (kogeneracijskom postrojenju)*
- *Neizravne – prilikom proizvodnje materijala i izgradnje, te dekomisije elektrane*

Tip elektrana	Izravna emisija CO ₂ -ekvivalent (gram/kWh)	Neizravna emisija CO ₂ -ekvivalent (gram/kWh)	Ukupna emisija CO ₂ -ekvivalent (gram/kWh)
Konv.termoelektrane na kam.ugljen	820	100	920
Konv.termoelektrane na plin	340	80	420
Velike hidroelektrane	3,5-40	10-20	13,5-55
Male hidroelektrane	3,5-35	15-20	18,5-55
Vjetroelektrana 600 kW	0	40	40
Vjetroelektrana 1,5 MW	0	50	50
Elektrana na biomasu 700 kW	13	50	63
Elektrana na biomasu 11,5 MW	18	45	63
Velika fotonaponska elektrana	0	180	180
Mala fotonaponska elektrana	0	220	220

Održivi energetske scenariji – kako dalje?



Direktiva 2009/28/EC za korištenja obnovljivih izvora

promovi



- *Prijedlog Direktive ima cilj uspostaviti **ukupan udio od 20 % udjela obnovljivih izvora energije u energetskej potrošnji i minimalan udio od 10 % biogoriva u prijevozu EU do 2020. godine***
- ***Usklađivanje nacionalnih ciljeva:** sve zemlje članice barem 5.75% više, a svaka zemlja prema BDP-u tako da se postigne 20% na razini EU (cilj postavljen u ožujku 2007.).*
- ***Kao referentna - 2005. godina** što ne odgovara naprednijima poput Austrije i Švedske.*
- *Njemačka istakla problem utjecaja na “certifikate o zelenoj energiji” - obveze elektroprivrede za otkupom obnovljive energije privatnih proizvođača po fiksnom tarifnom sustavu.*
- *Trenutno se koristi **8.5% obnovljivih izvora energije**, potrebno još 11.5%.*
- ***Električna energija proizvedena u trećim zemljama** a potrošena u EU također se može uključiti u postizanje nacionalnih ciljeva.*

Direktiva EU (2009/28/EC) za promoviranje korištenja OIE

- Dio klimatskog i energetskeg paketa EU s osnovnim ciljem tzv. 3x20:

20 % manje emisije CO₂

20 % obnovljivih izvora energije

20 % veća energetska učinkovitost



- Više na: <http://ec.europa.eu/climateaction/>
- Usvojio Europski parlament 17.12.2008.

