ENERGIJA VETRA

ENERGIJA VODE

GEOTERMALNA ENERGIJA

BIO ENERGIJA

ENERGIJA SUNCA

Obnovljivi izvori energije

Obnovljivi izvori energije

Izborni predmet – V semestar – 2+2+1 – 5 kredita (2OEU5C03)

Modul US - 2018/19.

Izborni predmet – V semestar – 2+2+1 – 5 kredita (2OEE5A05)

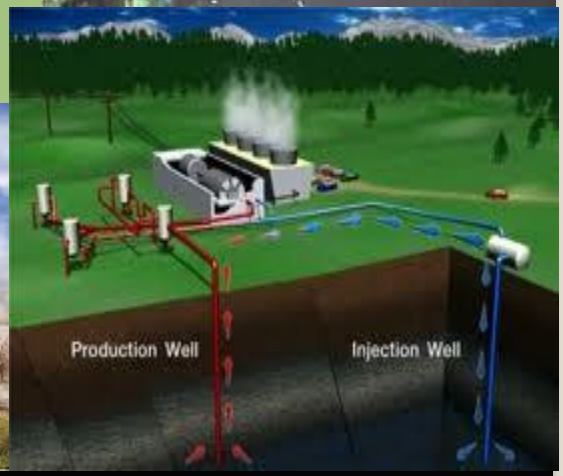
Modul E - 2018/19.

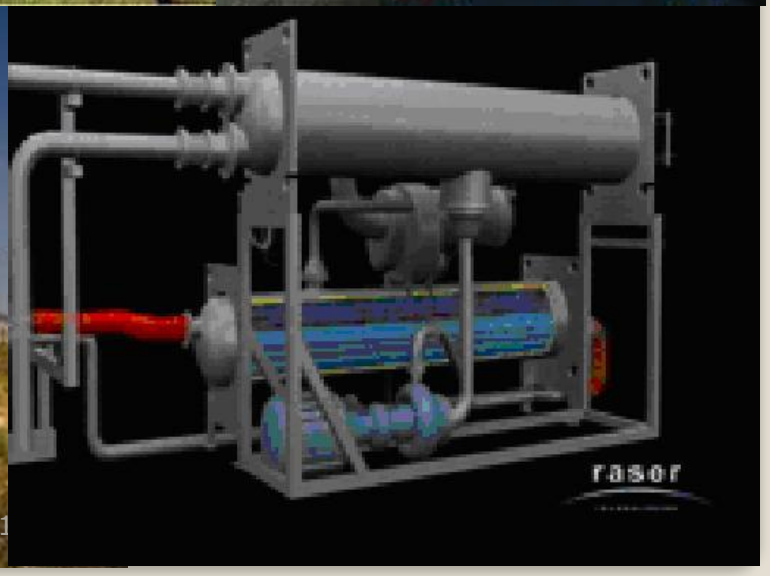
Izborni predmet – V semestar – 2+2+1 – 5 kredita (2OEM5A04)

Modul EKM - 2018/19.

Prof.dr Dragan Pantić, kabinet 337, dragan.pantic@elfak.ni.ac.rs
Prof. dr Dragan Mančić, M2-4, dragan.mancic@elfak.ni.ac.rs

Intake
Canal
Forebay
Penstock
Powerhouse


Production Well
Injection Well


rasor

Osnovne informacije o predmetu

- Naziv predmeta:
  OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

- Izborni predmet – V semestar – 2+2+1 – 5 kredita (2OEU5C03)

Modul US

- Izborni predmet – V semestar – 2+2+1 – 5 kredita (2OEE5A05)

Modul E

- Izborni predmet – V semestar – 2+2+1 – 5 kredita (2OEM5A04)

Modul EKM

- Nastavnici:
  Prof.dr Dragan Pantić, kabinet 337
  dragan.pantic@elfak.ni.ac.rs
  Prof. dr Dragan Mančić, kabinet M2-4
  dragan.mancic@elfak.ni.ac.rs
- Asistenti:
  Dr Sanja Aleksić, kabinet 347
  sanja.aleksic@elfak.ni.ac.rs
  Dipl. ing. Igior Jovanovic, kabinet M2-4
  igor.jovanovic@elfak.ni.ac.rs

Osnovne informacije o predmetu

- Preduslovi:

  Fizika, Elektronske komponente, Osnovi elektronike ...
- Metode izvođenja nastave:

  Predavanja, konsultacije, računske vežbe, lab vežbe uz korišćenje računara
- Mesto izvođenja nastave:

  Predavanja i vežbe se organizuju u učionici 431 utorkom u 10^{15}.

- **Literatura: (micro.elfak.ni.ac.rs)**
  - *D. Pantić, B. Pešić, S. Ristić, Z. Prijić, T. Pešić, A. Prijić, Projektovanje fotonaponskih sistema, Studija, Elektronski fakultet u Nišu, 2004.*
  - *Solar Cells, Miro Zeman, Delft University of Technology,*
  - *Planning and Installing Photovoltaic Systems - A guide for installers, architects and engineers, second edition*
  - *R.P. Mukund, Wind and Solar Power Systems, CRC Press, New York, 1999.*
  - *B. Sorensen, Renewable Energy, Elsevier Science, 2004.*
  - *F.A. Farret, M.G. Simoes, Integration of Alternative Sources of Energy, John Wiley & Sons, 2006.*
  - *R.P. Mukund, Wind and Solar Power Systems, CRC Press, New York, 1999.*
  - *Handbook of Energy Efficiency and Renewable Energy, Edited by F. Kreith and D. Zogi Goswami, CRC Press, 2007.*
  - *J. R. Fanchi, Energy Technology and Directions for the Future, Elsevier Academic Press, 2004.*
  - *G. M. Masters, Renewable and Efficient Electric Power System, John Wiley & Sons, 2004.*
  - *Renewable Energy Technology Characterization, Technical Report TR-109496, 1997.*
  - *Energy Conversion, D. Yogi Goswami and Frank Kreith, CRC Press 2007.*

Osnovne informacije o predmetu

Polaganje ispita

Predispitne obaveze	Poena	Završni ispit	Poena
Aktivnost	5	Pisani deo ispita	20
Vežbe	5	Usmeni deo ispita	20
Kolokvijum/Test	20		
Seminarski rad	30		
	Σ 60		**Σ 40**

Kao domaći zadatak sudenti dobijaju po nekoliko problema iz odabranih oblasti. Student samostalno urađen domaći zadatak dostavlja predmetnom nastavniku ili asistentu u dogovorenom roku.

U toku semestra student/grupa studenata dobija seminarski rad/timski projekat.

Osnovne informacije o predmetu

Cilj predmeta

- **Usvajanje osnovnih znanja o obnovljivim izvorima energije, metodama projektovanja, načinima realizacije i praktičnoj primeni uređaja za dobijanje i pretvaranje energije iz obnovljivih izvora.**

Sadržaj predmeta

- Uvod u obnovljive izvore energije.
- Solarna energija.
  - Solarna termalna energija.
  - Pasivno i aktivno solarno grejanje.
  - Solarna fotonaponska energija.
  - Vrste solarnih ćelija.
- Energija vetra.
- Geotermalna energija.
- Bioenergija.
  - Bio gas
  - Bio gorivo
  - Bio masa

Sadržaj predmeta

- Energija talasa, plime i oseke.
- Ostali obnovljivi izvori energije.
- Pretvaranje, skladištenje i prenos energije.
- Akumulatori i pretvarači.
- Projektovanje sistema baziranih na obnovljivim izvorima energije.
- Socio-ekonomski aspekti primene obnovljivih izvora energije.
- Pravna regulativa: relevantni zakoni, dokumenta, planovi i podzakonska akta.

- Ambiciozan plan država EU da povećaju udeo obnovljivih izvora energije sa 8.5% u 2005. godini na 20% celokupne potrošnje energije u EU do 2020. godine.
- Doprinos borbi protiv globalnog zagrevanja i veća energetska nezavisnost.
- Ova aktivnost EU doprinela je otvaranju više od **350.000 radnih mesta** sa godišnjim prometom od preko 30 milijardi eura.
- EU je svetski lider u oblasti razvoja, upotrebe i instalacije tehnologija za iskorišćenje obnovljivih izvora energije.

EU – 20% energije iz obnovljivih izvora energije do 2020 godine!

- Originalni poreski kredit ističe!!
- Investicije u vetar i solarnu energiju su opale za 90%.
- U većini mesta ugalj i prirodni gas su i dalje jeftiniji nego nesubvencionisani obnovljivi izvori energije.
- Odluka o novom poreskom kreditu.
- U trenutku kada novi poreski kredit istekne, Sunce i vetar će biti najjeftiniji izvori energije.

USA – 2016.

odluka da produži poreske kredite za još 5 godina

- Novih 20 GW solarne energije – više snage nego ikada instalirane iz solarnih panela.
- Poreski kredit od 25 milijardi $ u narednih 5 godina će pokrenuti ulaganja od 38 milijardi $ u solarnu i 35 milijardi $ u energiju vetra do 2021.
- Obezbeđuje se snabdevanje električne energije za napajanje 8 miliona domova.
- Akcije skaču!!:
  - 34% SolarCity – najveći krovni instalater OIE
  - 25% SunEdison – razvoj tehnologija OIE
  - 14% SunPower – proizvođač panela

MODEL: USA – 2016.

odluka da produži poreske kredite za još 5 godina

Motivacija! – pre 10 godina

Uredba o podsticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora

„Kvote“ su opšte prihvaćeni naziv za ukupno instalisane snage svih elektrana u zbiru prema dole navedenim kategorijama koje će biti podržane merama podsticaja u Republici Srbiji. Kvote su definisane samo za solarne elektrane i elektrane na vetar i to:

Tip elektrane	Kvota [MW]
Elektrane na vetar	500
Solarne elektrane na objektu, snage do 30 kW	2
Solarne elektrane na objektu, snage od 30 kW do 500 kW	2
Solarne elektrane na zemlji	6

Kvote

Vrsta	Instalirana snaga (MW)	Podsticajna cena (c€/kWh)	Efektivno vreme rada (h)
Vetroelektrane		9.2	9000 u kvartalu podsticajnog perioda
Solarne elektrane	na objektu do 0.03	14.60-80*P	1400 u godini podsticajnog perioda
	na objektu 0.03 – 0.5	12.404-6.809*P	
	na zemlji	9	
Geotermalni elektrane		8.2	8600 u godini podsticajnog perioda
Elektrane na biomasu	do 1	13.26	8600 u godini podsticajnog perioda
	1 – 10	13.82-0.56*P	
	preko 10	8.22	
Elektrane na biogas	0 – 2	18.33-1.111*P	
	2 – 5	16.85-0.370*P	
	preko 5	15	

P – označava vrednost ukupne instalisane snage postrojenja za proizvodnju električne energije izraženu u MW

- Hidroenergija – mini hidroelektrane
- Energija vetra – vetrenjače
- Geotermalna energija
- Solarna energija – termički i fotonaponski solarni paneli
- Biomasa – biodizel, biogas; verovatno jedan od najvažnijih obnovljivih izvora energije u budućnosti
- Energija talasa, plime i oseke

Tehnologije koje bi trebalo da obezbede ispunjnje postavljenog cilja!!!

Izvori energije

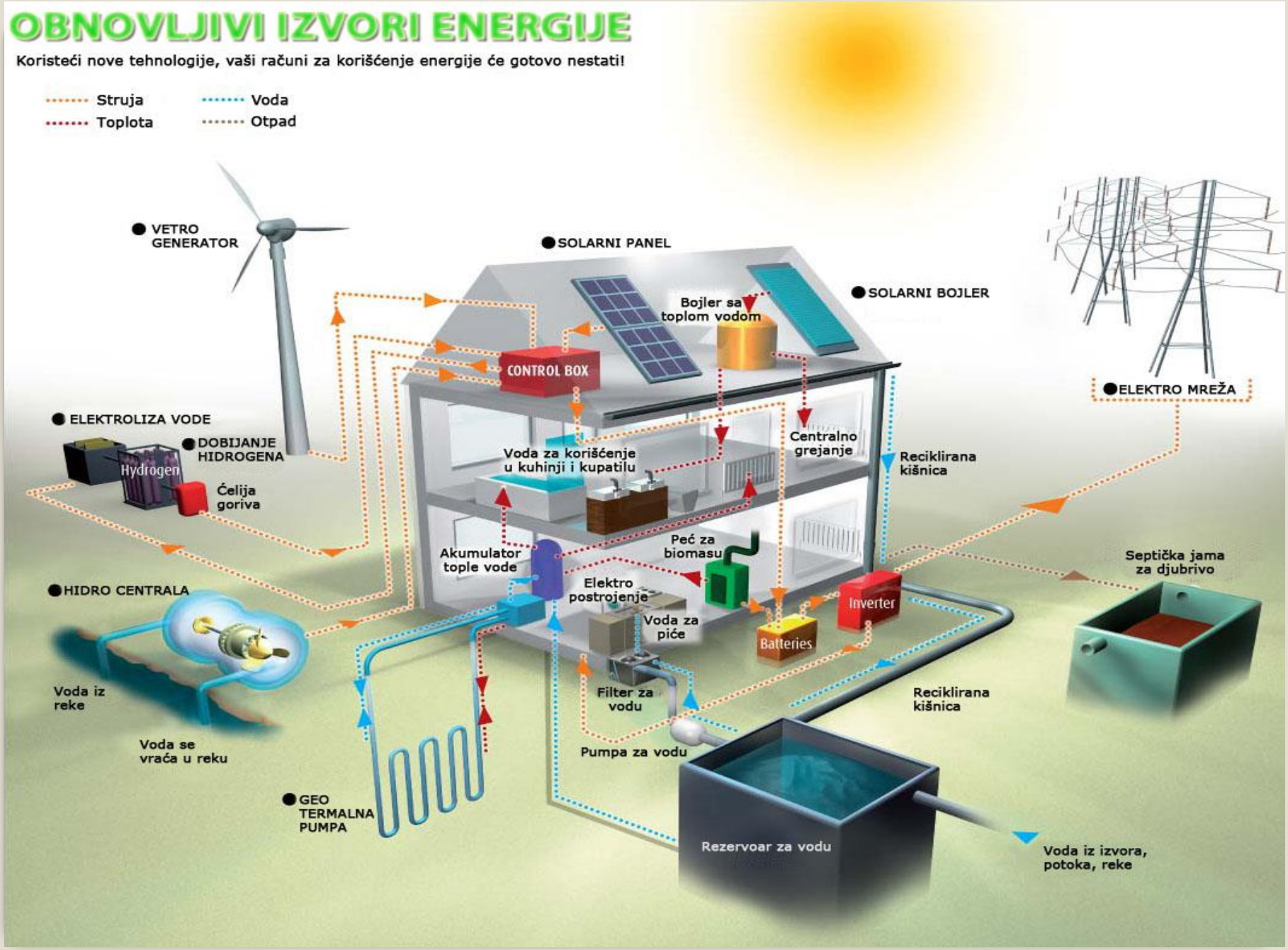
- Termin izvor energije u fizičkom smislu nema smisla, jer se kosi sa osnovnim **Zakonom o održanju energije**
- Pod izvorima energije se podrazumevaju oni elementi koji mogu dati određenu korisnu energiju tj. energiju koja će vršiti koristan rad
- Dele se u dve osnovne grupe:
  - **Obnovljivi izvori energije**
  - **Neobnovljivi (konvencionalni) izvori energije**
- Kada se govori o obnovljivim izvorima energije (često se koristi i termin ekološki čista energija)

- Sunčeva energija
- Energija vetra
- Hidroenergija
- Termalna energija
- Energija plime i oseke
- Energija talasa
- Kapilarni sistemi
- Gorive ćelije
- Vodonik

Obnovljivi izvori energije

OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE

Koristeći nove tehnologije, vaši računi za korišćenje energije će gotovo nestati!



PV paneli kao zvučna barijera

Technology Roadmap

Solarna fotonaponska energija

Osnovne činjenice o PV

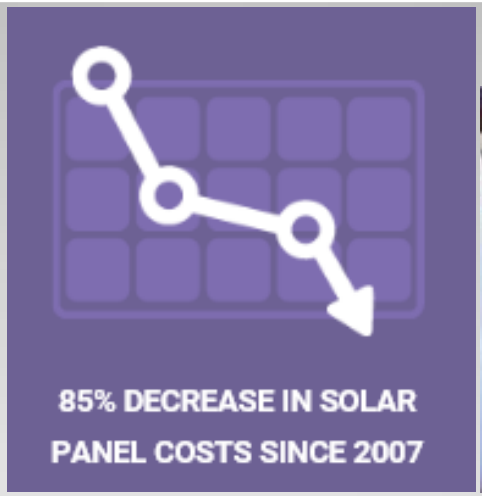
- Solarni PV sistemi su komercijalno dostupni i zasnovani su na pouzdanim tehnologijama.
- Imaju veoma veliki potencijal za duži vremenski period.
- Procena je da će do **2050. godine 11%** ukupne proizvodnje električne energije poticati od PV sistema.
- Ovo će smanjiti **emisiju CO_2** za 2.3Gt godišnje.

