



Strateška presoja vplivov na okolje različnih tehnologij za proizvodnjo električne energije

doc. dr. Tomaž Žagar GEN energija, d.o.o.

April 2010



- ❑ **GEN energija**
- ❑ **Elektroenergetika v Sloveniji**
- ❑ **Viri električne energije**
- ❑ **Presoja vplivov na okolje in trajnostni razvoj**
- ❑ **Ekonomski in finančni učinki različnih tehnologij**
- ❑ **Zaključki**

GEN energija

Predstavitev družbe



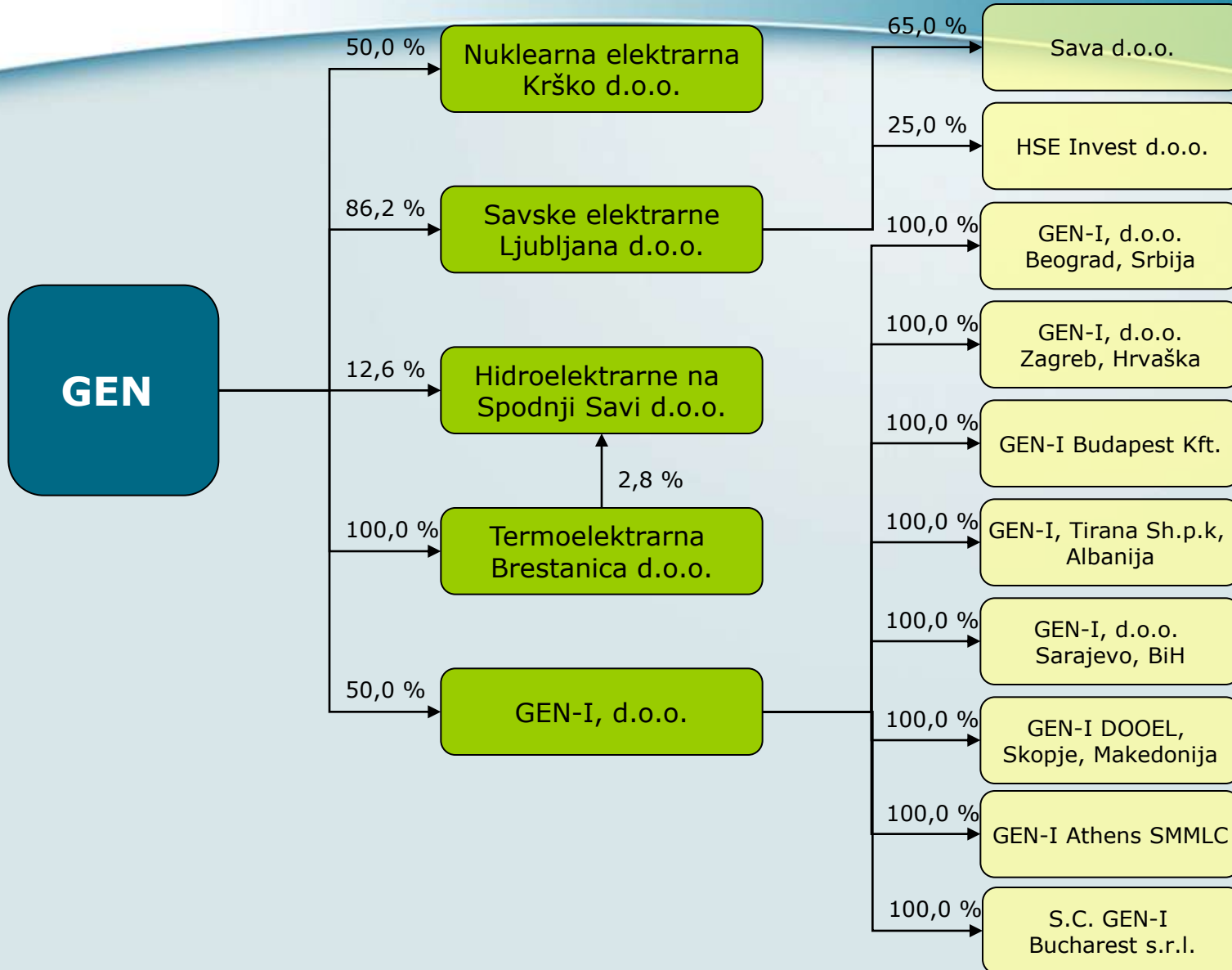
- GEN energija je pravni naslednik slovenskih vlagateljev v Nuklearno elektrarno Krško in nosilec jedrske opcije v Sloveniji.
- Podjetje je bilo ustanovljeno kot Eles Gen leta 2001 po podpisu meddržavne pogodbe z Republiko Hrvaško o lastništvu NEK.
- Julija 2006 je Vlada RS Eles Gen preoblikovala v samostojno podjetje GEN energija.