- **Hrvatski cilj:**
20%

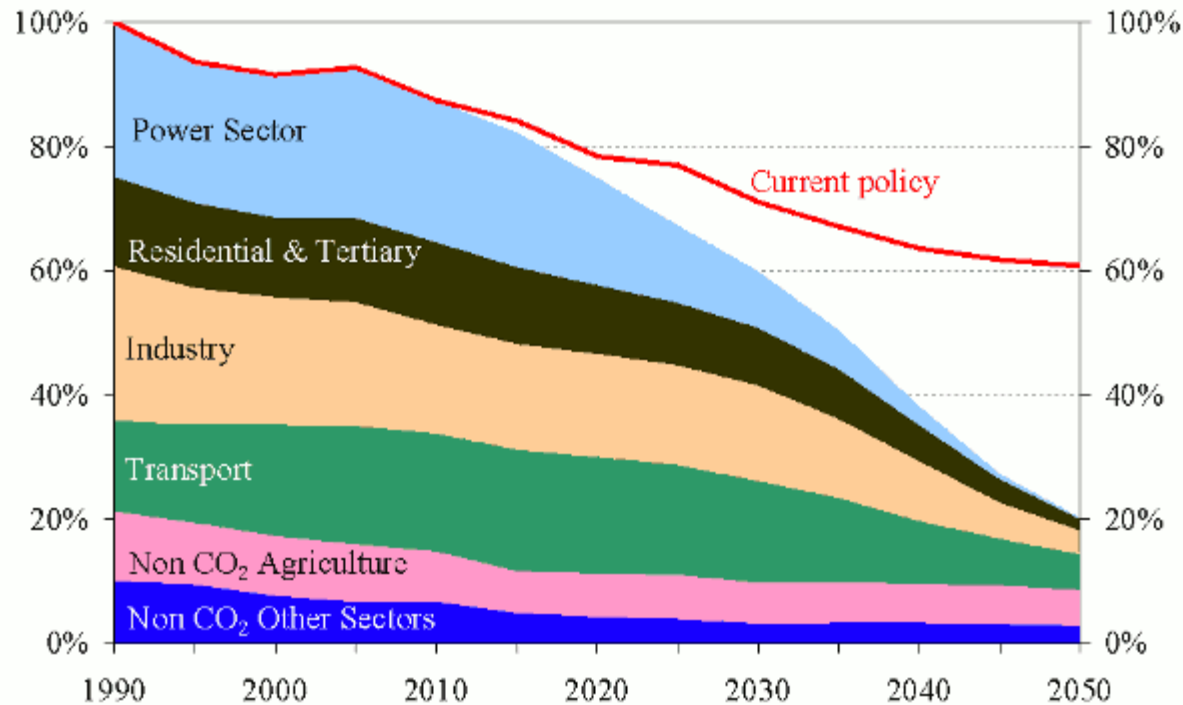


Usvojeni nacionalni ciljevi udjela OIE u ukupnoj energetskejoj potrošnji

Zemlja	Udio (%) OIE u krajnjoj potrošnji 2005.	Udio (%) OIE u krajnjoj potrošnji 2020.
Belgija	2,2	13
Bugarska	9,4	16
Češka	6,1	13
Danska	17,0	30
Njemačka	5,8	18
Estonija	18,0	25
Irska	3,1	16
Grčka	6,9	18
Španjolska	8,7	20
Francuska	10,3	23
Italija	5,2	17
Cipar	2,9	13
Latvija	34,9	42
Litva	15,0	23
Luksemburg	0,9	11
Mađarska	4,3	13
Malta	0,0	10
Nizozemska	2,4	14
Austrija	23,3	34
Poljska	7,2	15
Portugal	20,5	31
Rumunjska	17,8	24
Slovenija	16,0	25
Slovačka	6,7	14
Finska	28,5	38
Švedska	39,8	49
Velika Britanija	1,3	15
Ukupno EU 27	8,5	20,0



EU '2050 low-carbon economy'



Cilj 2030:
40 % manje emisije CO₂
27 % udio OIE
27 % veća EnU

Cilj 2040: 60% manje emisije
Cilj 2050: 80% manje emisije

*'The power sector has the biggest potential for cutting emissions. It can **almost totally** eliminate CO₂ emissions by 2050.*

*Electricity could partially **replace fossil fuels** in **transport** and heating. Electricity will come from **renewable sources** like wind, solar, water and biomass or other **low-emission sources** like nuclear power plants or fossil fuel power stations equipped with **CCS** technology. This will also require strong investments in **smart grids**.'*



Snažan porast OIE

		START 2004 ¹	2013	2014
INVESTMENT				
New investment (annual) in renewable power and fuels ²	billion USD	45	232	270
POWER				
Renewable power capacity (total, not including hydro)	GW	85	560	657
Renewable power capacity (total, including hydro)	GW	800	1,578	1,712
Hydropower capacity (total) ³	GW	715	1,018	1,055
Bio-power capacity	GW	<36	88	93
Bio-power generation	TWh	227	396	433
Geothermal power capacity	GW	8.9	12.1	12.8
Solar PV capacity (total)	GW	2.6	138	177
Concentrating solar thermal power (total)	GW	0.4	3.4	4.4
Wind power capacity (total)	GW	48	319	370



Snažan porast OIE

2014

2015

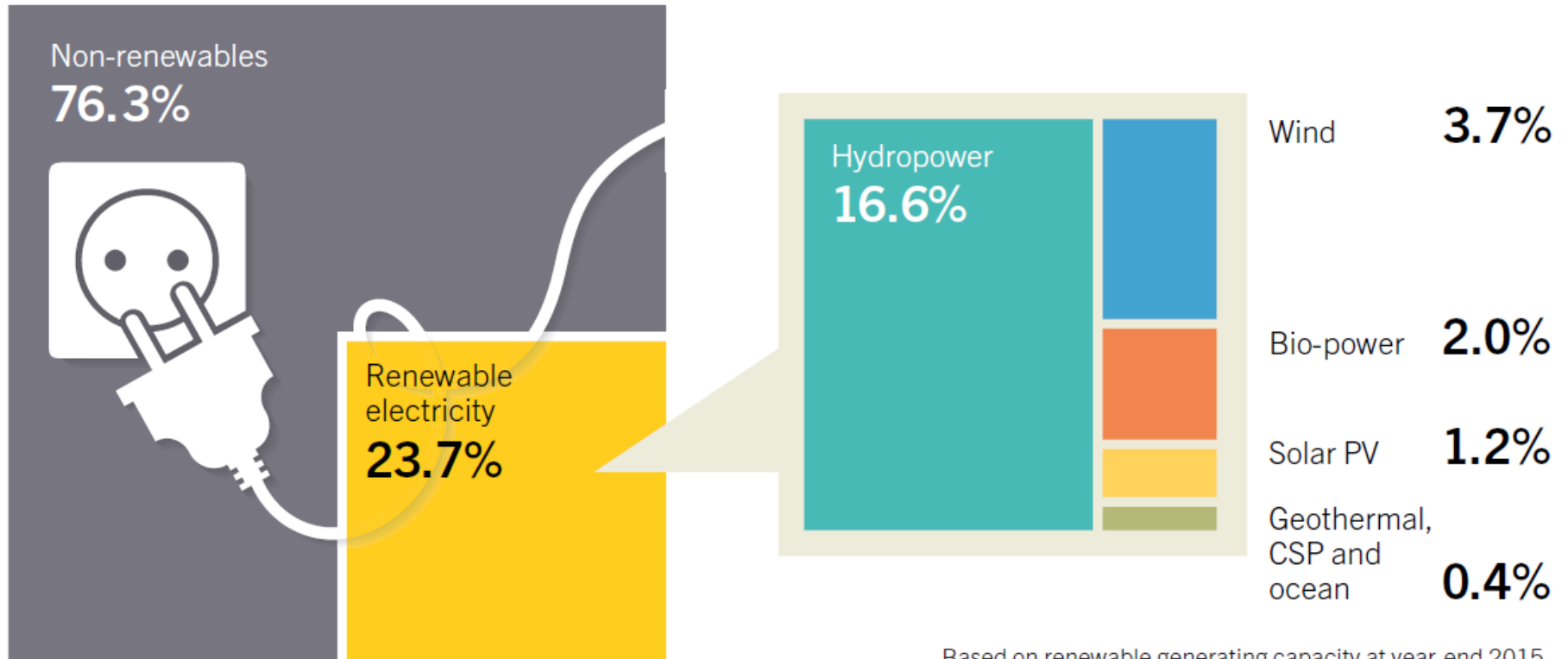
INVESTMENT

New investment (annual) in renewable power and fuels ¹	billion USD	273	285.9
---	-------------	-----	--------------