- Ostvarivanje ovih ciljeva zahteva efikasnu, dugoročnu i izbalansiranu politiku u sledećoj deceniji, kako bi se omogućio:
  - optimalni razvoj tehnologije,
  - smanjenje cena,
  - povećanje industrijske proizvodnje, i
  - masovnu primenu.
- Značajna, skoro odlučujuća, je uloga političara na vlasti koji moraju da definišu dugoročne ciljeve i mere kako bi podstakle investicije u ovoj oblasti.

Osnovne činjenice o PV

Osnovne činjenice o PV

- PV elektrane će postati postati potpuno kompetitivne sa elektro mrežama do 2020. godine, a verovatno i ranije u mnogim regijama.
- Posle toga treba podžavati samoodrživost PV mreža.
- Sledeći korak je razvoj novih tehnologija kako bi se veliki PV sistemi integrisali u fleksibilne, efikasne i pametne mreže.



"Today's solar panels are 50% more powerful than those made just 8 years ago."

- Dave Ranhoff, SVP, SunEdison Solar Materials

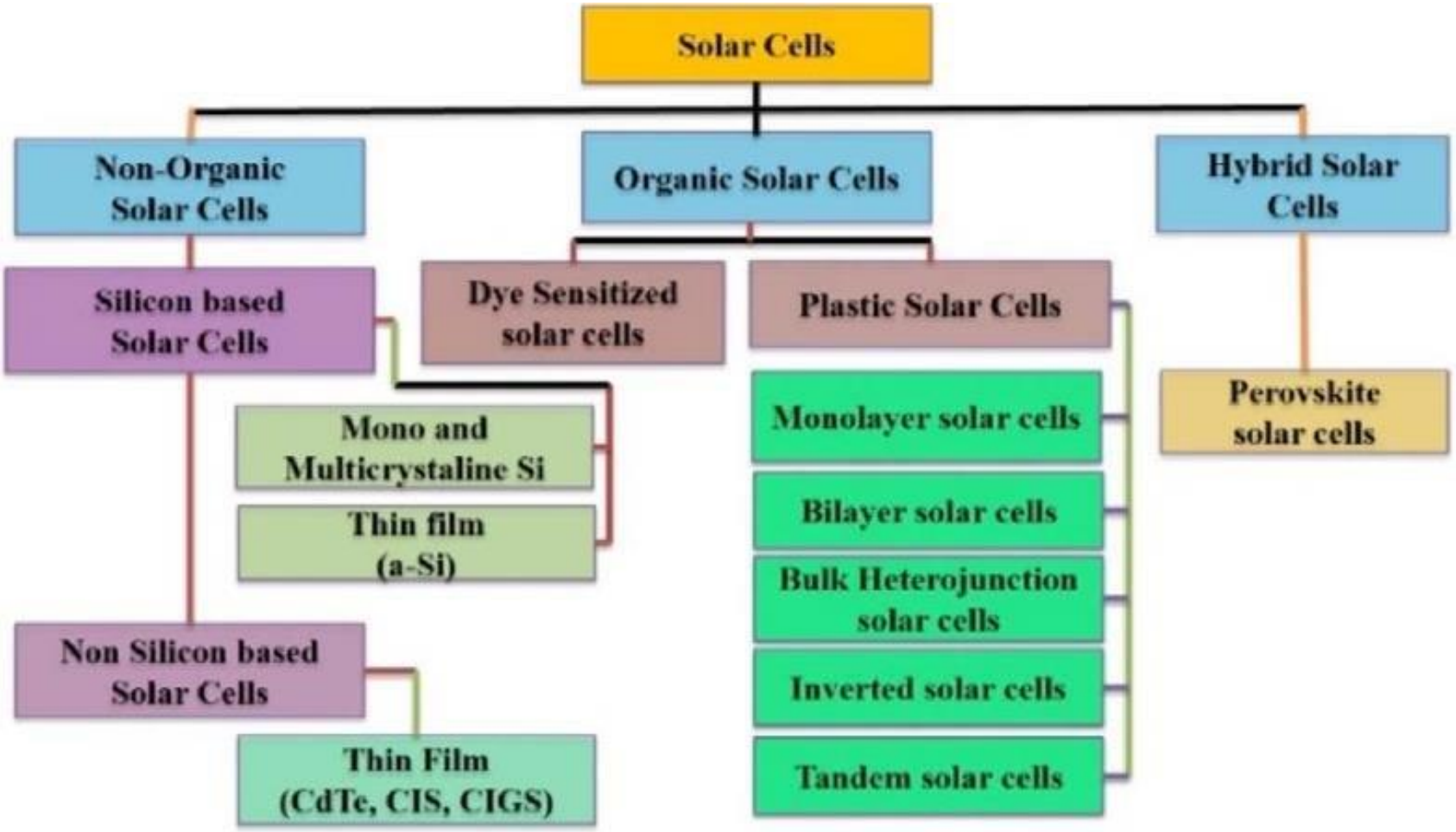
PV – trenutni status

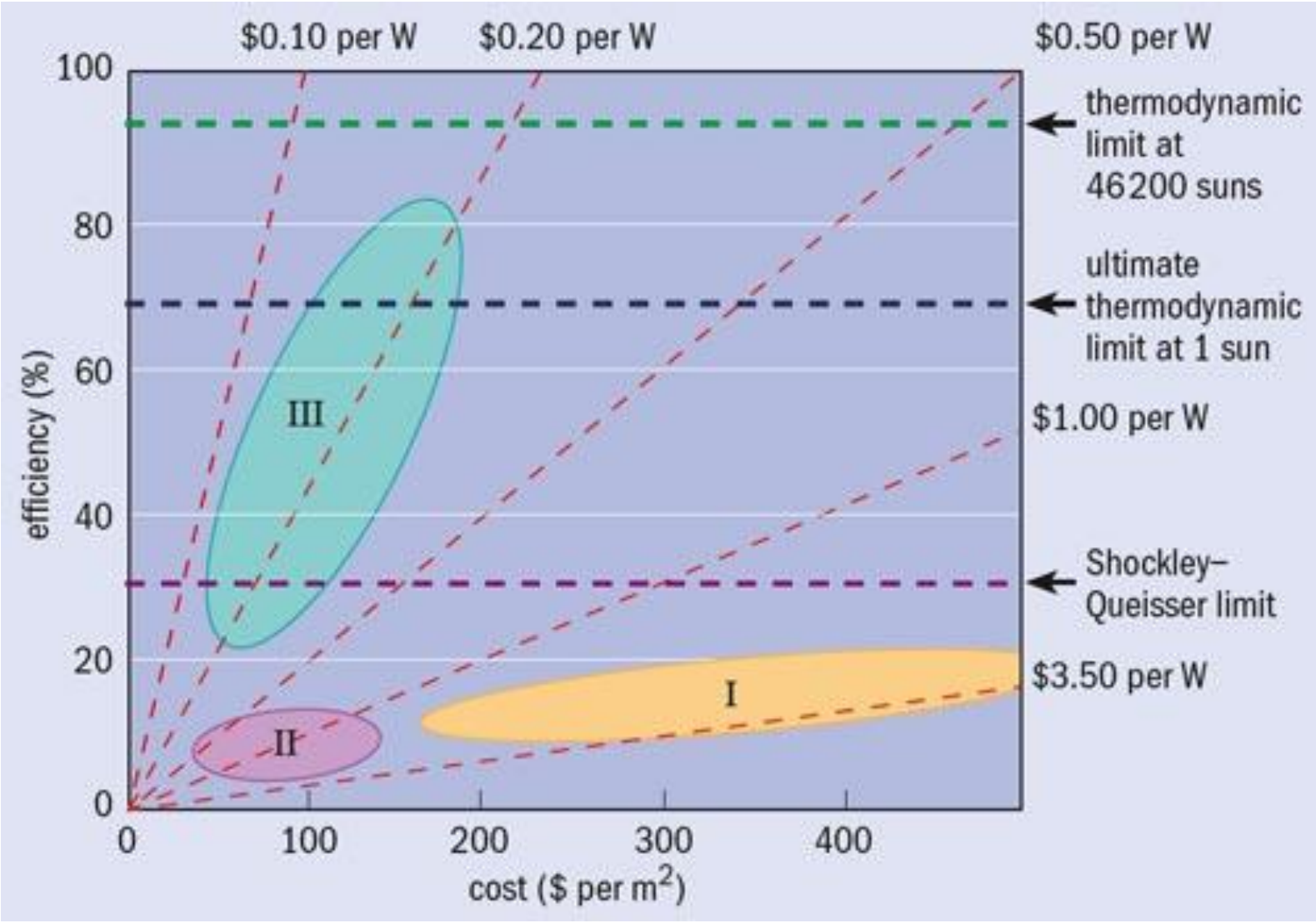
Tehnologije konverzije solarne energije

- Postoje tri tehnologije korišćenja solarnog zračenja kao aktivnog izvora energije:
  - **Solar photovoltaics (PV)** – električna energija se generiše direktnom konverzijom sunčevog zračenja
  - **Concentrating solar power systems (CSP)** – koristi se koncentrisano solarno zračenje kao izvor visoke temperature, koji se dalje koristi za dobijanje električne energije.
  - **Solar heating and cooling (SHC)** – za zagrevanje ili hlađenje vode ili prostorija koriste termičku energiju direktno od Sunca.
- Ova tri načina iskorišćavanja solarnog zračenja nisu konkurentna. Naprotiv, oni se dopunjavaju i u zavisnosti od postojećih uslova i zahteva bira se najpogodniji način za korišćenje solarnog zračenja.

PV tehnologije: Pregled

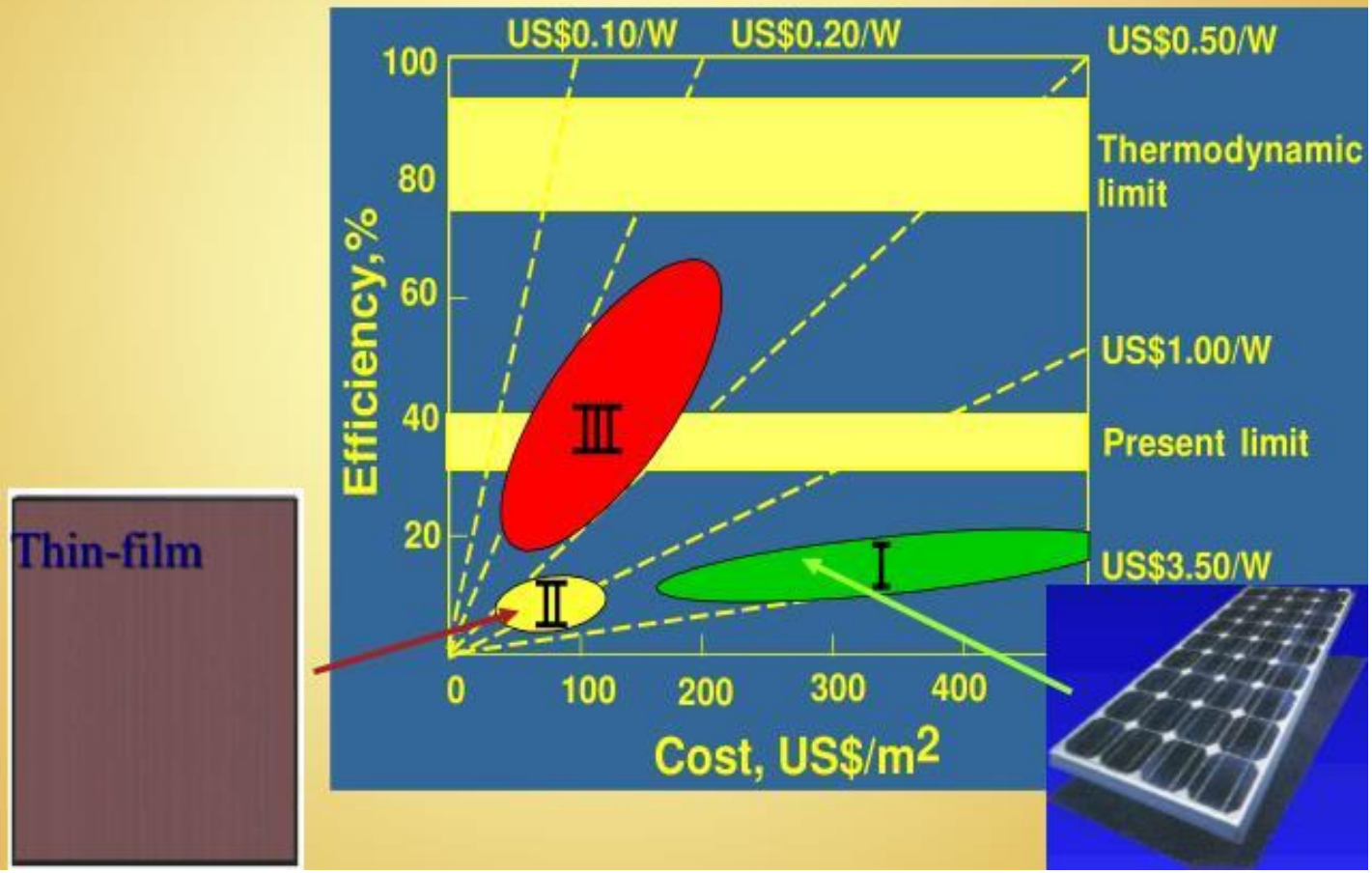
- **Crystalline silicon (c-Si)** moduli predstavljaju 85-90% godišnje svetske proizvodnje. C-Si moduli su podeljeni u dve kategorije:
  - single crystalline (sc-Si) i
  - multi-crystalline (mc-Si).
- **Thin films** moduli trenutno predstavljaju 10% do 15% godišnje prodaje PV modula. Oni su podeljeni u tri kategorije:
  - amorphous (a-Si) i micromorph silicon (a-Si/µc-Si),
  - Cadmium-Telluride (CdTe), i
  - Copper-Indium-Diselenide (CIS) and Copper-Indium-Gallium-Diselenide (CIGS).
- **Emerging technologies –** obuhvataju napredne tanke filmove i organske ćelije.
- **Concentrator technologies (CPV)** – koriste optičke koncentratorse sisteme koji fokusiraju solarno zračenje na male, visokoefikasne ćelije. CPV tehnologije su trenutno u fazi intenzivnog testiranja.
- **Novel PV concepts –** cilj je dobijanje vrlo efikasnih solarnih ćelija korišćenjem naprednih materijala i foto-hemijskih procesa. Trenutno su predmet intenzivnih proučavanja.