STRATEŠKI CILJI

- Zagotovitev zanesljive in stabilne proizvodnje in dobave električne energije in sistemskih storitev.
- Investiranje v čiste in trajnostne vire energije, in sicer v razširitev jedrskih zmogljivosti, obnovljive vire energije ter plinsko tehnologijo kot najčistejši fosilni energetski vir.
- Povečevanje trgovanja električne energije z oblikovanjem celovite ponudbe z inovativnimi pristopi ter povečevanjem vertikalne integriranosti.
- Obvladovanje organiziranosti skupine GEN z upravljanjem finančnih in človeških virov ter uvedbo razvoja družbene odgovornosti.

Sinergijski učinki obvladovanja proizvodnje in prodaje



Vpetost skupine GEN v okolje







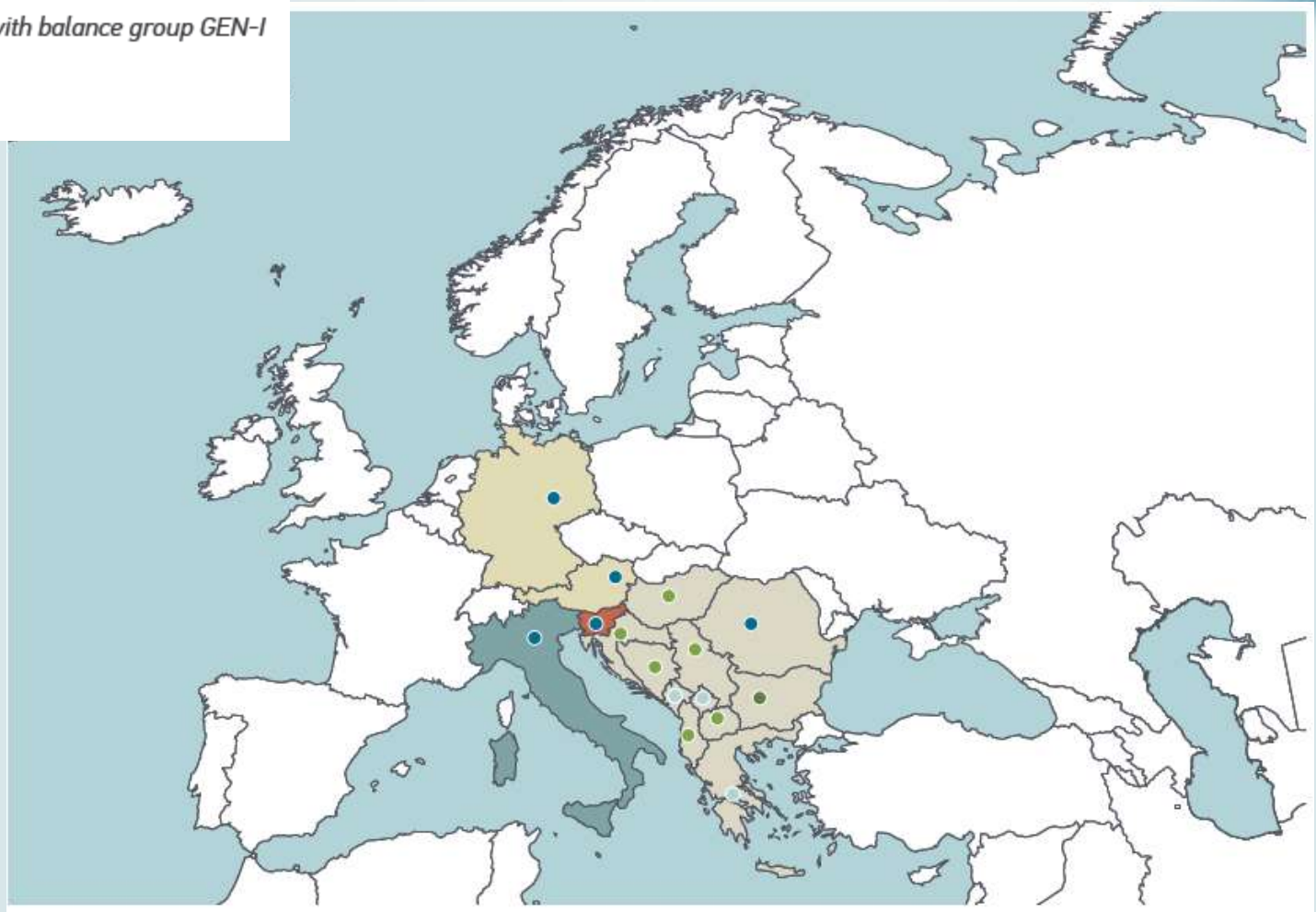
NPP Krško



Prisotnost na evropskih trgih

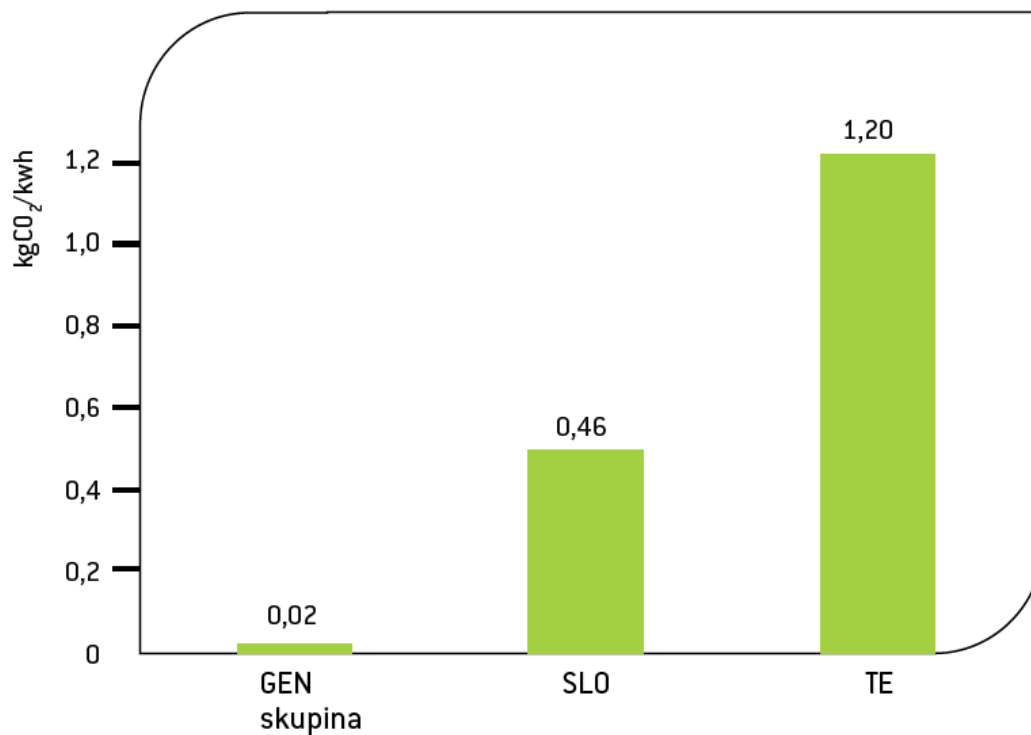


-  Balance group GEN-I
-  Subsidiary company with balance group GEN-I
-  Representative office
-  Market presence