POWER

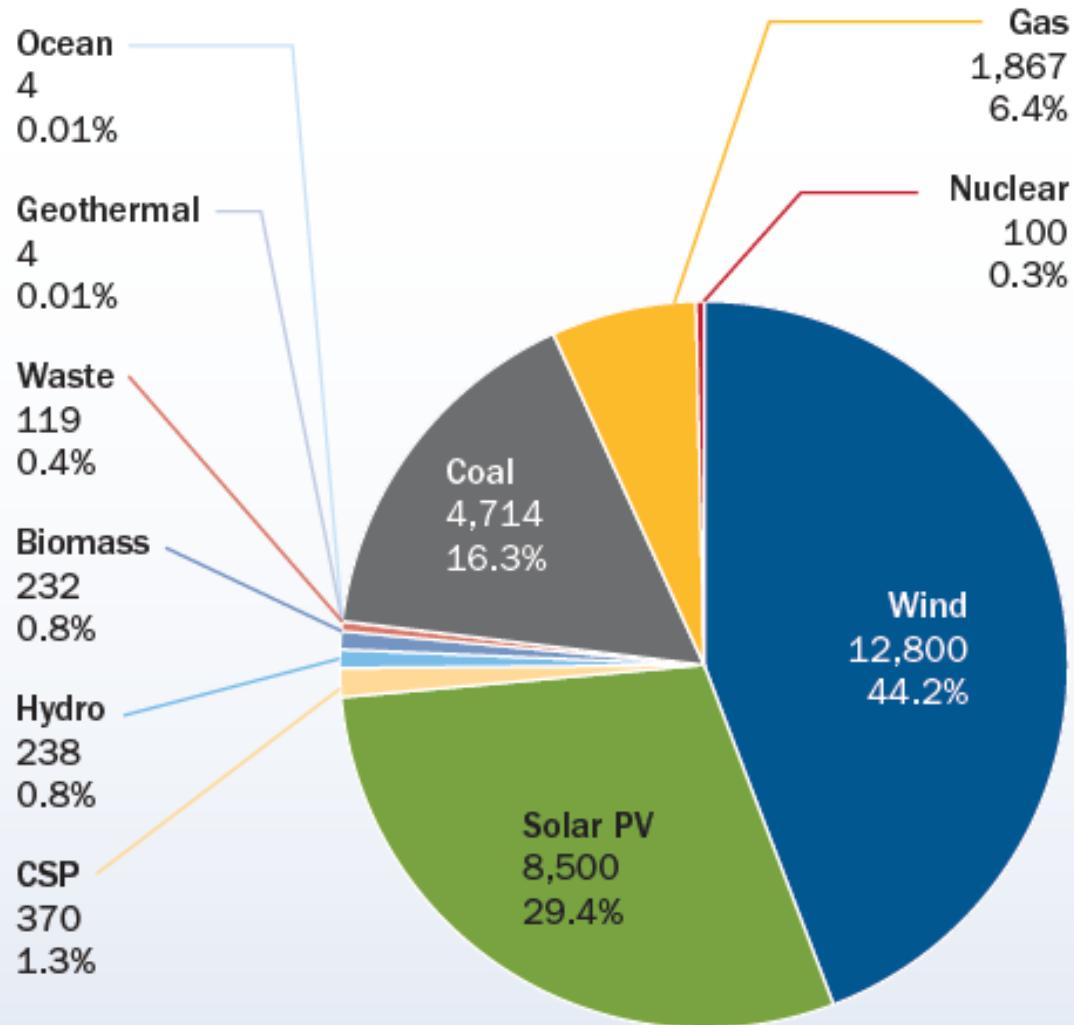
Renewable power capacity (total, not including hydro)	GW	665	785
Renewable power capacity (total, including hydro)	GW	1,701	1,849
 Hydropower capacity ²	GW	1,036	1,064
 Bio-power capacity ³	GW	101	106
 Bio-power generation (annual)	TWh	429	464
 Geothermal power capacity	GW	12.9	13.2
 Solar PV capacity	GW	177	227
 Concentrating solar thermal power capacity	GW	4.3	4.8
 Wind power capacity	GW	370	433

Udio OIE u električnoj energiji krajem 2015.



Based on renewable generating capacity at year-end 2015.
Percentages do not add up internally due to rounding.

Nove elektrane u EU 2015. (ukupno 29.949 MW)



Elektrane u EU 2000./2015.