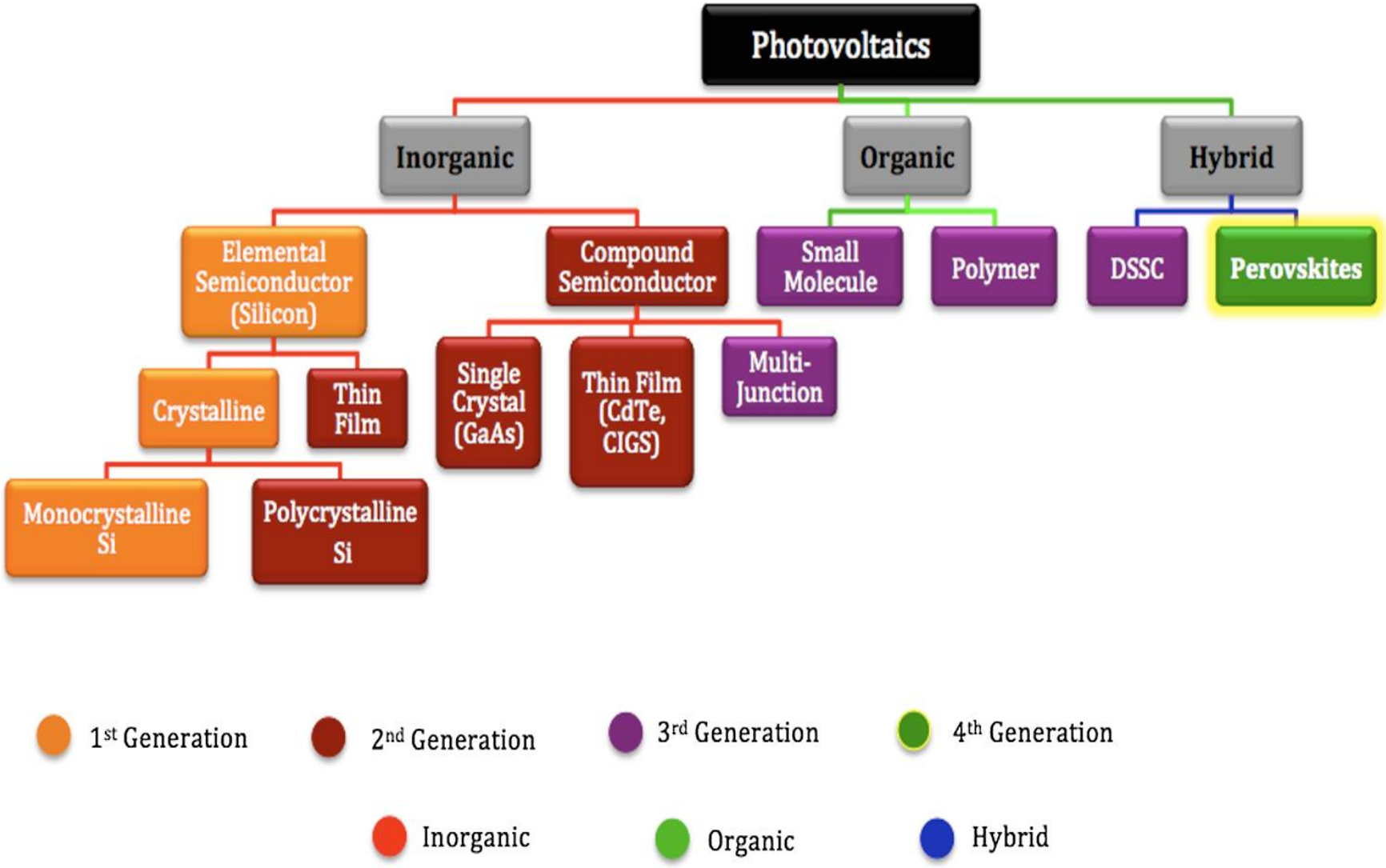

Solar Cells
Non-Organic Solar Cells
Organic Solar Cells
Hybrid Solar Cells
Silicon based Solar Cells
Dye Sensitized solar cells
Plastic Solar Cells
Perovskite solar cells
Mono and Multicrystaline Si
Thin film (a-Si)
Monolayer solar cells
Bilayer solar cells
Bulk Heterojunction solar cells
Inverted solar cells
Tandem solar cells
Non Silicon based Solar Cells
Thin Film (CdTe, CIS, CIGS)

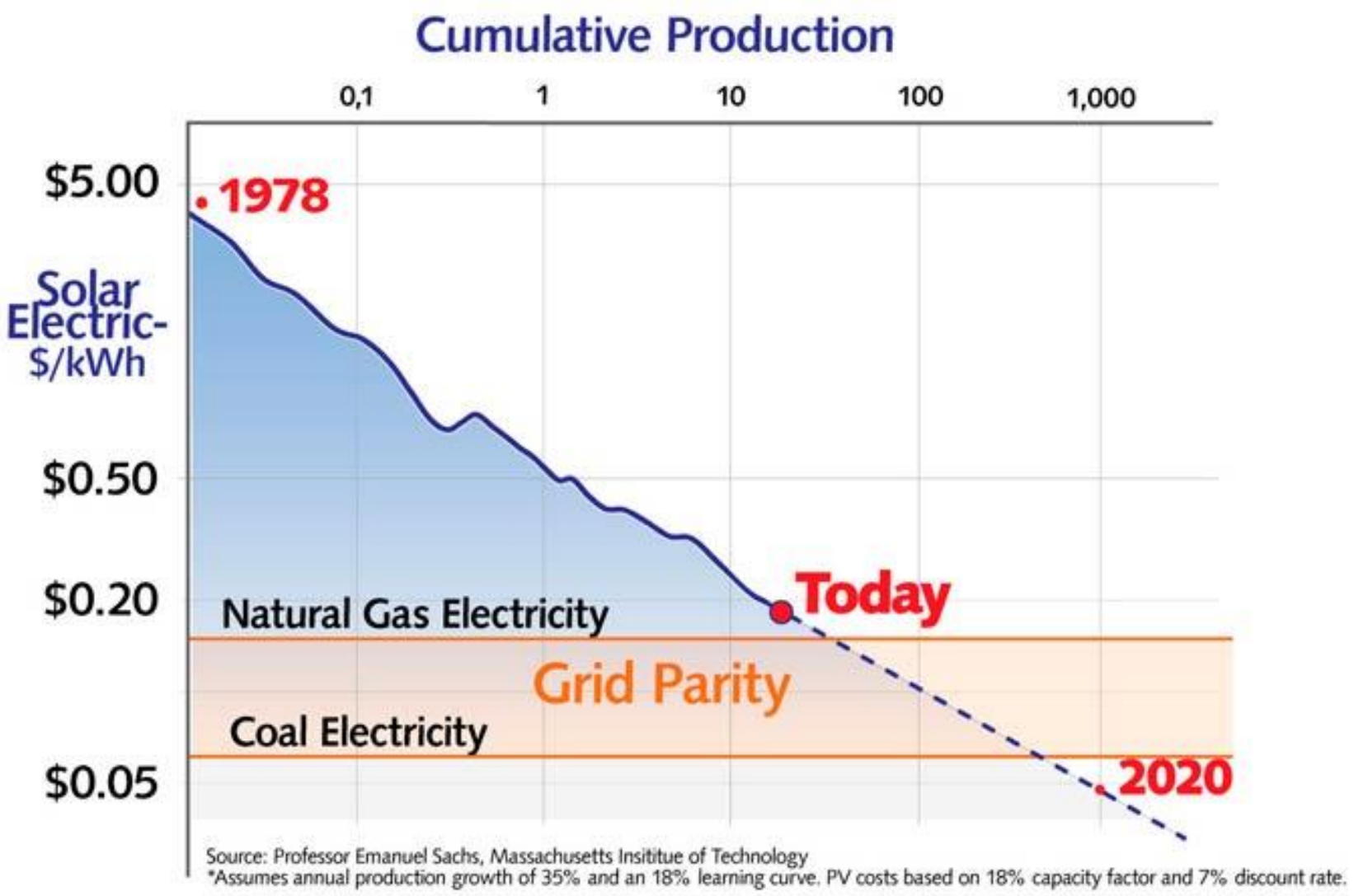

$0.10 per W
$0.20 per W
$0.50 per W
thermodynamic limit at 46200 suns
ultimate thermodynamic limit at 1 sun
$1.00 per W
Shockley–Queisser limit
$3.50 per W
III
II
I
efficiency (%)
cost ($ per m2)
0
20
40
60
80
100
0
100
200
300
400

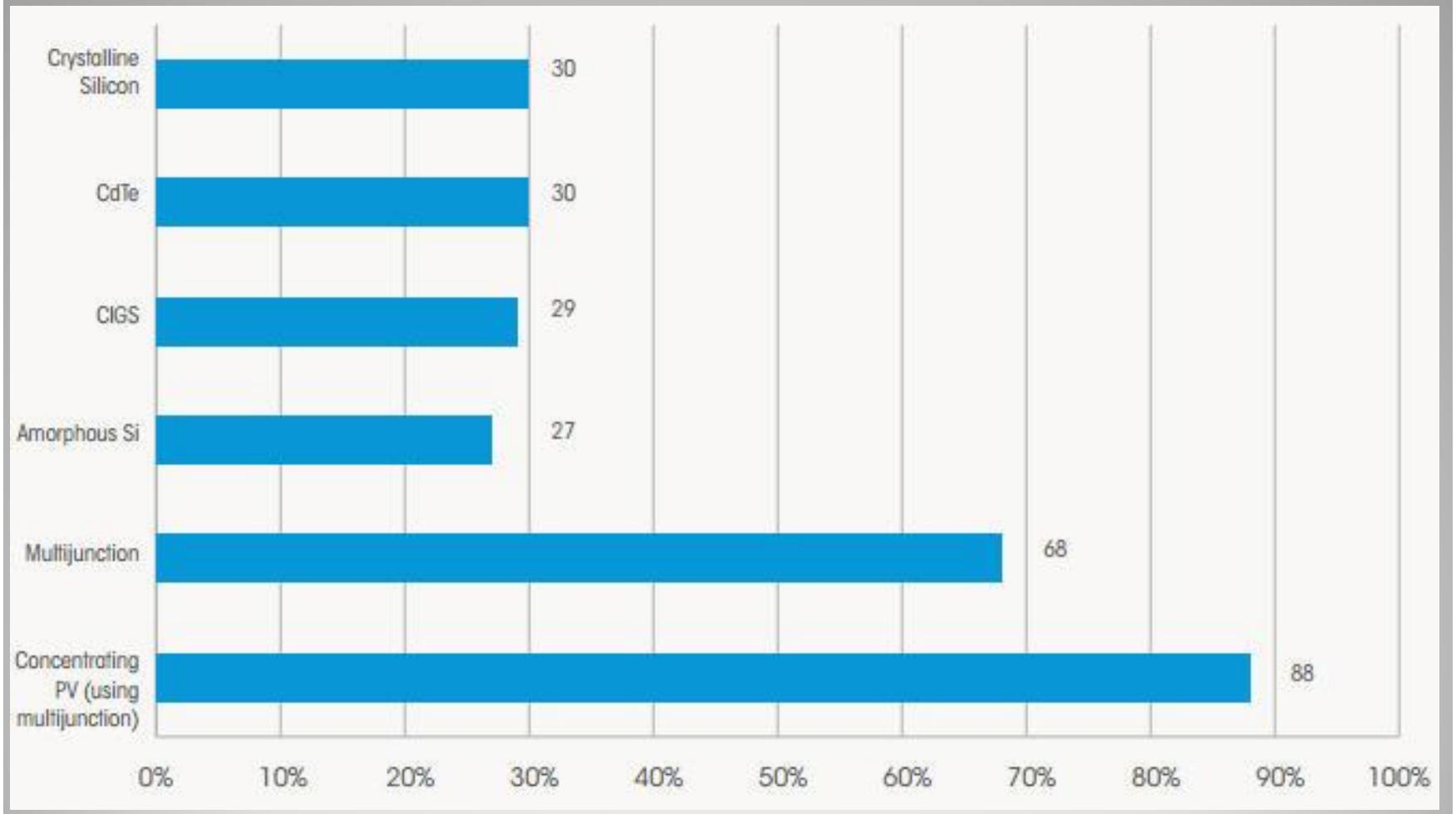
Solar Cell Technology

The 3 generations

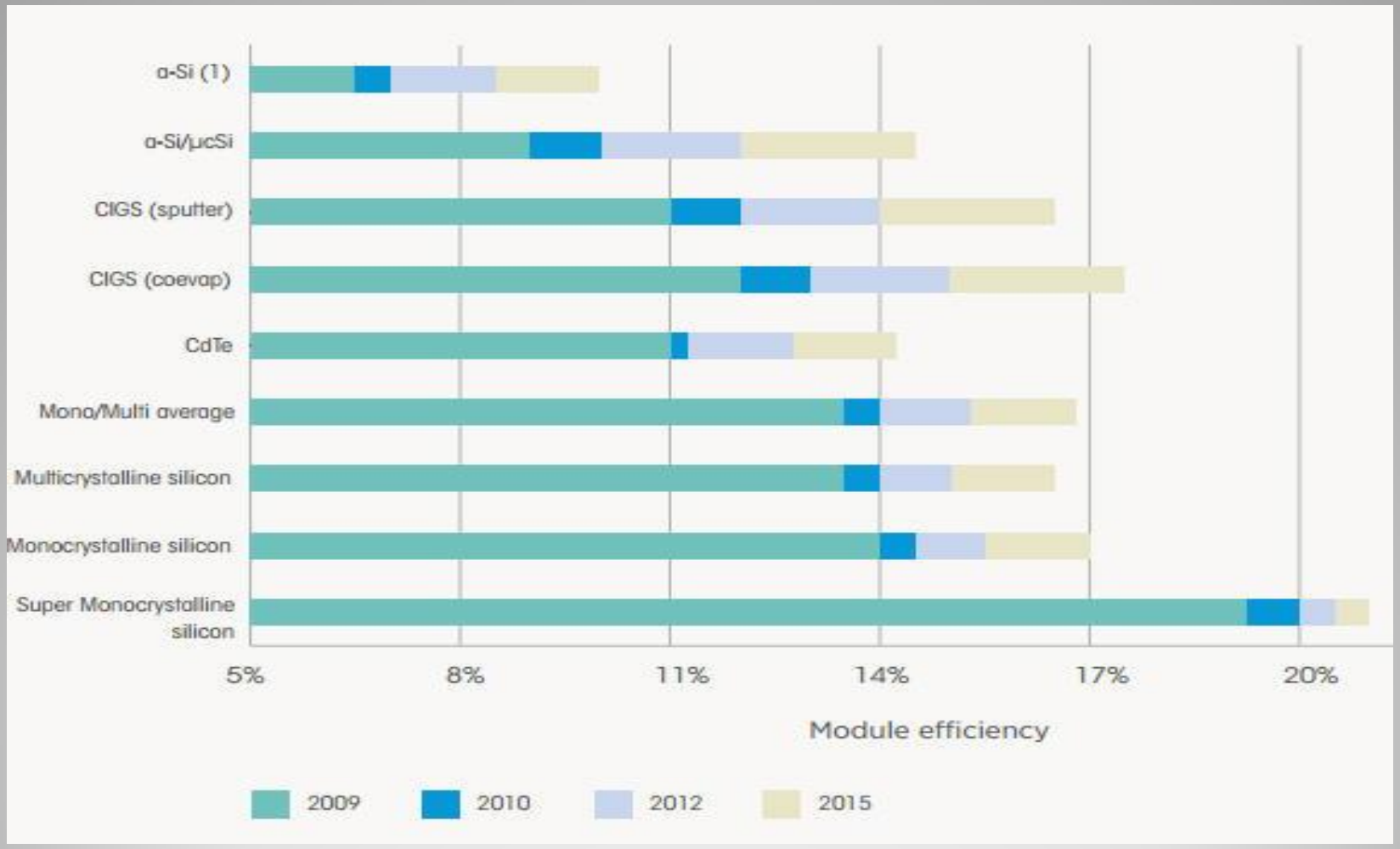



Photovoltaics
Inorganic
Organic
Hybrid
Elemental Semiconductor (Silicon)
Compound Semiconductor
Small Molecule
Polymer
DSSC
Perovskites
Crystalline
Thin Film
Single Crystal (GaAs)
Thin Film (CdTe, CIGS)
Multi-Junction
Monocrystalline Si
Polycrystalline Si
1st Generation
2nd Generation
3rd Generation
4th Generation
Inorganic
Organic
Hybrid


Cumulative Production
0,1
1
10
100
1,000
$5.00
1978
Solar Electric- $/kWh
$0.50
$0.20
Natural Gas Electricity
Today
Grid Parity
Coal Electricity
$0.05
2020
Source: Professor Emanuel Sachs, Massachusetts Insititue of Technology
*Assumes annual production growth of 35% and an 18% learning curve. PV costs based on 18% capacity factor and 7% discount rate.