Primerjava izpustov CO₂
Povprečje v letih 2006, 2007 in 2008



Elektroenergetika v Sloveniji

Pregled stanja na področju
proizvodnje in porabe električne
energije v Sloveniji

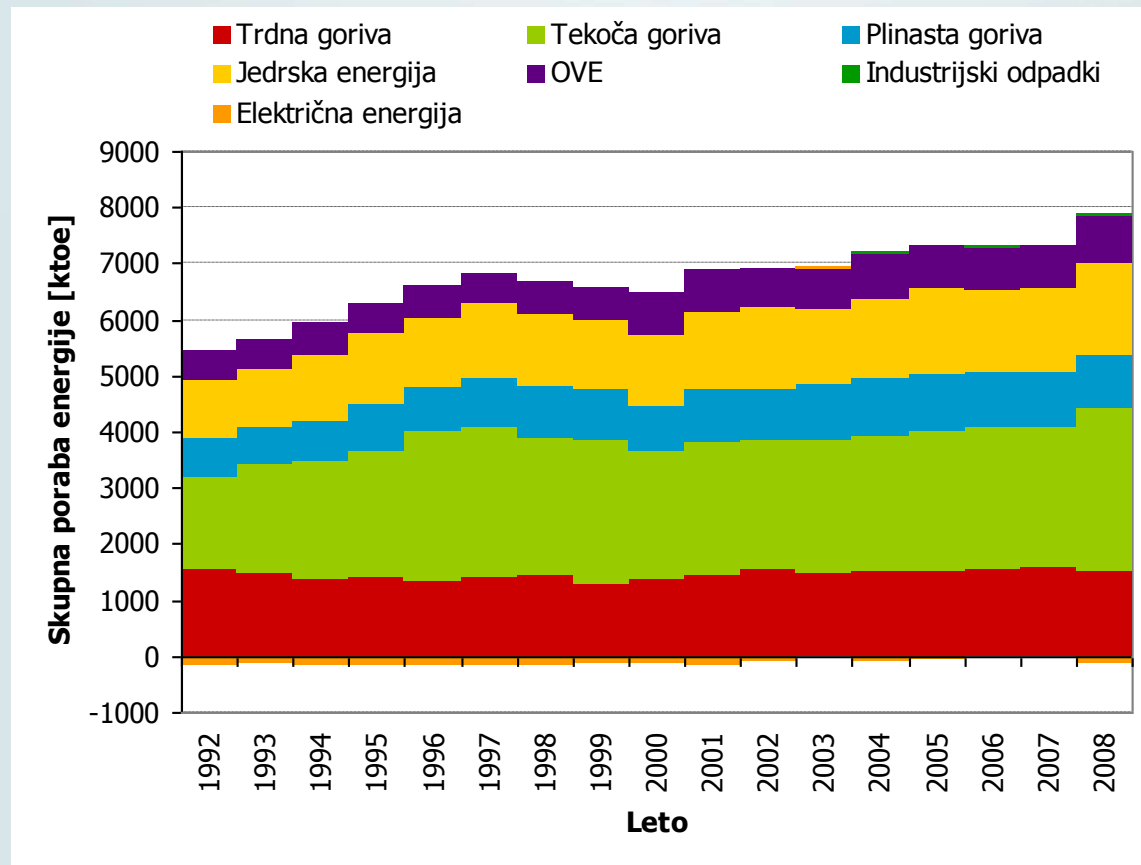


IZZIVI ZA SLOVENSKO ELEKTROENERGETIKO

1. Kako **ohraniti** naše izjemno **naravno okolje**, ki je soodvisno od globalnega okoljskega ravnotežja ?
2. Kako hkrati **dvigniti konkurenčnost** slovenskega gospodarstva v kruti globalni ekonomski bitki ?
3. Kako hkrati **zagotoviti nemoteno oskrbo** z električno energijo, ki je za vsako suvereno državo strateško pomembna ?



Skupna raba energije se v preteklih nekaj letih ni povečevala! Raste pa poraba električne energije. Vidi se povečana raba tekočih goriv in opuščanje trdnih goriv.