FIGURE 7: EU POWER MIX 2000 (MW)

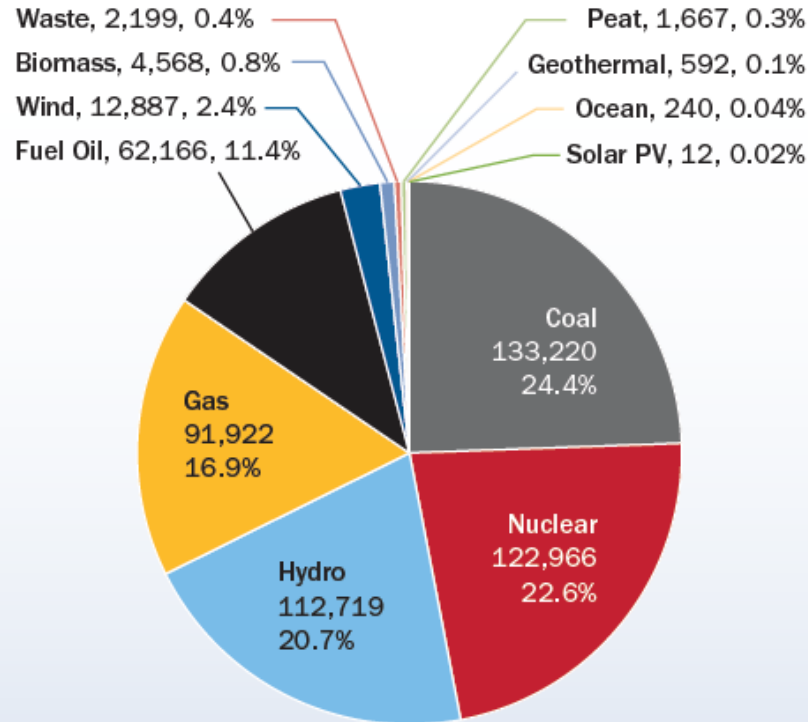
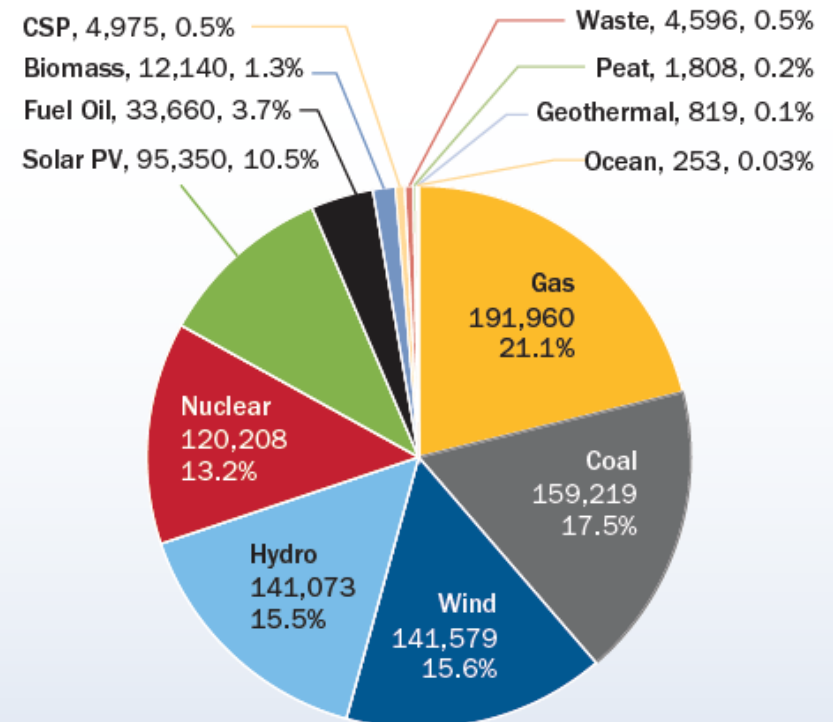


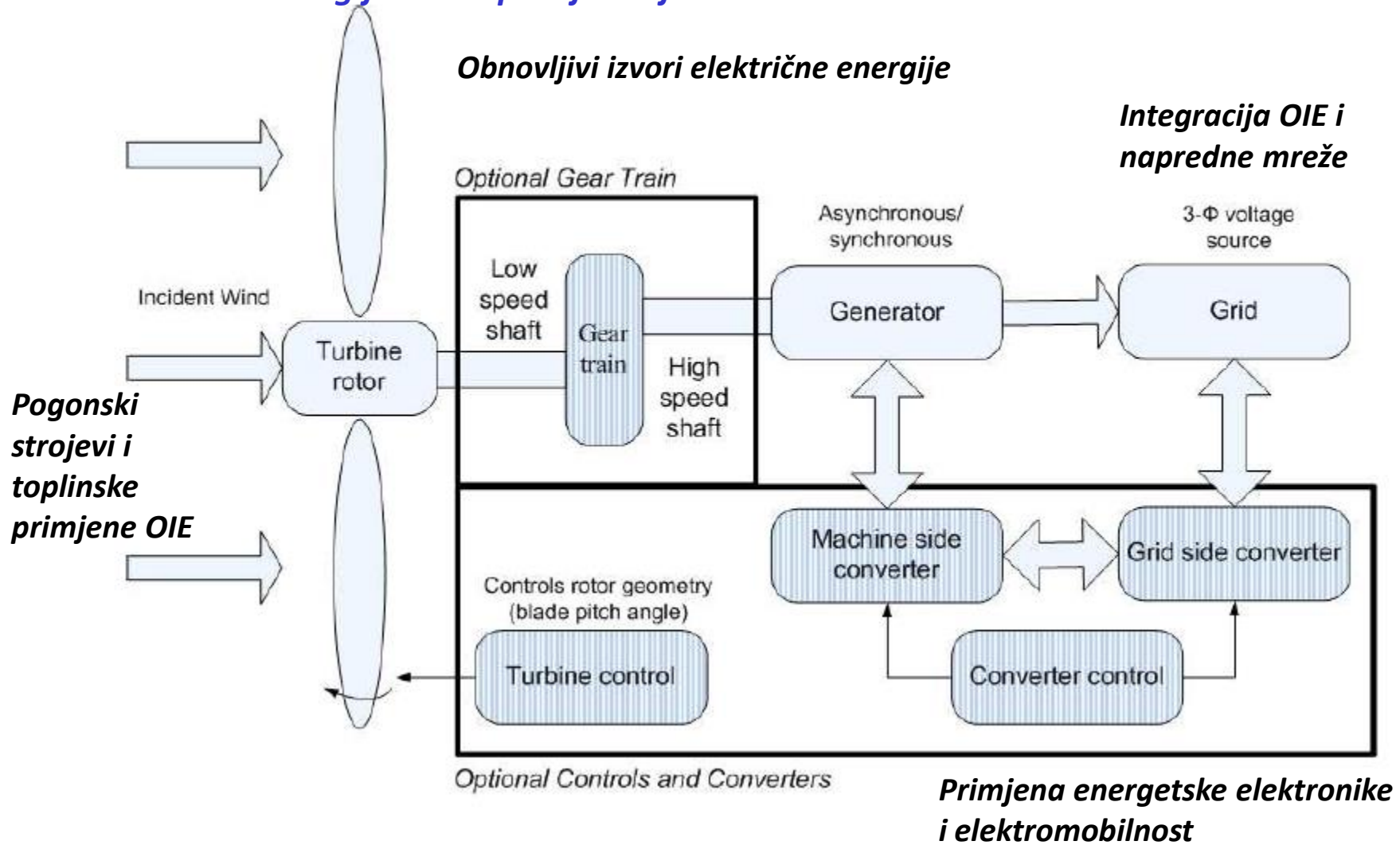
FIGURE 8: EU POWER MIX 2015 (MW)