Maksimalna teorijska efikasnost



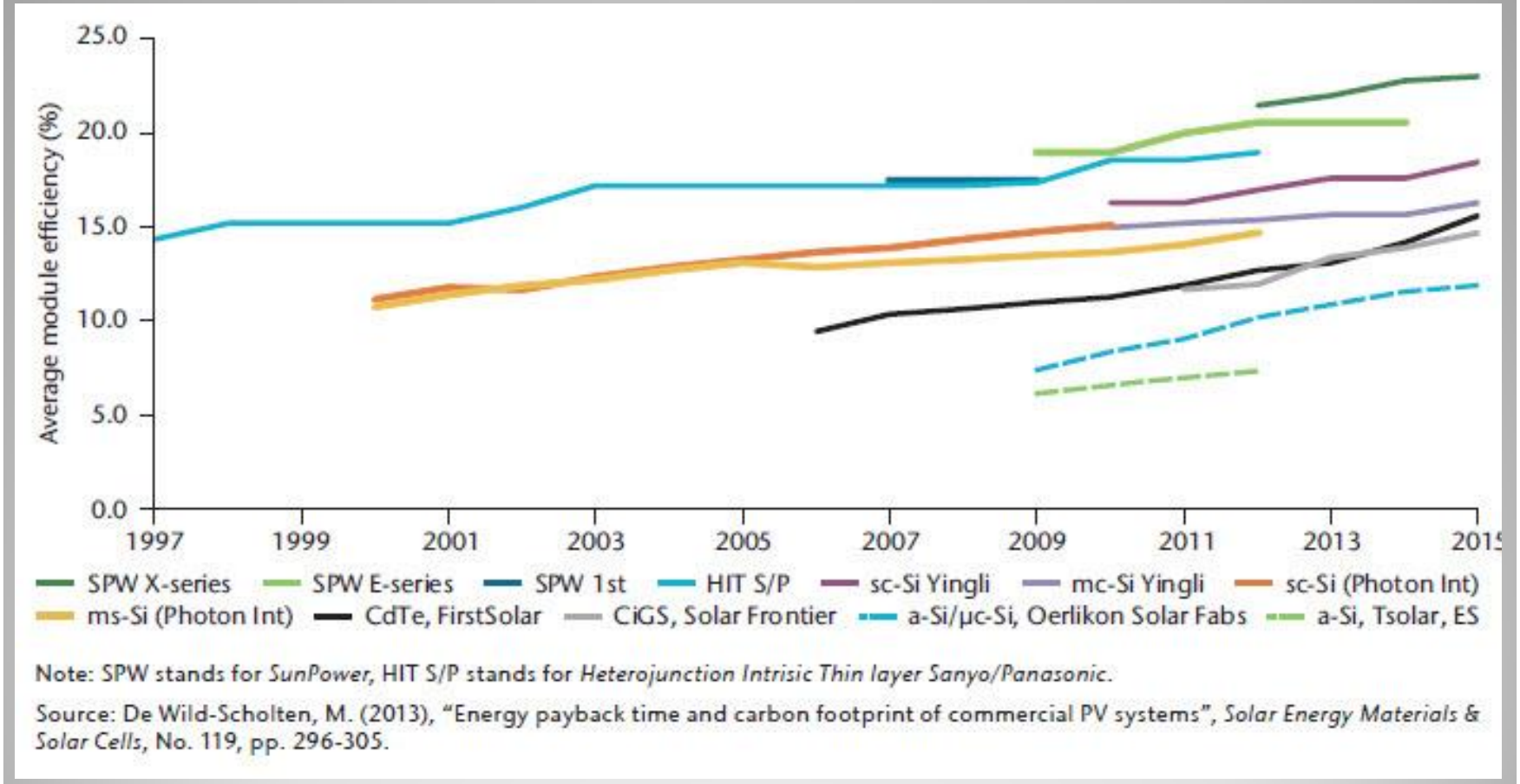
Trenutna i projektovana efikasnost PV modula

Efikasnost se definiše kao odnos proizvedene električne energije i količine incidentne solarne energije u sekundi

Table 1: Current efficiencies of different PV technology commercial modules

Wafer-based c-Si		Thin films		
sc-Si	mc-Si	a-Si; a-Si/μc-Si	CdTe	CIS/CIGS
14-20%	13-15%	6-9%	9-11%	10-12%

Trenutna efikasnost PV komercijalnih modula

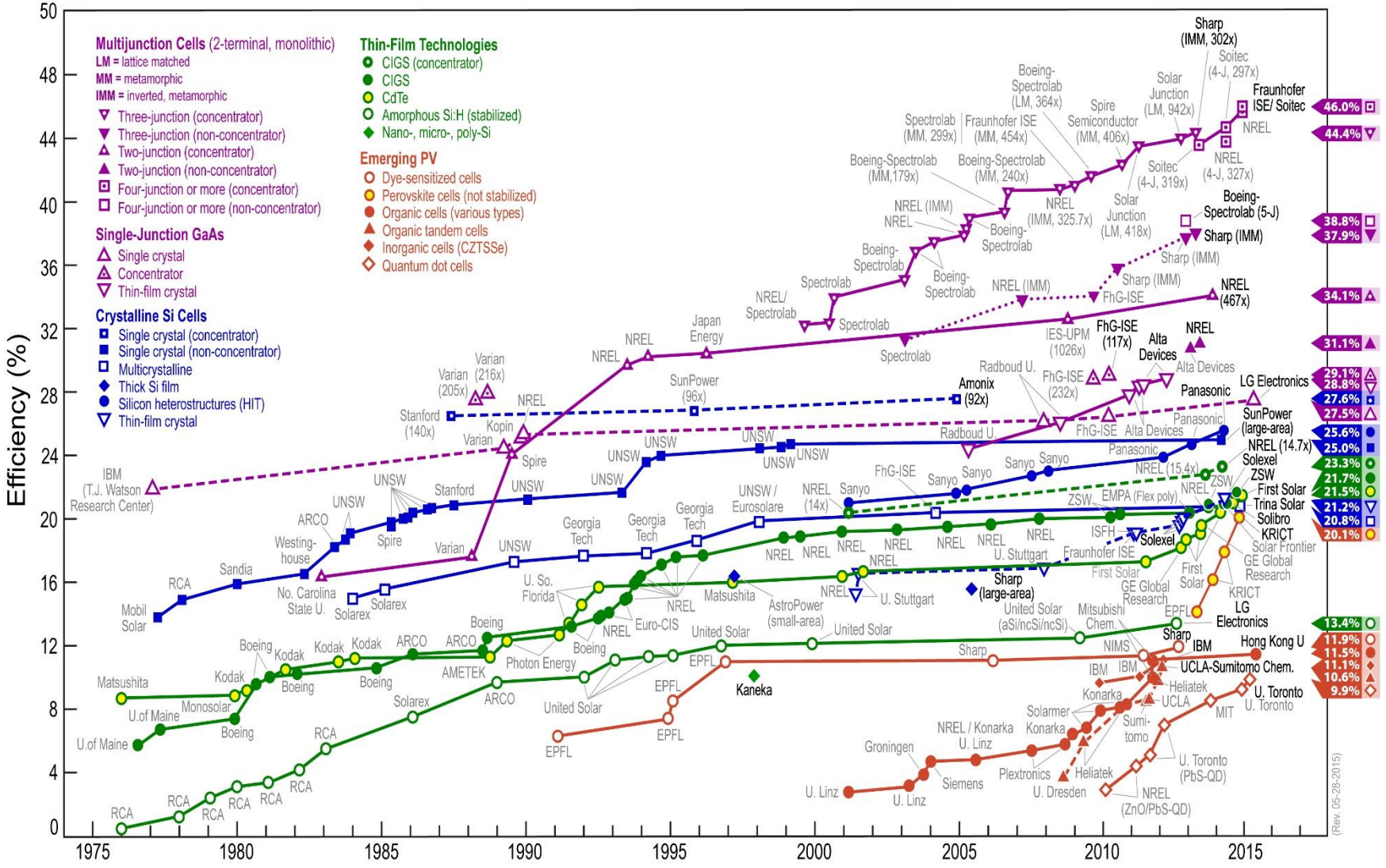


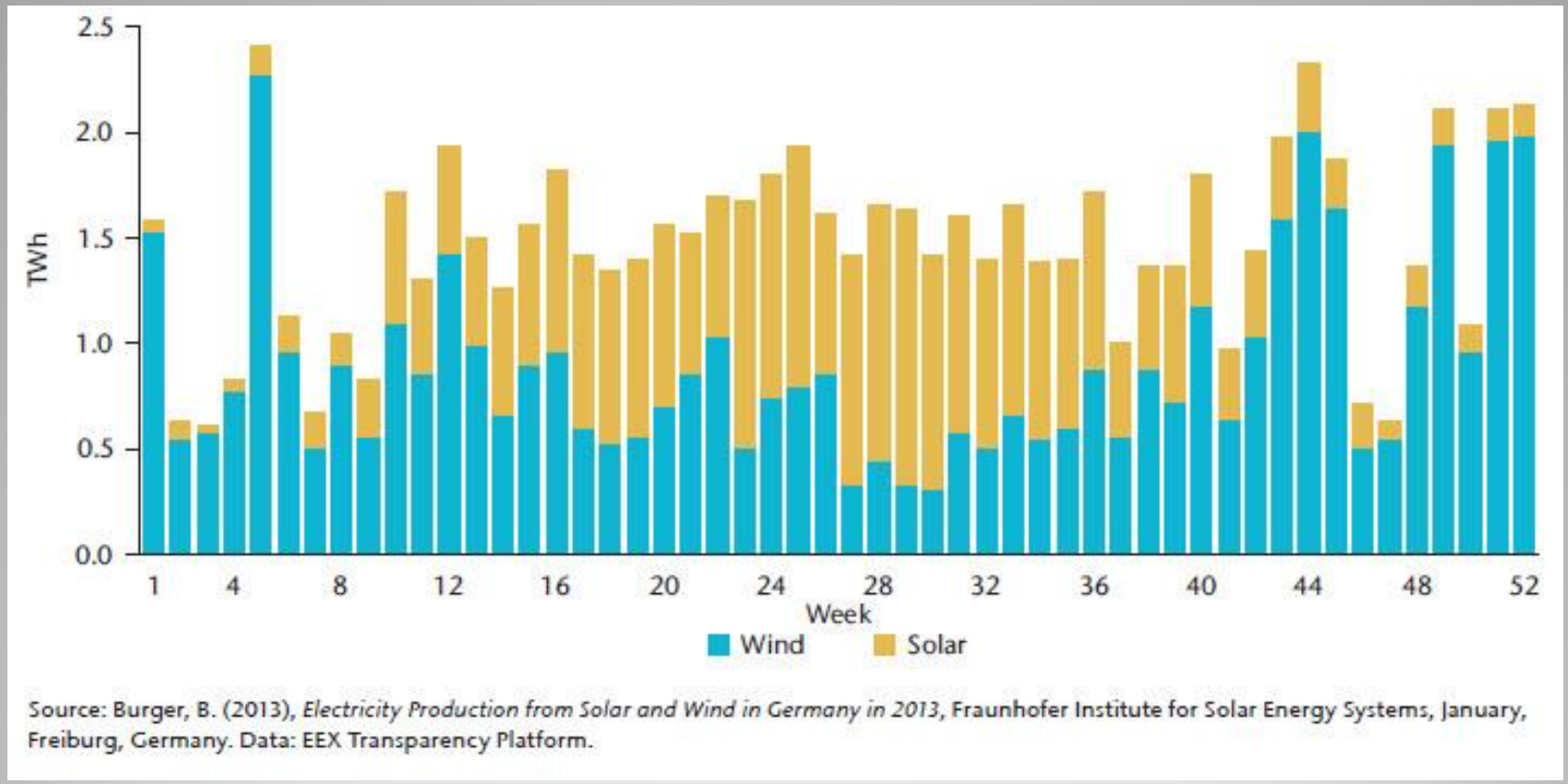
Note: SPW stands for *SunPower*, HIT S/P stands for *Heterojunction Intrisic Thin layer Sanyo/Panasonic*.

Source: De Wild-Scholten, M. (2013), "Energy payback time and carbon footprint of commercial PV systems", *Solar Energy Materials & Solar Cells*, No. 119, pp. 296-305.

Efikasnost solarnih ćelija

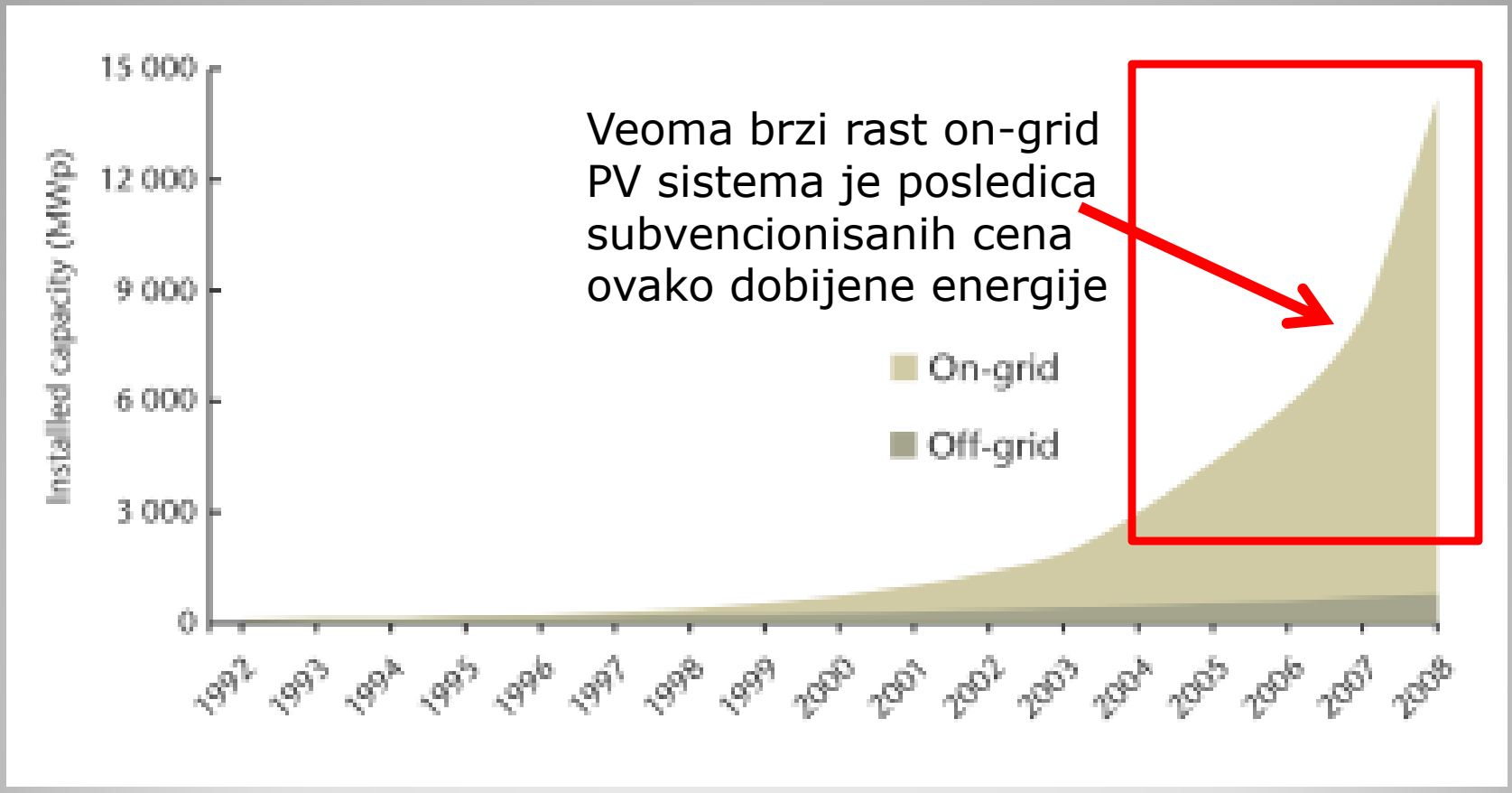
Best Research-Cell Efficiencies



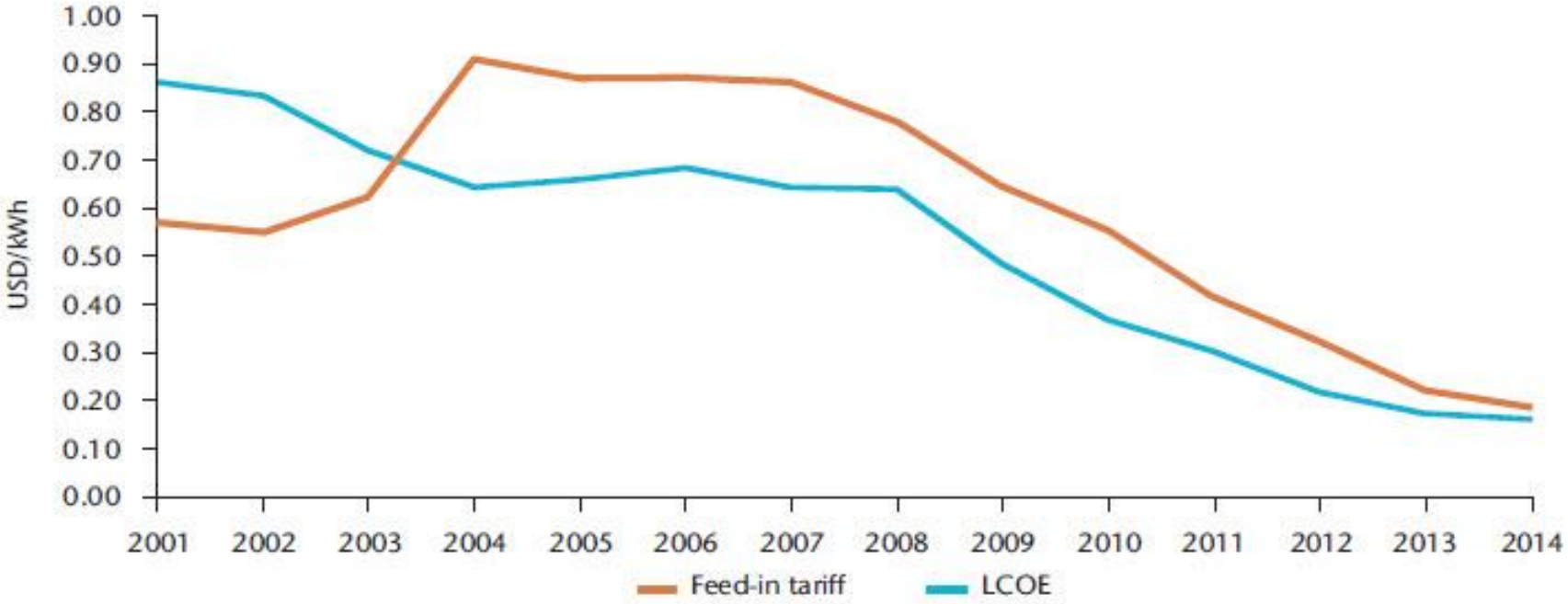


Source: Burger, B. (2013), *Electricity Production from Solar and Wind in Germany in 2013*, Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems, January, Freiburg, Germany. Data: EEX Transparency Platform.

Dobar primer!!