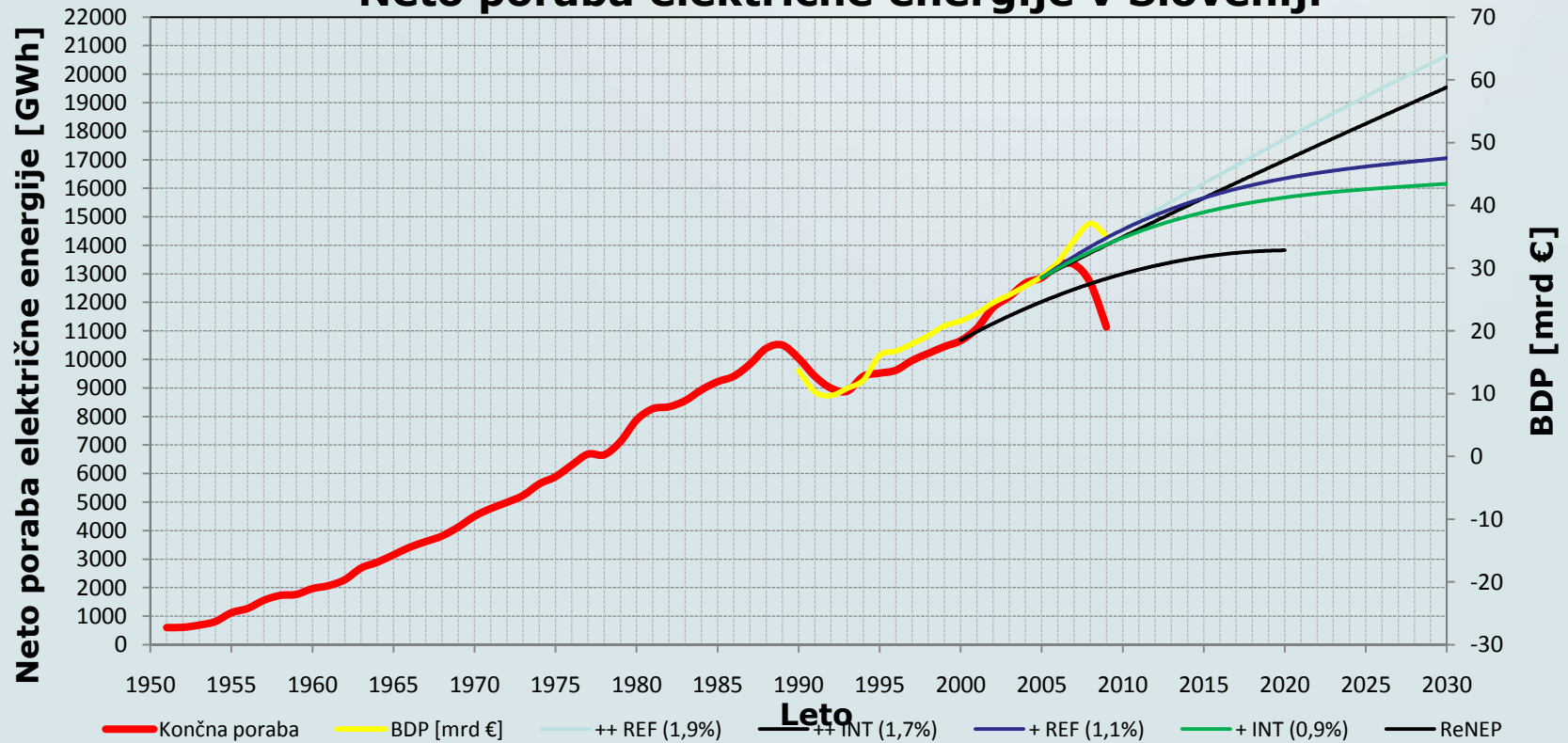


Rast porabe električne energije v Sloveniji od 1950 do 2009



Skupna raba energije se bo v prihodnosti zmanjševala, a zaradi prehoda na uporabo čistejših tehnologij (toplotne črpalke, električna vozila, ...) bo poraba električne energije naraščala.