Povezanost kolegija E2 na primjeru vjetroelektrana

Obnovljivi izvori električne energije

**Integracija OIE i
napredne mreže**





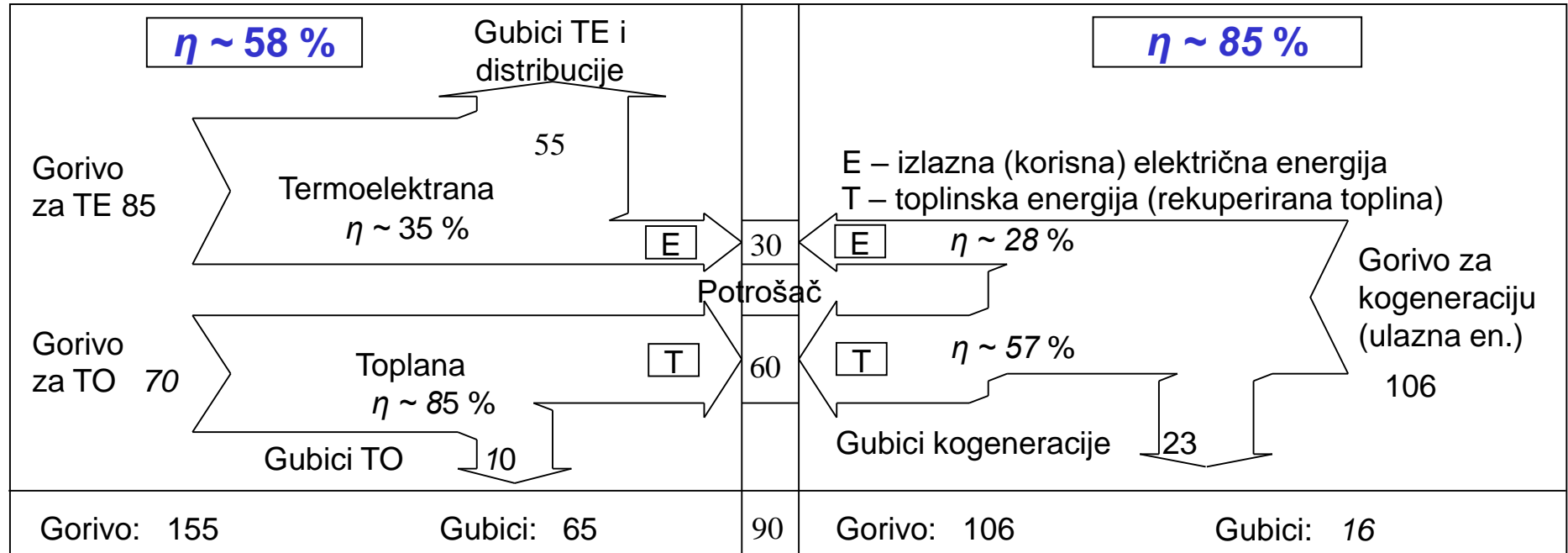
Energetska učinkovitost

- *Štednja i racionalno korištenje energije često se jednim nazivaju energetska učinkovitost.*
- *Učinkovitost u strogom smislu predstavlja omjer korisne energije prema ukupno uloženoj.*
- *No, općenito je učinkovitost trošenje manje energije za istu namjenu: grijanje, pogon električnih uređaja i vozila tj. smanjenje energetske intenziteta.*
- *Cilj je smanjivanja energetske intenziteta da se sveukupne aktivnosti u društvu postižu uz manju potrošnju energije po ostvarenim proizvodima.*
- *Energetski intenzitet predstavlja sliku nacionalne ekonomije po strukturi i po učinkovitosti.*
- *Energetska efikasnost se često razmatra kao poseban 'izvor' energije. Za razliku od većine mjera za smanjivanje zagađivanja okoliša energetska efikasnost predstavlja ekonomski potencijal.*