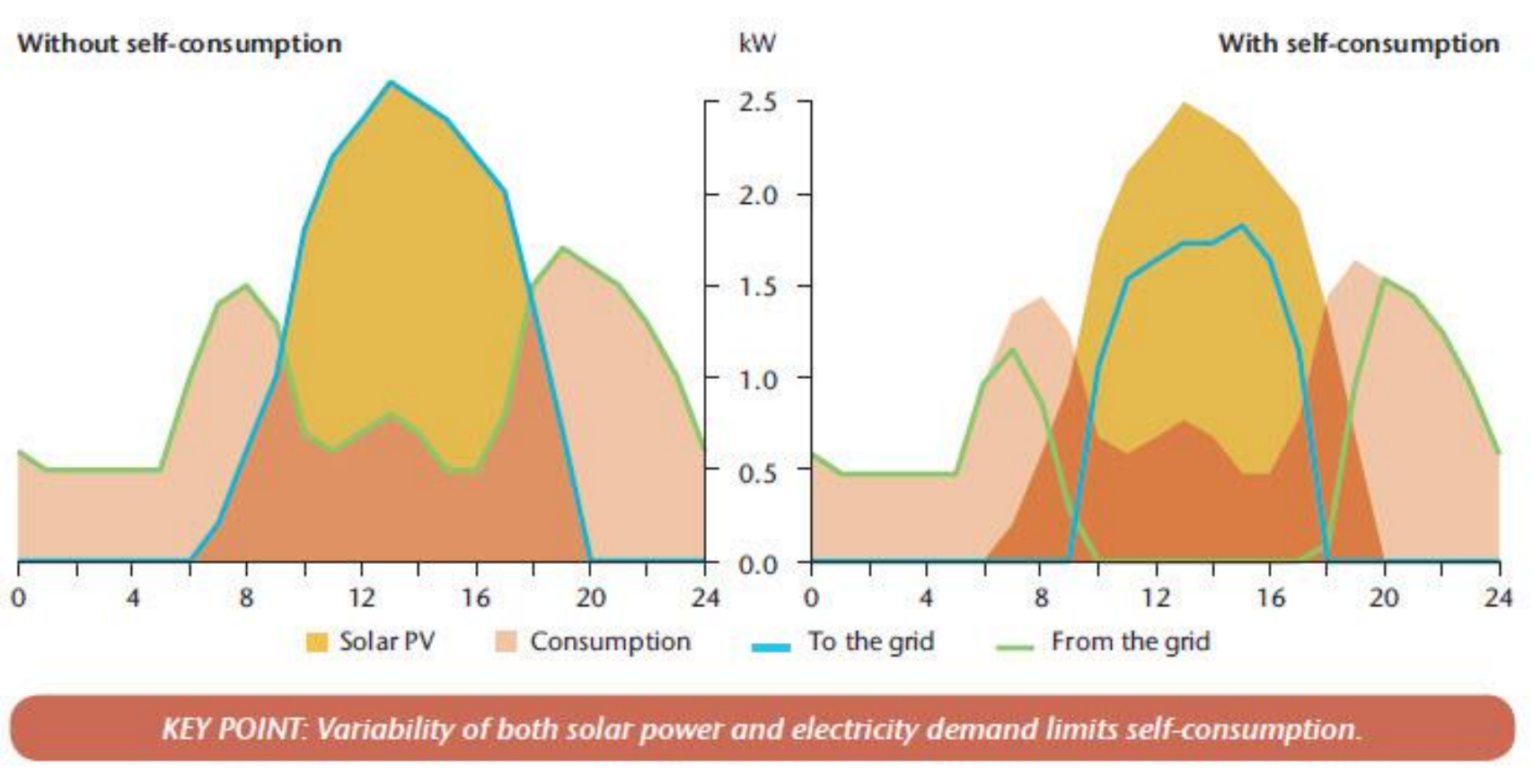
Instalirani PV sistemi



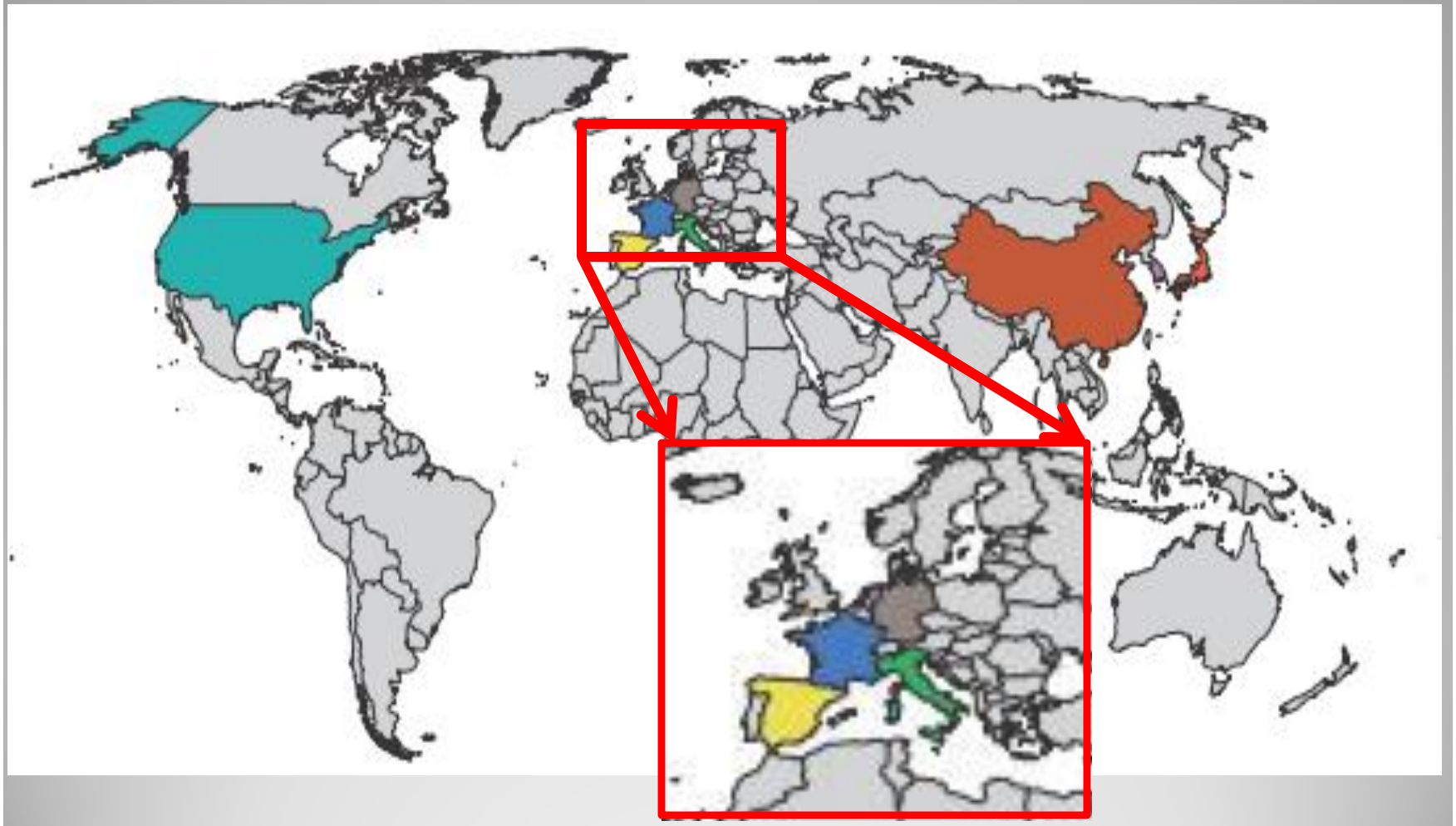
Note: The German feed-in tariff applies to systems <30 kW to April 2012 and to systems <10 kW after that. LCOE assumptions: real discount rate 2.4%, annual O&M 1% of initial investment, 1040 full load hours. All prices are in 2013 USD.

KEY POINT: Feed-in tariffs, if well-managed, can deliver PV deployment providing fair remuneration to investors.

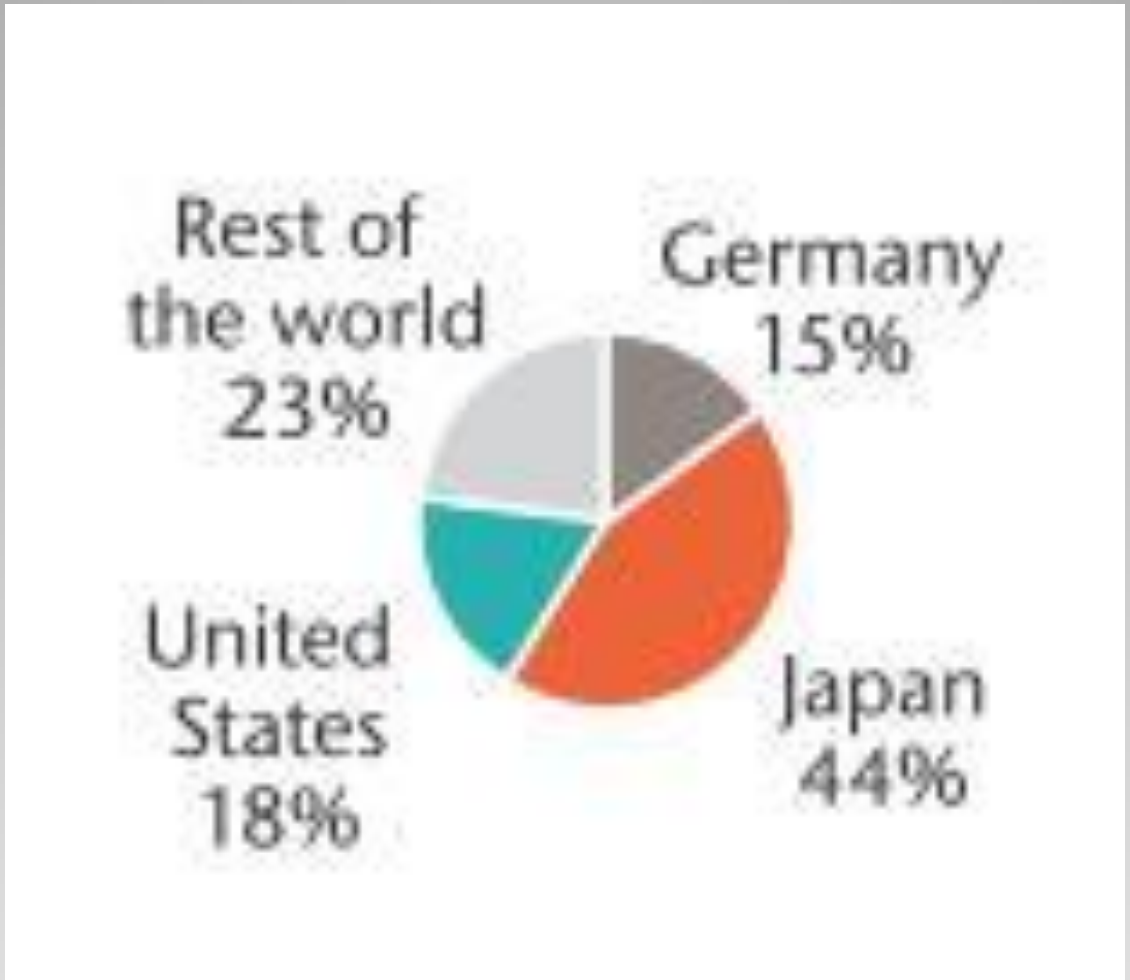
Feed-in tarifa - Nemačka



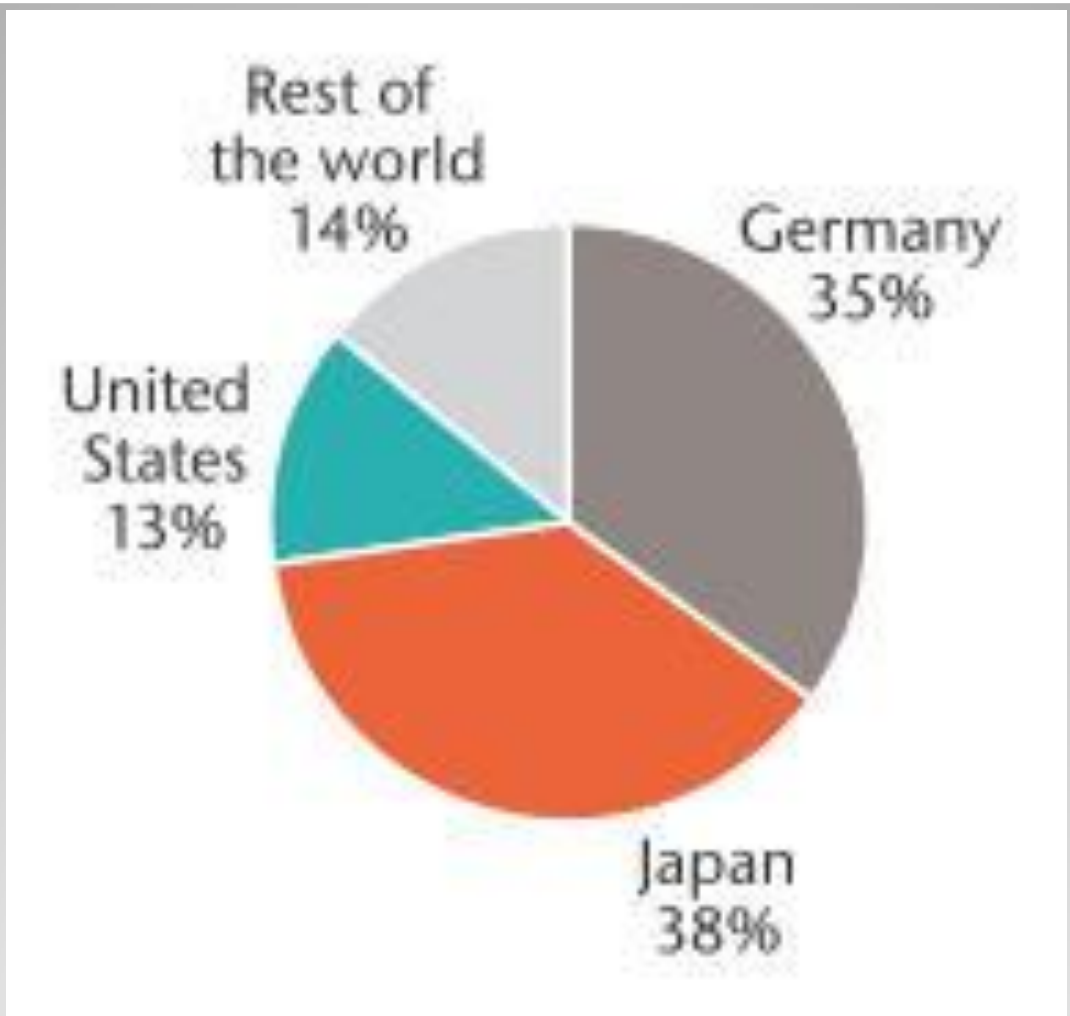
Potrošnja u toku dana.