Neto poraba električne energije v Sloveniji

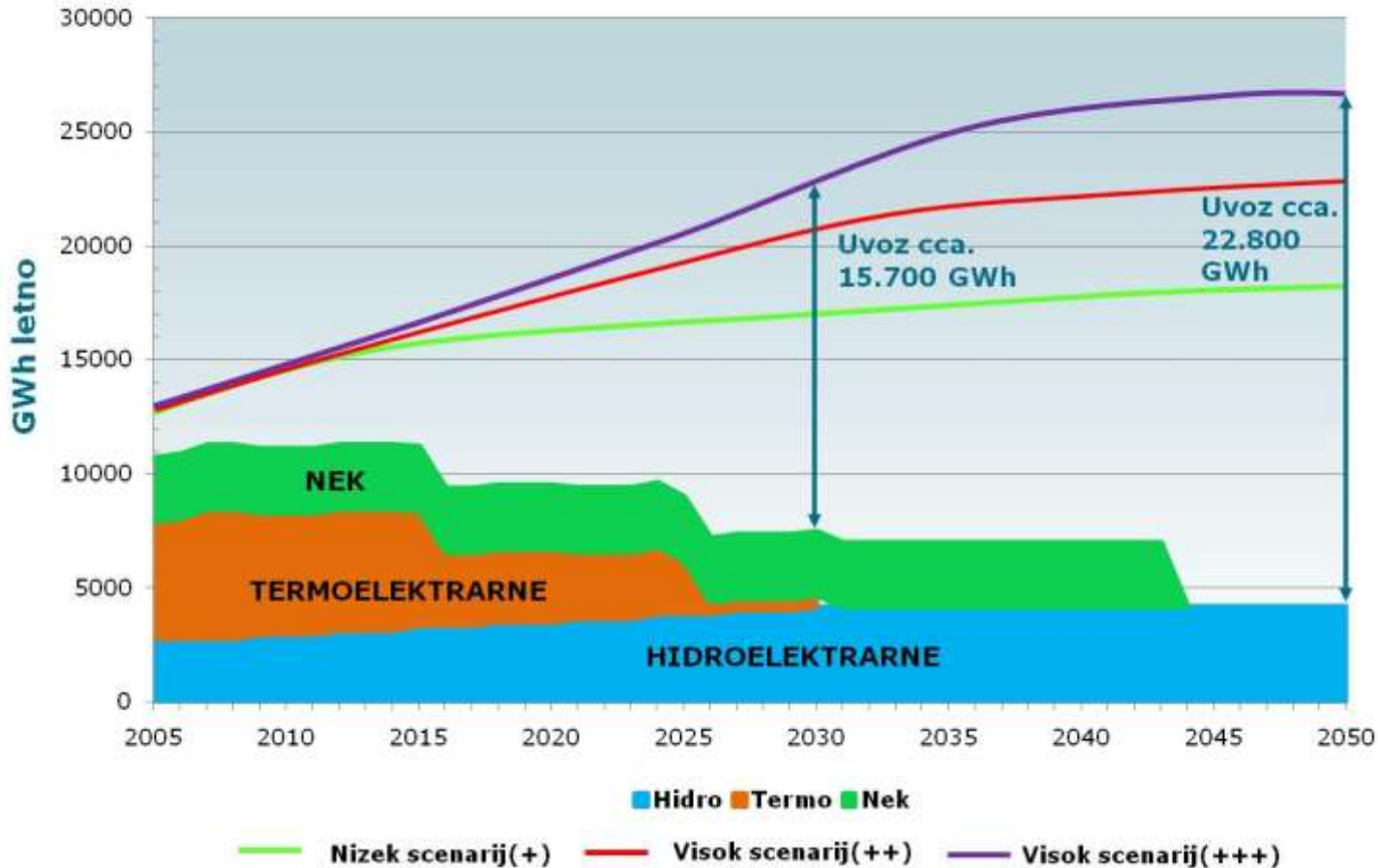


Rast porabe električne energije v Sloveniji do leta 2050



Skupna raba energije se bo v prihodnosti zmanjševala, a zaradi prehoda na uporabo čistejših tehnologij bo poraba električne energije naraščala (množično uvajanje električnih vozil in toplotnih črpalk predstavlja visok scenarij).

Projekcija proizvodnje in porabe EE v Sloveniji





- V **letu 2007** je poraba električne energije v Sloveniji znašala 13.337 GWh
- V **letu 2007** je bilo v slovenskem delu elektrarn proizvedenih 10.421 GWh električne energije, od tega
 - ❖ 27 % v hidroelektrarnah oziroma 2.815 GWh,
 - ❖ 46 % v termoelektrarnah ali 4.895 GWh in
 - ❖ 26 % v slovenskem delu NEK, kar znese 2.711 GWh.
- Vse ostale potrebe po električni energiji so bile pokrite z uvozom. V letih do 2007 se je obseg neto **uvoza** iz leta v leto povečeval in je v letu 2007 **presegel 21 %** glede na porabo oziroma 2.916 GWh.

- V **letu 2008** je poraba v Sloveniji znašala 12.617 GWh
- V **letu 2008** je bilo v slovenskem delu elektrarn proizvedenih 11.450 GWh električne energije, v hidroelektrarnah 3.511 GWh, v termoelektrarnah 4.954 GWh in v slovenskem delu NEK 2.985 GWh.
- V letu 2008 **je uvoz obsegal 10 %** glede na porabo oziroma 1.167 GWh.

- Stanje v letih 2009 in 2010 je zaradi recesije bolj ugodno, vendar dolgoročno problem ostane nespremenjen.

- Obstoječe stanje v EES odpira niz vprašanj glede nadaljnjih korakov, s katerimi bo mogoče zagotoviti zanesljivo in kakovostno oskrbo z električno energijo ob izpolnjenih ekonomskih in okoljskih kriterijih.