Energetska učinkovitost kogeneracije

**Odvojena proizvodnja: kondenzacijska TE
+ toplana (TO)**

**Kogeneracija: termoelektrana –
toplana (TE-TO)**



$$UPE (PES) = \left[1 - \frac{1}{\frac{\eta_{H,kogen}}{\eta_{H,ref}} + \frac{\eta_{E,kogen}}{\eta_{E,ref}}} \right] \cdot 100\% = \left[1 - \frac{1}{\frac{60/106}{60/70} + \frac{30/106}{30/85}} \right] \cdot 100\% \approx 32\%$$

Napredne mreže (smart grids) s povećanim udjelom OIE i električnih vozila

Integracija OIE i napredne mreže



*Primjena energetske
elektronike
i elektromobilnost*

*Obnovljivi izvori
električne energije*



5 tipova FN modula:

1. Visokoučinkoviti polikristalni **BISOL BMU-250 245 W_p** (20+2 modula)
2. Visokoučinkoviti monokristalni **BISOL BMO-250 250 W_p** (20+2 modula)
3. Tankoslojni CIS (bakar-indij-selenij) **SOLAR FRONTIER SF-150 150 W_p** (2 modula)
4. Tankoslojni amorfni silicij **MASDAR MPV-100S 100 W_p** (2 modula)
5. Visokoučinkoviti monokristalni s crnim okvirom **PANASONIC VBHN240SE10 240 W_p** (2 modula)

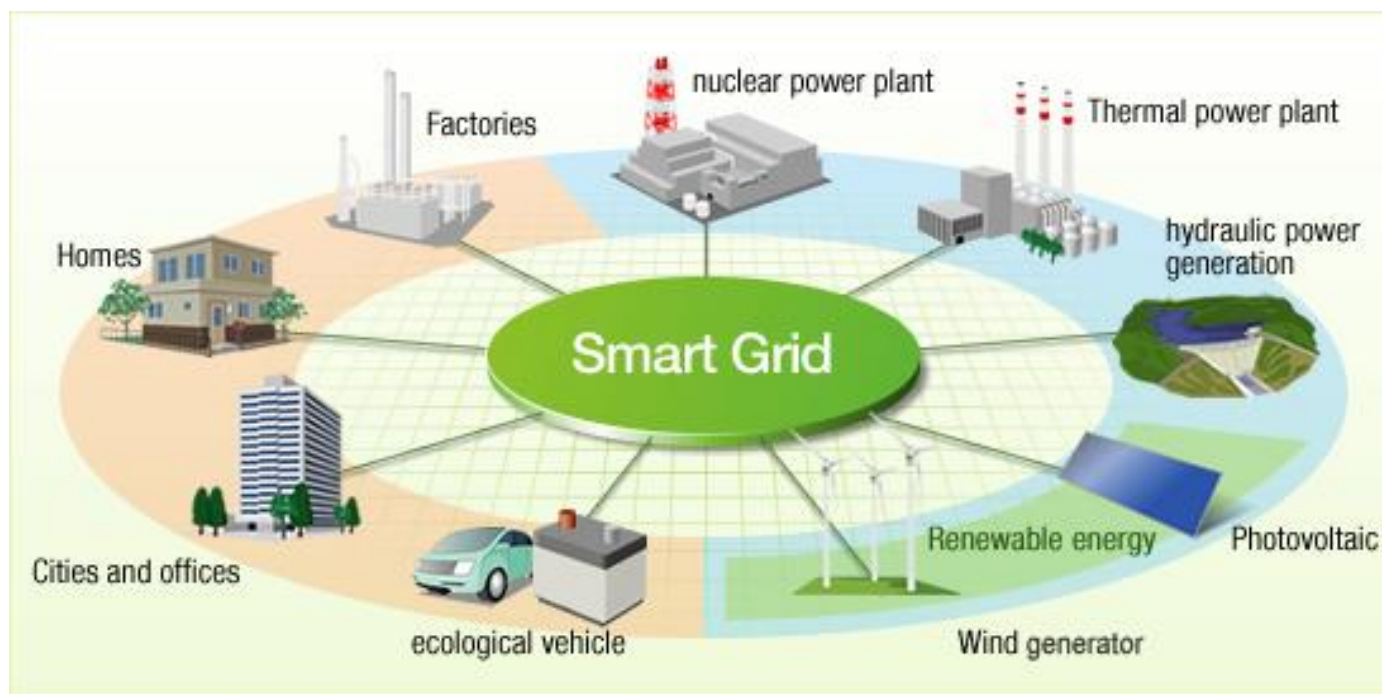
- **FNE 10 kWp**
- **FOTONAPONSKI MODULI RAZLIČITIH TEHNOLOGIJA**
- **VIRTUALNI LABORATORIJ**
- **KONSTANTNA MJERENJA KARAKTERISTIČNIH VELIČINA**
- **UTJECAJ NA MREŽU**
- **IZRADA MALIH OTOČNIH SUSTAVA I NJIHOVA PRIMJENA**



Rješenje - koncept naprednih mreža (eng. Smart Grids).