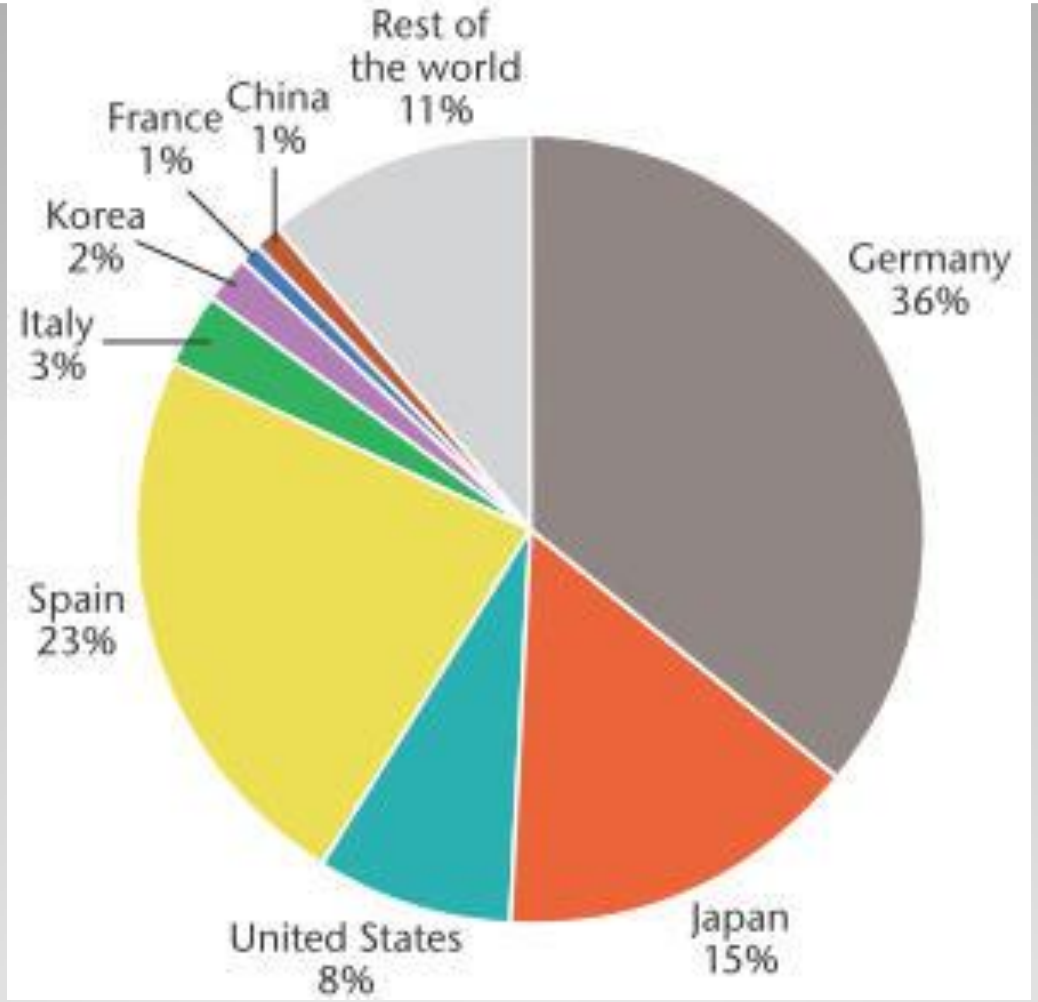
Zemlje sa najviše instaliranih PV kapaciteta



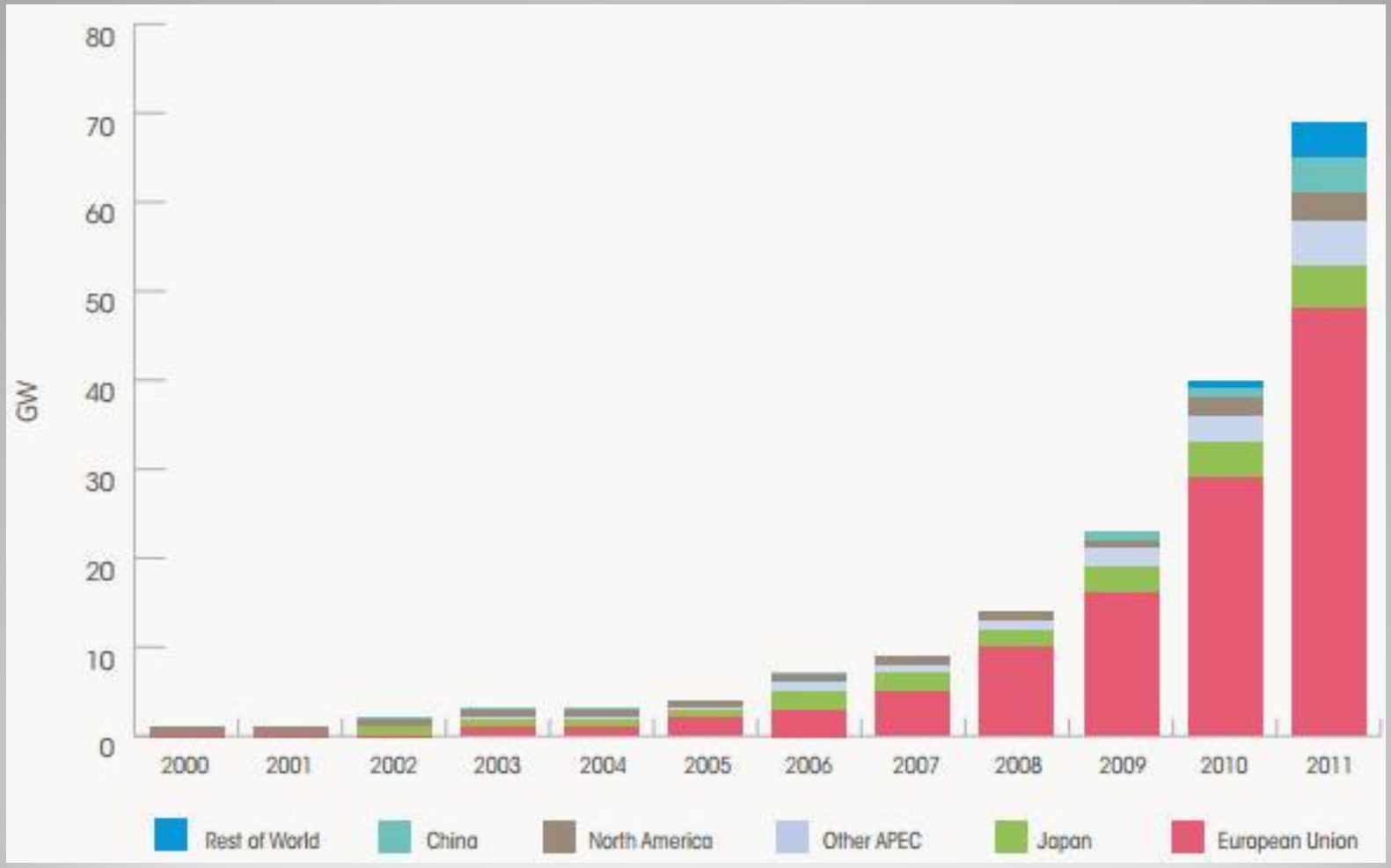
Instalirani PV sistemi 2000. – oko 1000MW



Instalirani PV sistemi 2004. – 3000MW

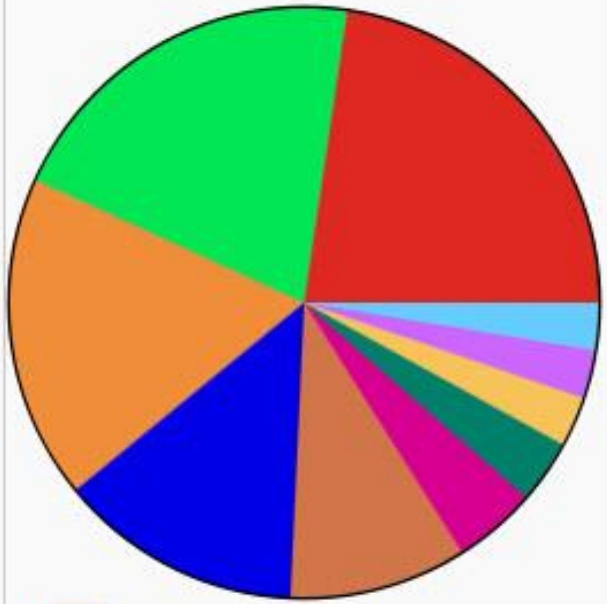


Instalirani PV sistemi 2008. – 14500MW



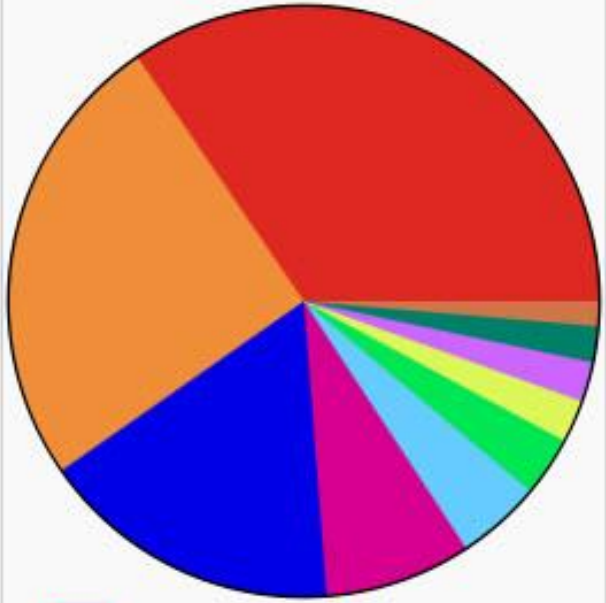
Instalirani PV kapaciteti

Top 10 countries in 2015 based on total PV installed capacity (MW)[7]

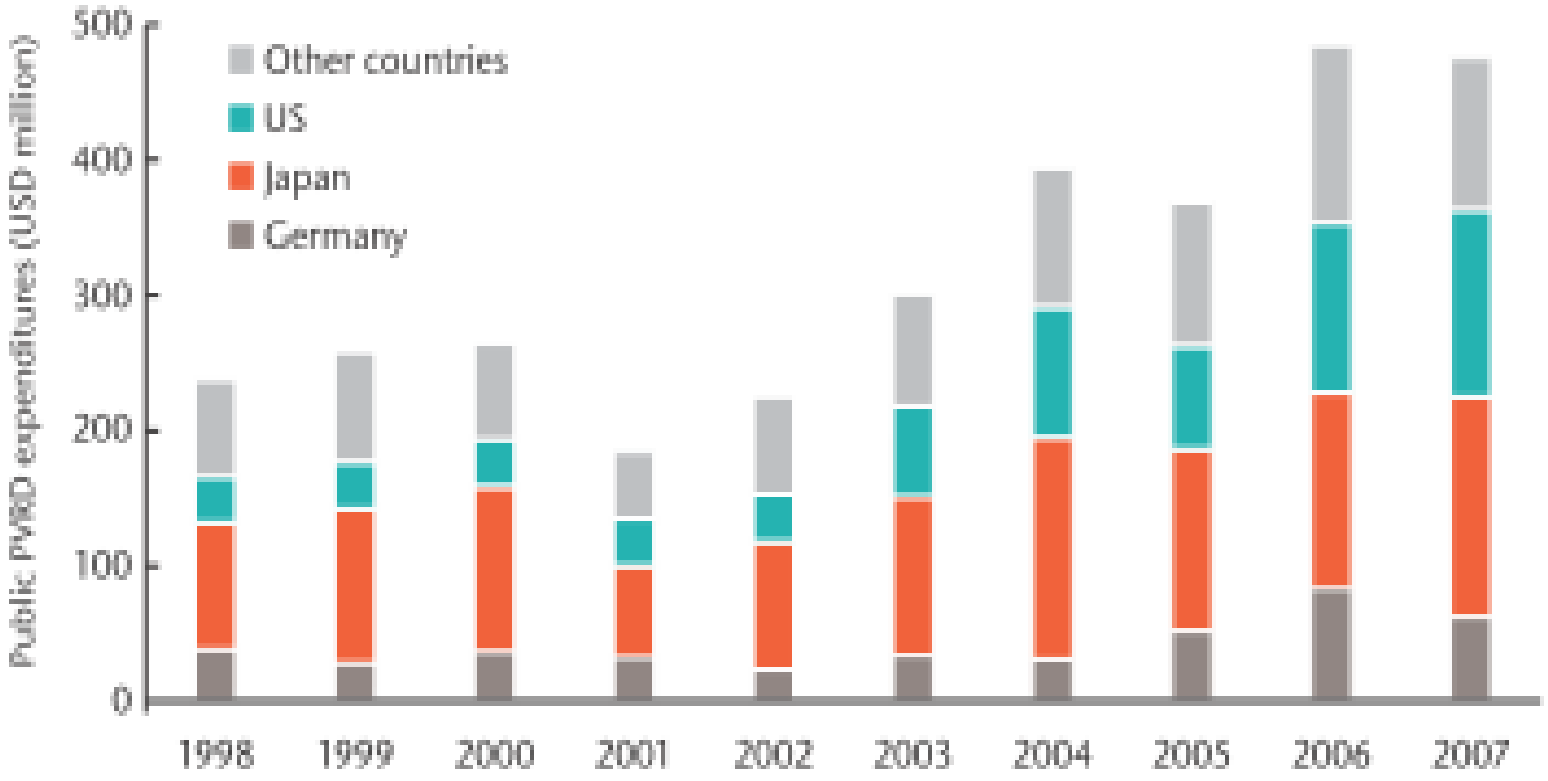


- China: 43,530 MW (22.5%)
- Germany: 39,700 MW (20.6%)
- Japan: 34,410 MW (17.8%)
- United States: 25,620 MW (13.3%)
- Italy: 18,920 MW (9.8%)
- United Kingdom: 8,780 MW (4.5%)
- France: 6,580 MW (3.4%)
- Spain: 5,400 MW (2.8%)
- Australia: 5,070 MW (2.6%)
- India: 5,050 MW (2.6%)

Top 10 countries based on added PV capacity in 2015 (MW)[7]