- Leta 2003 je bilo po ocenah 19,8 Mt izpustov CO₂ eq
 - CO₂ (81 %)
 - metan (10 %)
 - dušikov oksid (8 %)
 - plini floroogljika in žveplovega heksaflorida (1 %).
- **Viri emisij CO₂ v Sloveniji (2003)**
 - **oskrba z energijo – 41 %**
 - prevoz – 26 %,
 - gospodinjstva, trgovina, živinoreja – 18 %
 - industrija in gradbeništvo – 15 %
 - industrijski procesi – 6 % izpustov.
- **Prehod v nizkoogljično gospodarstvo je torej kritična komponenta trenutne celostne energetske politike in politike podnebnih sprememb**

Viri električne energije

Viri električne energije



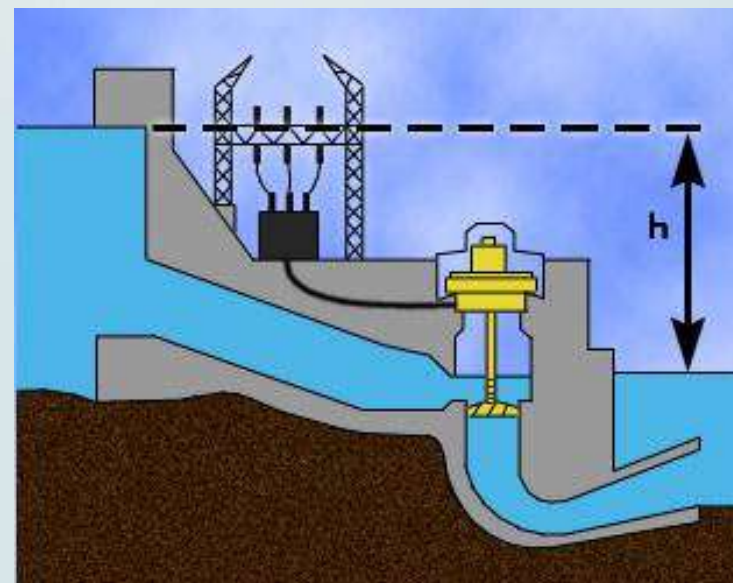
- **Obnovljivi viri**
 - Vodna energija
 - Geotermalna energija
 - Sončna energija
 - Vetrna energija
- **Fosilni viri**
 - Premog
 - Zemeljski plin
 - Naftni derivati
- **Jedrska energija**





Hidroelektrarne

- cenena proizvodnja energije
- draga izgradnja
- vpliv na okolje
 - velike površine
 - podtalnica
- odvisnost od hidroloških razmer
- možnost izkoriščanja vodotokov in morja
- Reverzibilne HE
 - izravnava porabe in proizvodnje
- Delež HE v SLO
 - inštalirana moč - 31,7%
 - proizvodnja - 22,2% v





Termoelektrarne

Različne tehnologije

- premog
 - tekoča goriva
 - plin
 - klasične kotlovne
 - plinski turboagregati
 - obratovanje pri visokih T
- visoka cena proizvodnje energije
 - vpliv na okolje
 - odlaganje pepela
 - toplogredni plini
 - odvisnost od cene fosilnih goriv
 - omejene zaloge goriv
 - uporaba biomase
- Delež TE v SLO
 - inštalirana moč - 44,4%
 - proizvodnja - 33,7% v





Vetrne elektrarne

- **obnovljiv vir**
- **moč: od nekaj kW do 2 MW**
- **odvisnost od vremenskih pogojev**
- **nepredvidljivost vpliva na sistem**
- **relativno draga izgradnja**
- **vpliv na okolje**
- **potrebni stalni vetrovi, ki jih pri nas ni**





Uporaba sončne energije

- različne tehnologije
 - sončne celice
 - toplotni zbiralniki
- tehnologija je draga
- odvisnost: dan/noč, vreme
- primerna za posebne namene





Jedrske elektrarne

- **gorivo: uran**
- **strošek goriva zelo majhen (10%)**
- **stabilnost obratovanja**
- **velika zanesljivost**
- **ekonomičnost**
- **majhna poraba prostora**
- **brez izpustov CO₂ v okolje**
- **brez izpustov dimnih plinov SO₂, NO_x, ...**
- **zanemarljiv vpliv na okolje (razen segrevanja reke Save)**
- **družbeno odprto vprašanje odlaganja odpadkov**



Presoja vplivov na okolje

Presoja vplivov na okolje različnih tehnologij za proizvodnjo električne energije



- Poročilo temelji na izdelani oceni vplivov na okolje
- Uporabljeni so bili specifični podatki za Slovenijo in rezultati mednarodnih analiz in študij
- Analizirane so bile vse možne tehnologije