Napredna mreža

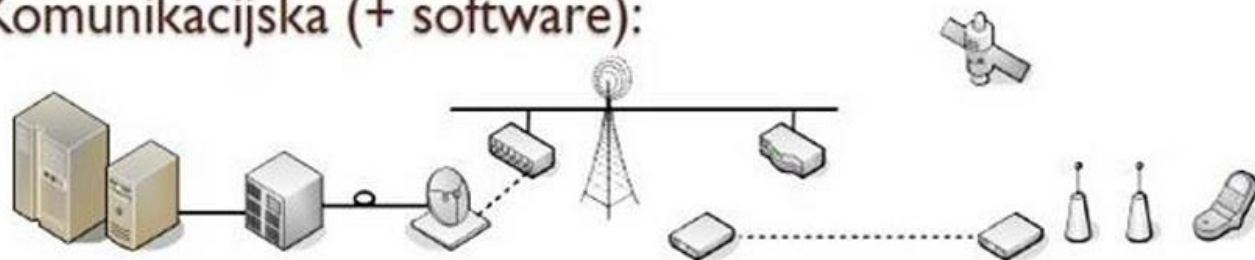
- koncept s mnogo elemenata, gdje **nadzor** (praćenje) i **upravljanje** svakim elementom u lancu proizvodnje, prijenosa, distribucije i krajnje potrošnje omogućuje znatno **učinkovitiju isporuku i korištenje** električne energije.



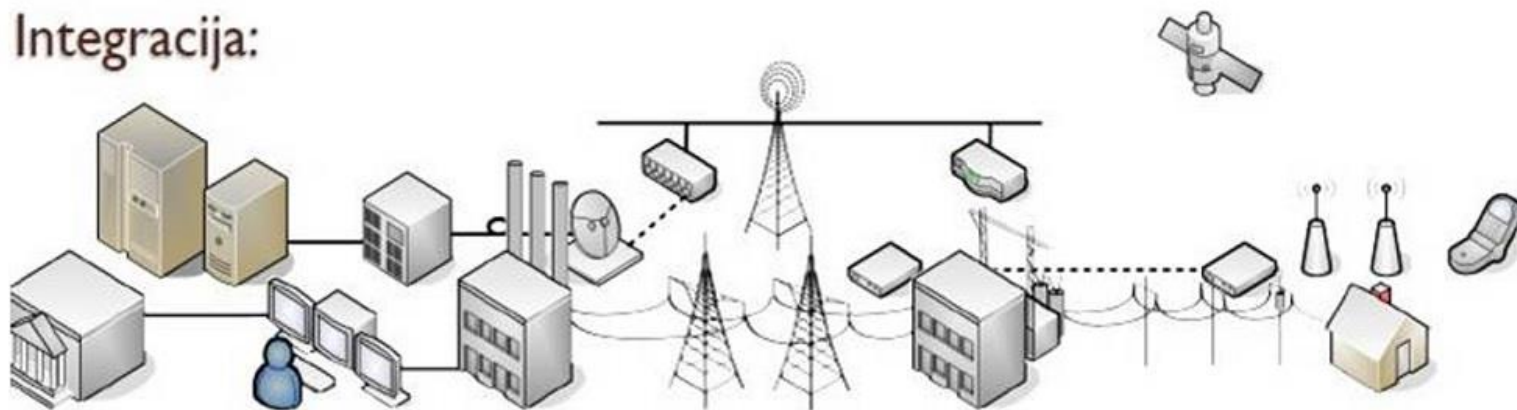
Elektroenergetska:



Komunikacijska (+ software):

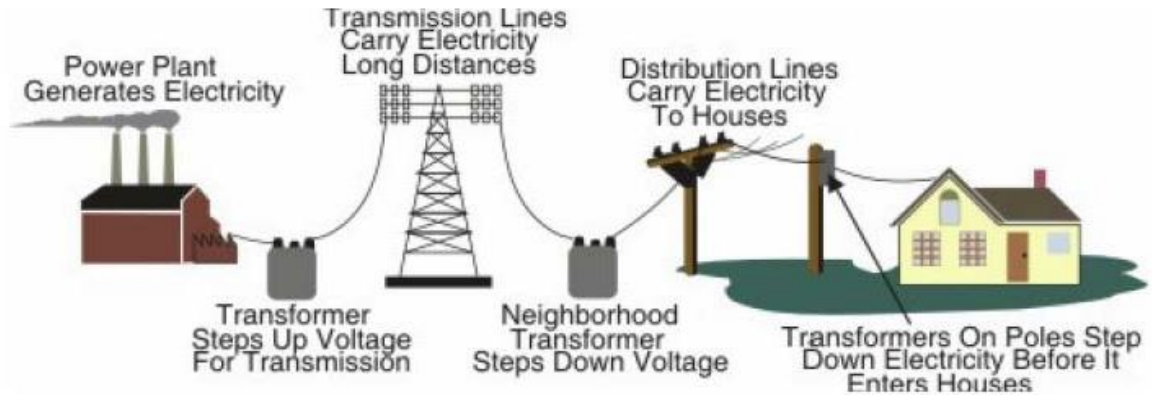


Integracija:

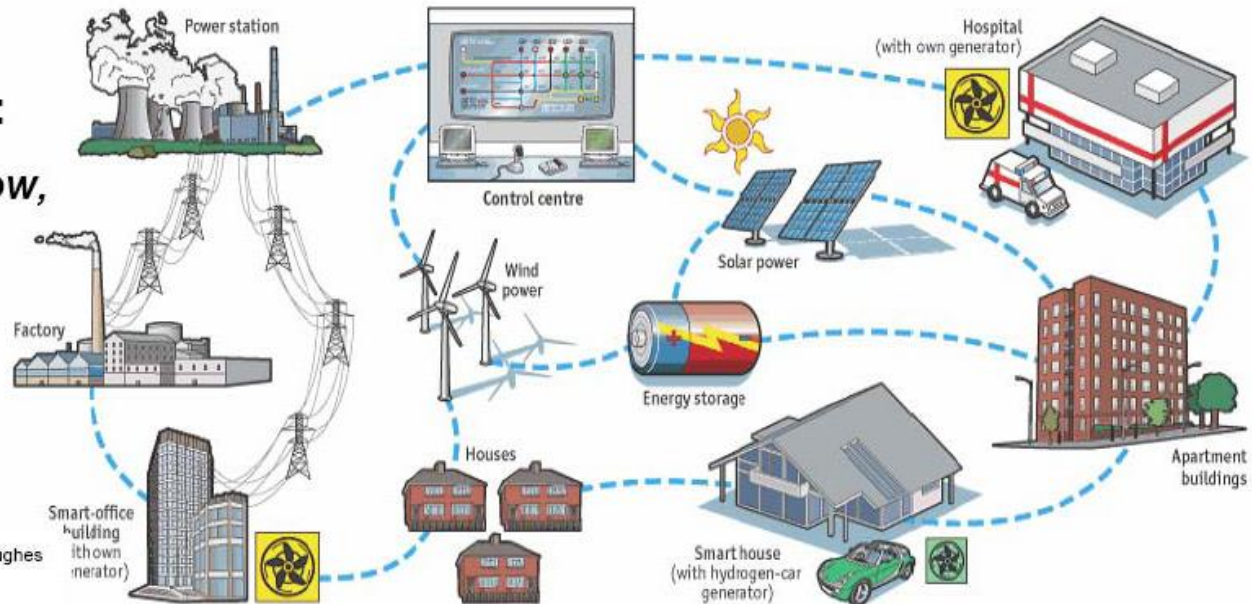


Smart Grid

Before Smart Grid:
*One-way power flow,
simple interactions*



After Smart Grid:
*Two-way power flow,
multi-stakeholder
interactions*



Adapted from EPRI Presentation by Joe Hughes
NIST Standards Workshop
April 28, 2008

Sources: *The Economist*; ABB

PREDNOSTI I NEDOSTACI NAPREDNIH MREŽA

Prednosti

- ▶ Održavanje stabilnog napona
- ▶ Smanjenje vršnih opterećenja
- ▶ Brži oporavak mreže
- ▶ Korištenje obnovljivih izvora energije

Nedostaci

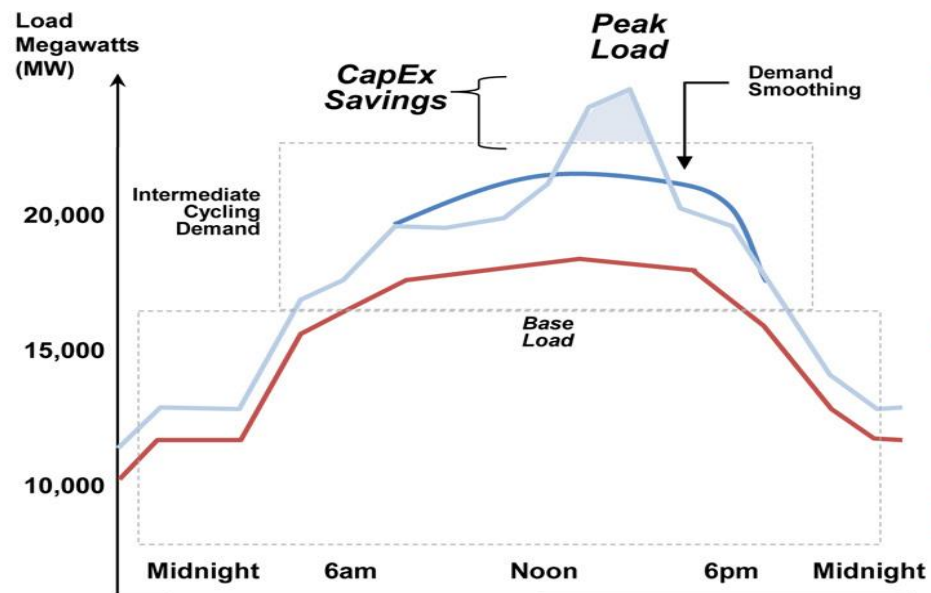
- ▶ Potreba za sklapanjem ugovora između potrošača i distributera
- ▶ Tko snosi cijenu pametnog brojila?
- ▶ Bojazan od mogućnosti praćenja navika potrošača
- ▶ Potreba za educiranjem potrošača

Učinkovitost naprednih mreža – sposobnost **uravnoteženja** opskrbe i potražnje (potrošnje) u stvarnom vremenu.

Uravnoteženje:

- **nadzor** (monitoring) opterećenja te
- **preraspodjela** električne energije među pojedinim krajnjim potrošačima, prema njihovim potrebama.

Rezultat: izbjegavanje preopterećenja, bez potrebe velikog proizvodnog kapaciteta koji je većinu vremena izvan pogona.



Upravljanje potrošnjom

- **Svrha sustava upravljanja potrošnjom kućanstva (eng. HEM – Home Energy Management)-upravljati radom trošila čiji se rad može odgoditi za neki vremenski period bez narušavanja komfora pri njihovom korištenju.**



**Grijanje/
hlađenje
(2-5 kW)**



**Sušilica rublja
(4-5.6 kW)**



**Bojler
(3.8-5.5 kW)**



**Električno vozilo
(3.3-16.8 kW)**

Trošila kojima se može upravljati putem pametnih brojila