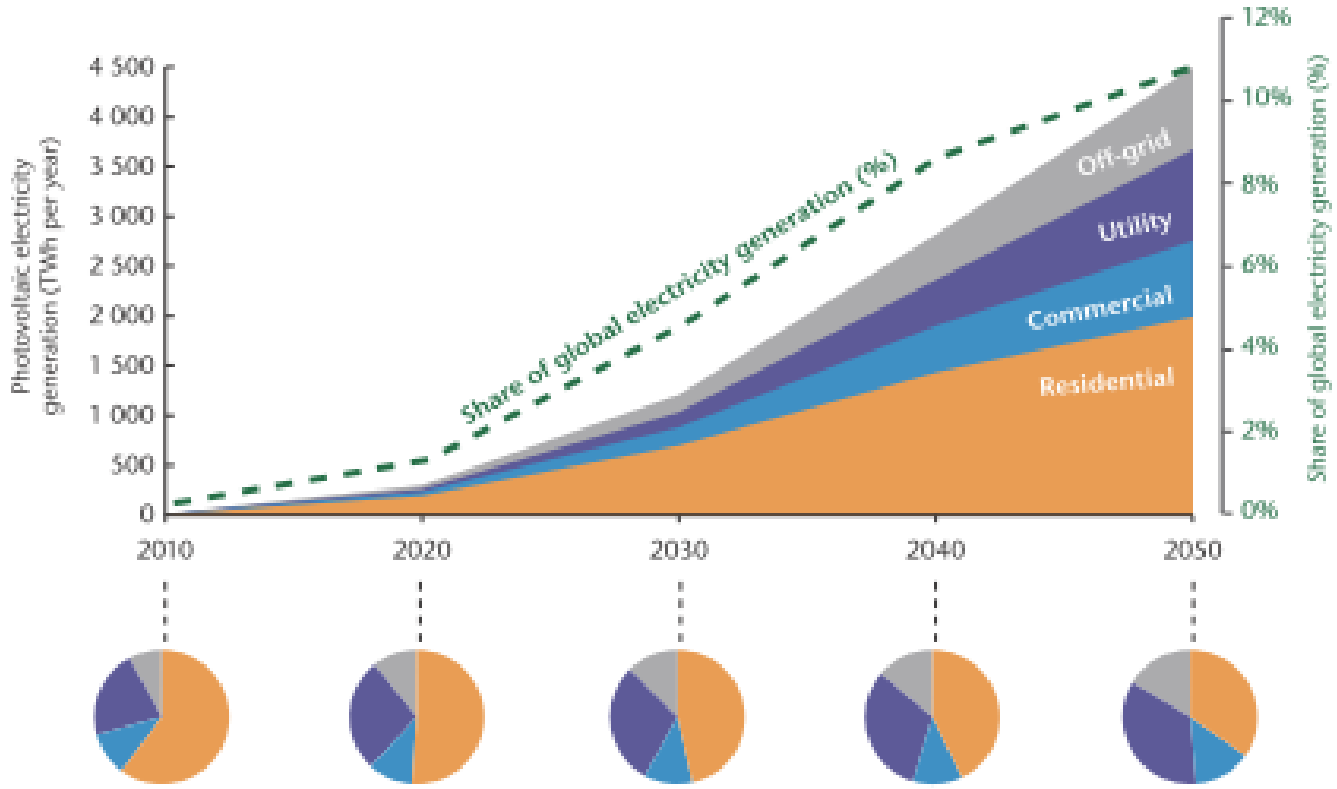


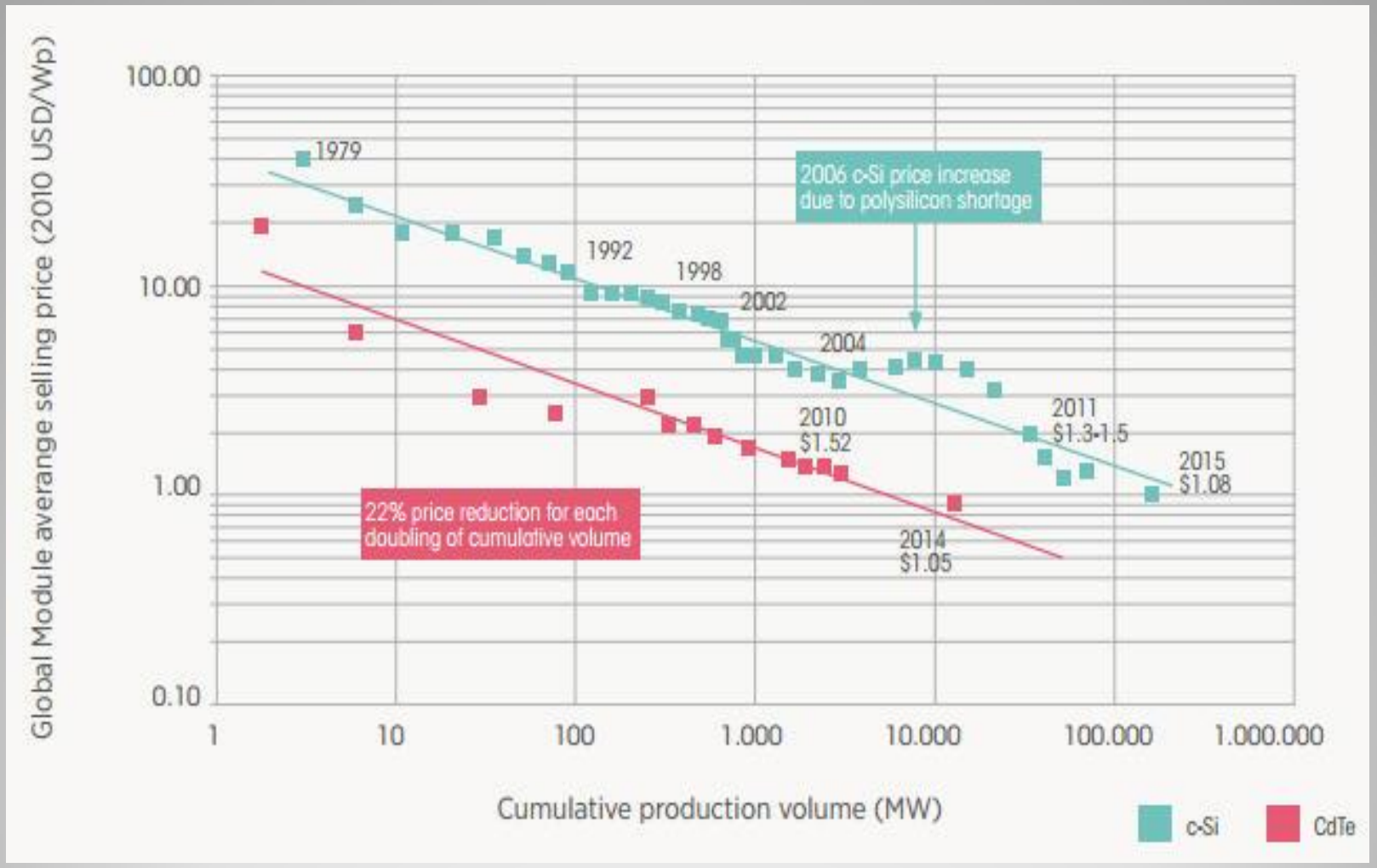
- China: 15,150 MW (34.6%)
- Japan: 11,000 MW (25.1%)
- United States: 7,300 MW (16.7%)
- United Kingdom: 3,510 MW (8.0%)
- India: 2,000 MW (4.6%)
- Germany: 1,450 MW (3.3%)
- South Korea: 1,010 MW (2.3%)
- Australia: 935 MW (2.1%)
- France: 879 MW (2.0%)
- Canada: 600 MW (1.4%)



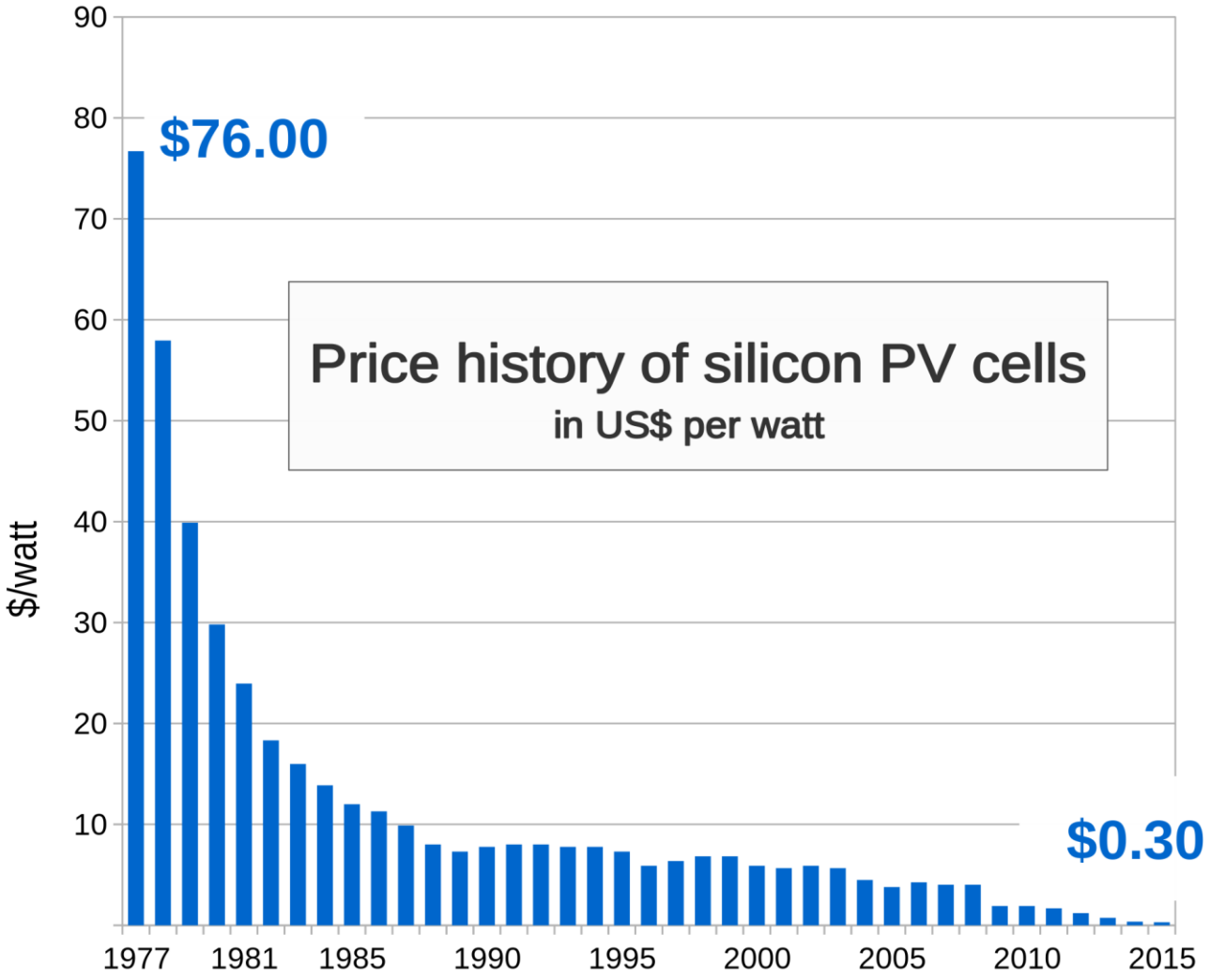
Izdvajanje za PV R&D

Evolution of photovoltaic electricity generation by end-use sector

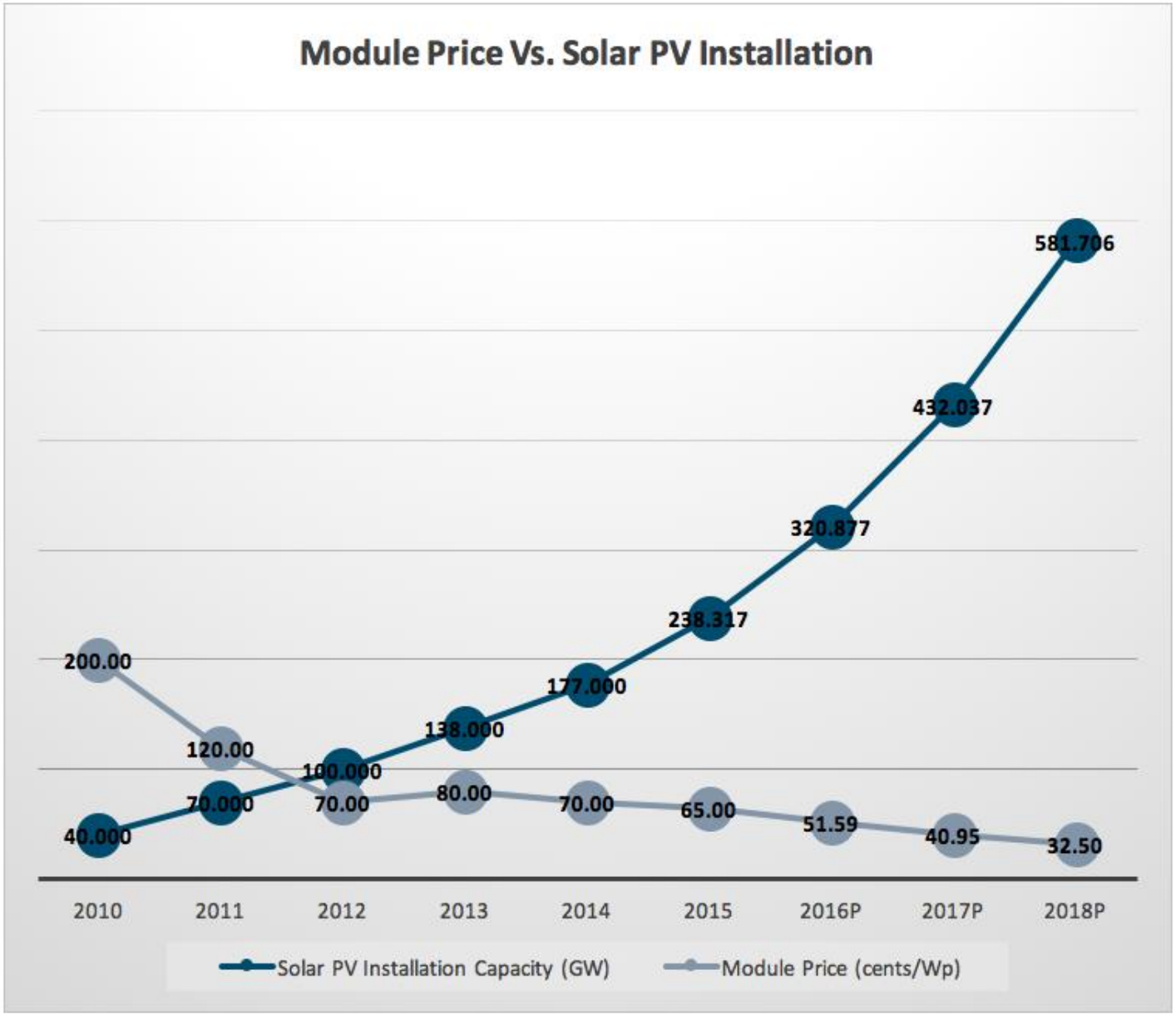


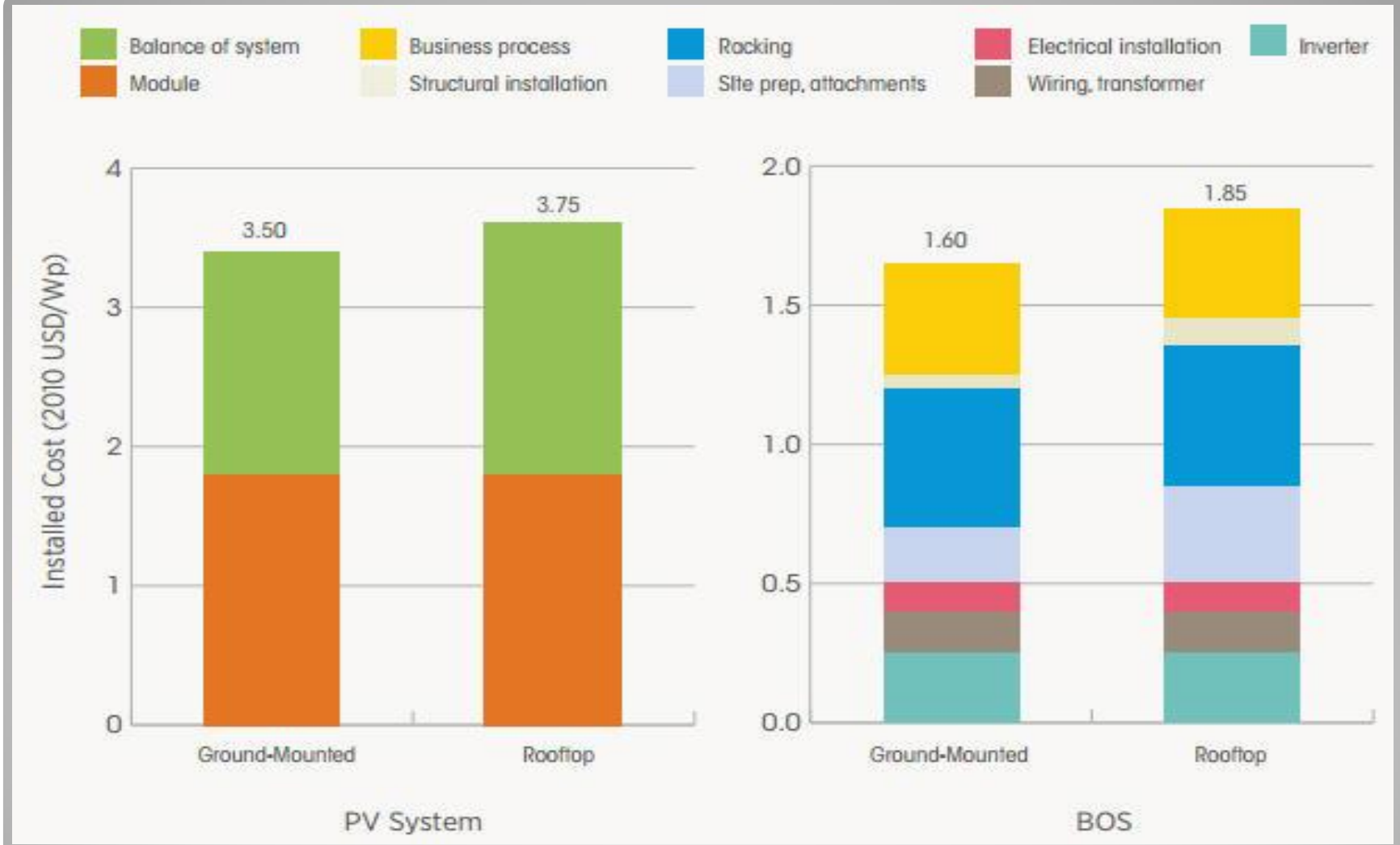


Cena PV modula (1979 – 2015.)



Source: Bloomberg New Energy Finance & pv.energytrend.com


Module Price Vs. Solar PV Installation
581.706
432.037
320.877
238.317
177.000
138.000
100.000
70.000
40.000
200.00
120.00
70.00
80.00
70.00
65.00
51.59
40.95
32.50
2010
2011
2012
2013
2014
2015
2016P
2017P
2018P
Solar PV Installation Capacity (GW)
Module Price (cents/Wp)



Cena instaliranja PV sistema

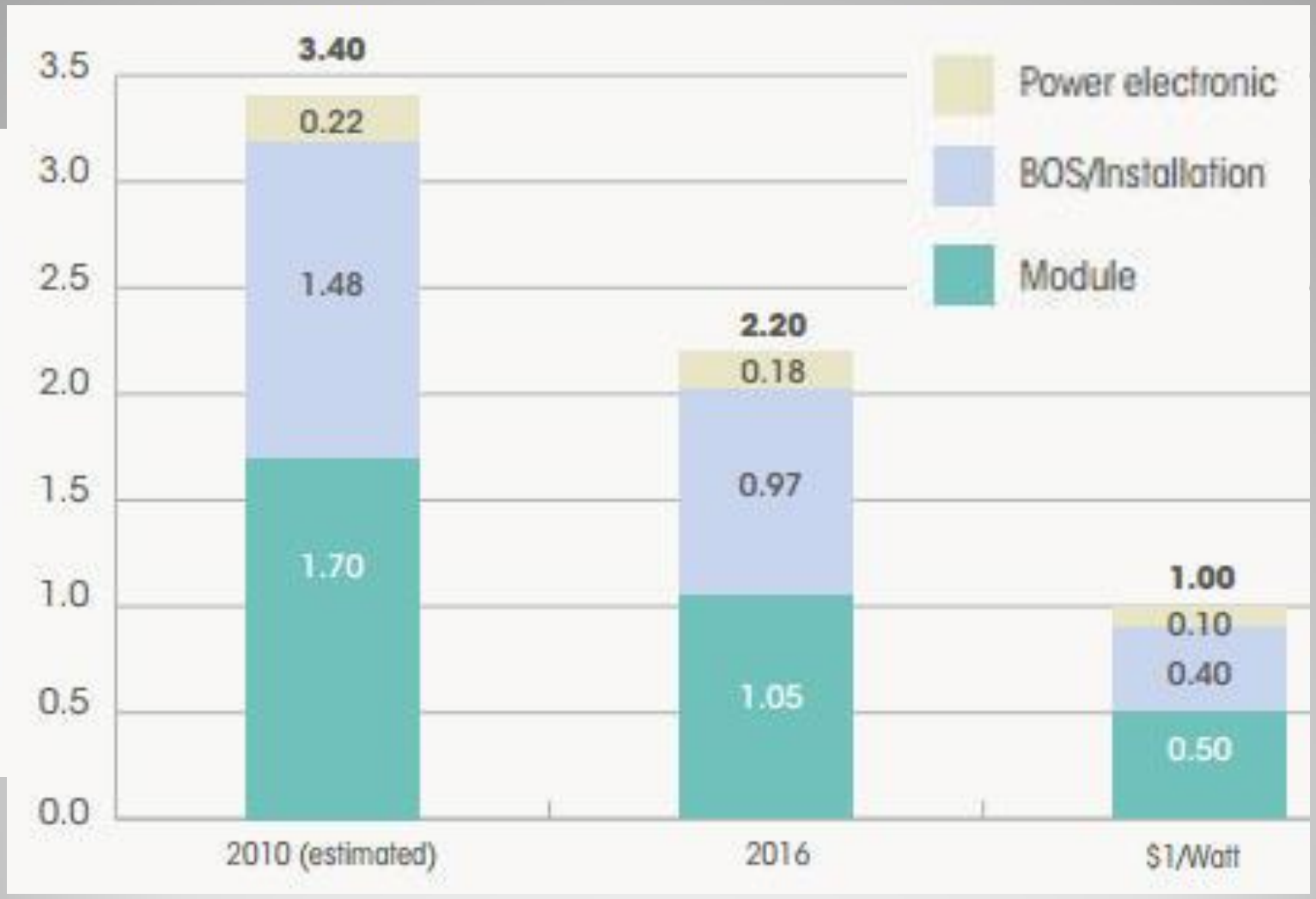
Ukupna cena PV sistema

High-cost producers	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Production scale (MW)	150	400	650	900	1 150	1 400
Polysilicon production (USD/W)	0.43	0.33	0.23	0.18	0.15	0.13
Silicon wafer production (USD/W)	0.46	0.37	0.33	0.29	0.27	0.25
Solar cell production (USD/W)	0.36	0.29	0.25	0.23	0.20	0.19
PV module production (USD/W)	0.50	0.42	0.37	0.33	0.31	0.29
Total PV module cost (USD/W)	**1.75**	**1.41**	**1.18**	**1.03**	**0.93**	**0.85**

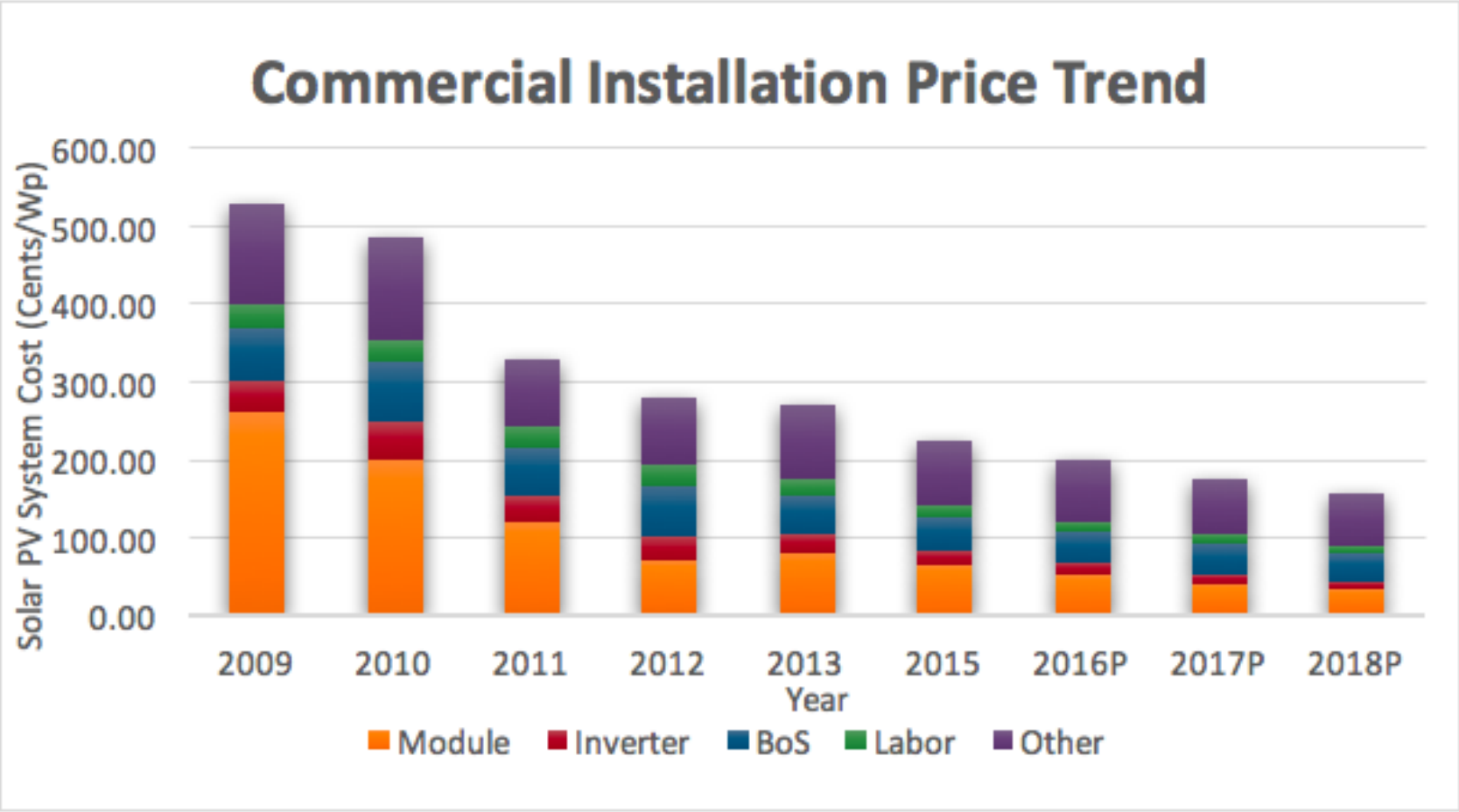
Predvidjanje cene PV modula (c-Si) proizvodjači iz Evrope, SAD i Japana

Low-cost producers - China, etc.	2010	2011	2012	2013	20 14	2015
Production scale (MW)	350	600	850	1 100	1 350	1 600
Polysilicon production (USD/W)	0.47	0.39	0.25	0.20	0.16	0.14
Silicon wafer production (USD/W)	0.34	0.28	0.26	0.24	0.22	0.20
Solar cell production (USD/W)	0.24	0.21	0.19	0.18	0.16	0.15
PV module production (USD/W)	0.36	0.31	0.29	0.27	0.25	0.23
Total PV module cost (USD/W)	**1.41**	**1.20**	**0.99**	**0.87**	**0.73**	**0.73**

Predvidjanje cene PV modula (c-Si) low-cost proizvodjači



Smanjenje cene PV sistema


Commercial Installation Price Trend
Solar PV System Cost (Cents/Wp)
600.00
500.00
400.00
300.00
200.00
100.00
0.00
2009
2010
2011
2012
2013
2015
2016P
2017P
2018P
Year
Module
Inverter
BoS
Labor
Other

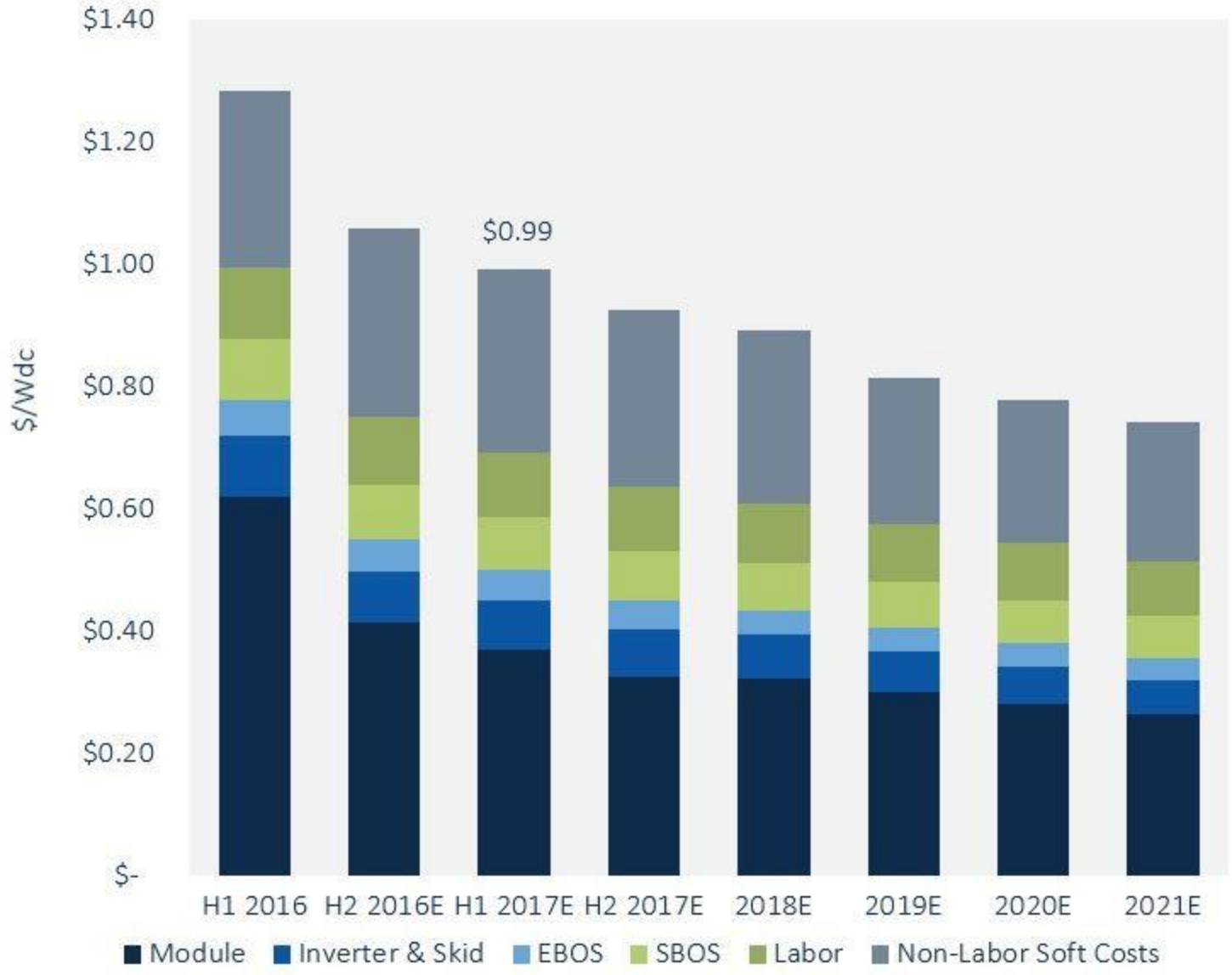
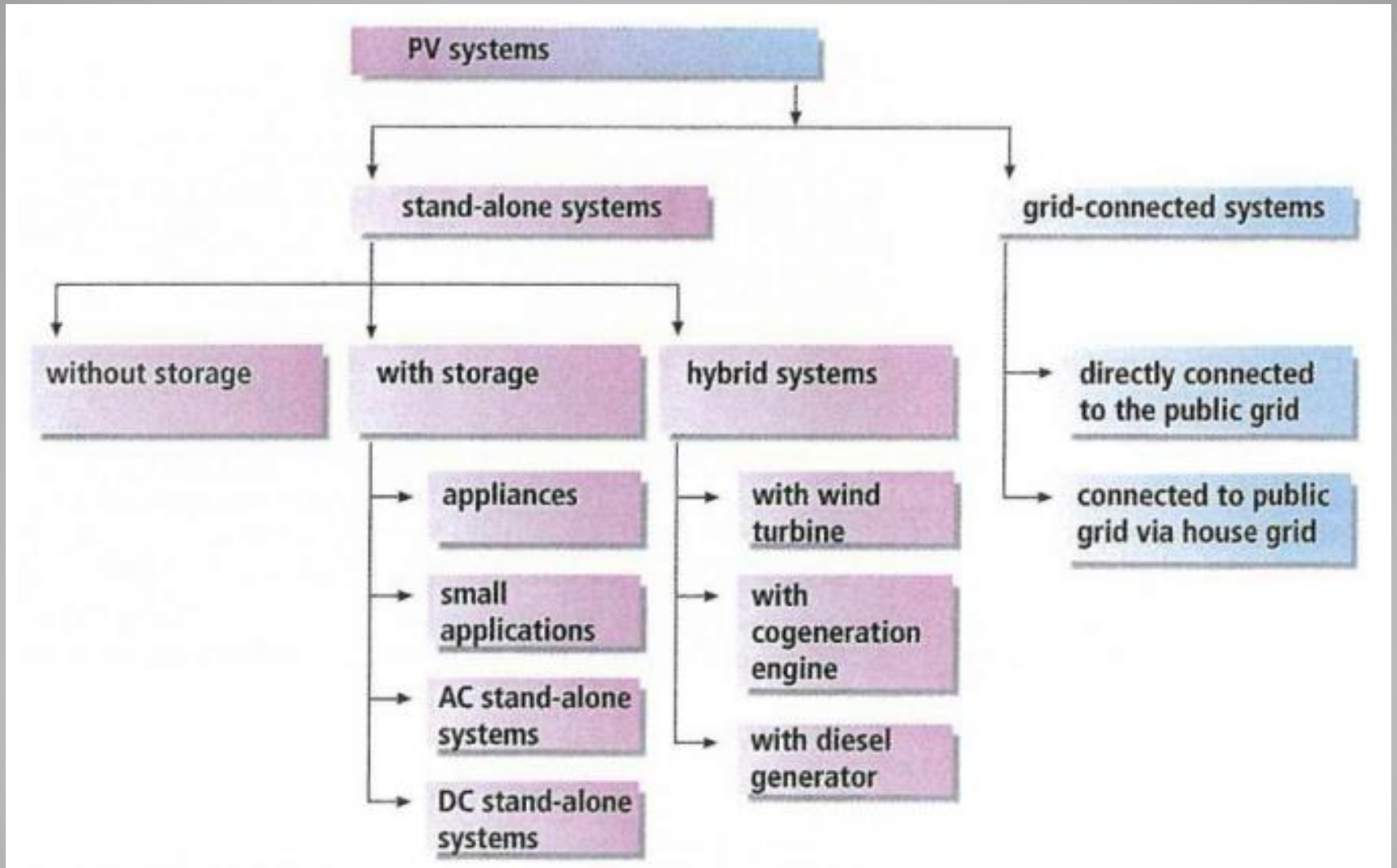

$1.40
$1.20
$1.00
$0.80
$0.60
$0.40
$0.20
$-
$/Wdc
$0.99
H1 2016
H2 2016E
H1 2017E
H2 2017E
2018E
2019E
2020E
2021E
Module
Inverter & Skid
EBOS
SBOS
Labor
Non-Labor Soft Costs

Table 10: Technology goals and key R&D issues for thin film technologies

Thin film technologies	2010 – 2015	2015 – 2020	2020 – 2030
Efficiency targets in % (commercial modules)	• Thin film Si: 10% • Copper indium gallium (di)selenide (CIGS): 14% • Cadmium-telluride (CdTe): 12%	• Thin film Si: 12% • CIGS: 15% • CdTe: 14%	• Thin film Si: 15% • CIGS: 18% • CdTe: 15%
Industry manufacturing aspects	• High rate deposition • Roll-to-roll manufacturing • Packaging	• Simplified production processes • Low cost packaging • Management of toxic materials	• Large high-efficiency production units • Availability of manufacturing materials • Recycling of modules
Selected R&D areas	• Large area deposition processes • Improved substrates and transparent conductive oxides	• Improved cell structures • Improved deposition techniques	• Advanced materials and concepts

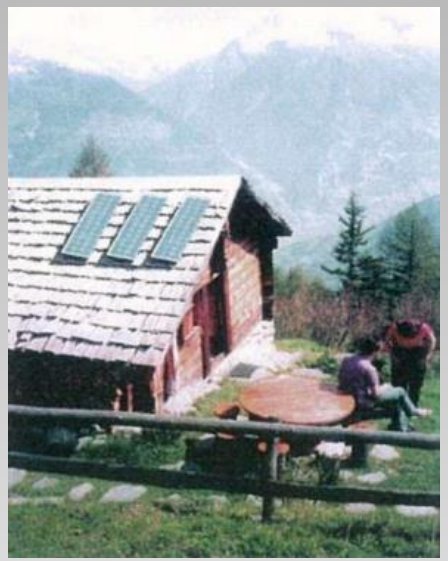


Tipovi PV sistema

SOLAIT

FAG
SACHS
SACHS
MOLL
BATTERIEN
MOLL
BATTERIEN
Musenalp
Musenalp Trykowski Team

Primene



Primene

Primene