Predpostavke o objektu in odtisu

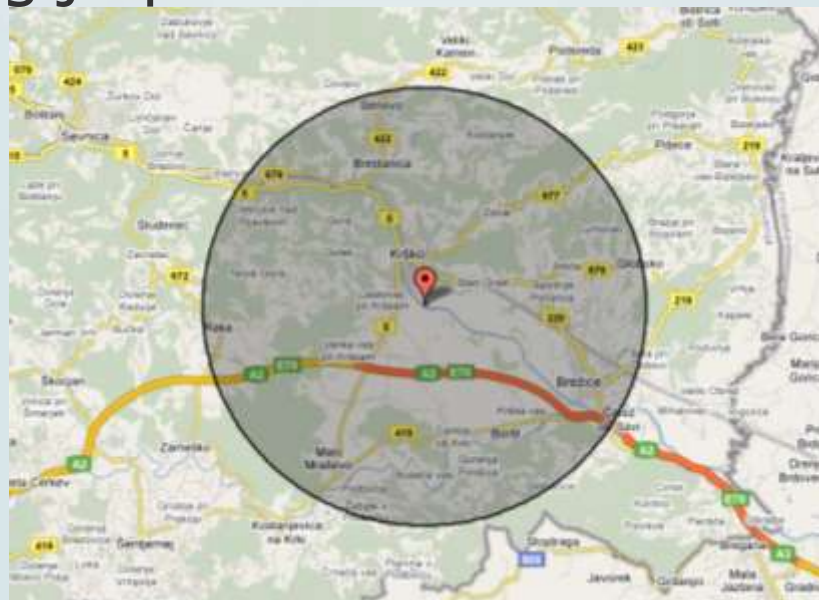


| Vrsta energije | Zmogljivost, MW | Celotni obseg lokacije, ha | Razmerje zemljišč in energije, ha/MW |
|--|----------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| <i>uvoz elektrike</i> | variira | 0 | 0 |
| <i>plinska turbina s kombiniranim ciklom</i> | 560 | 40 | 0,007 |
| <i>premog</i> | 550(B)-640(G) ^a | 120 | 0,02 |
| <i>jedrska (tlačnovodni reaktor)</i> | 1000–1700 | 200–800 | 0,02 |
| <i>geotermalna</i> | 0,5–60 | 0,4–43 x MW | 0,15 |
| <i>biomasa</i> | 20 (5–110) | 25–34 ^b | 0,4 |
| <i>veter</i> | 6–307 | 24 x MW ^c | 2 |
| <i>sončna fotovoltaična</i> | 2–14 | ni podana | 4 ^d |
| <i>hidro</i> | 11–980 | 0,3–95 x MW | 0,3–95 |

Predpostavke o lokaciji



- Osnovna lokacija – samo za potrebe preliminarne študije
- Blizu obstoječe NEK ali 10 kilometerski krog okrog nje
- Obnovljivi viri energije po celotnem ozemlju Slovenije





- Moč 1100 MWe
- 90% razpoložljivost za pasovni odjem
- Elektrarna na zgorevanje premogovega prahu s sistemi regulacije onesnaženosti
- Dnevna poraba premoga velikostnega reda 10^4 ton
- Obstoječa železnica za dovoz v bližini NEK – dograditev veje



| Tipični parametri porabe in izpustov | podkritični s čistilnimi napravami | nadkritični s čistilnimi napravami |
|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| učinkovitost nove elektrarne (%) | 24,9 | 39,1 |
| poraba premoga (kg/h) | 586.576 | 373.110 |
| poraba absorbentov (kg/h) | 58.020 | 37.030 |
| poraba vode (m ³ /min) | 92,2 | 41,2 |
| SO ₂ (kg/MWh) | zanemarljivo | 0,636 |
| NO _x (kg/MWh) | 0,704 | 0,526 |
| partikulati (kg/MWh) | 0,130 | 0,098 |
| Hg (kg/MWh) | 11,6·10 ⁻⁶ | 8,6·10 ⁻⁶ |
| CO ₂ (kg/MWh) | 252 | 1604 |

Opcija plinske elektrarne s kombiniranim ciklom



- 1100 MWe
- 90% razpoložljivost za pasovni odjem
- Projektni dizajn je zasnovan na tehnologiji, dostopni na trgu približno leta 2012
- Dve napredni turbini za zgorevanje, dva uparjalnika z rekuperacijo toplote in ena parna turbina
- Brez zajemanja CO₂ (možno dodati)
- Obstoječi plinovod v bližini – dograditev veje

Opcija plinske elektrarne s kombiniranim ciklom



| Tipični parametri porabe in izpustov | z zajemanjem ogljika | brez zajemanja ogljika |
|--------------------------------------|----------------------|------------------------|
| učinkovitost nove elektrarne (%) | 43,7 | 50,8 |
| poraba plina (kg/h) | 171.705 | 147.182 |
| poraba vode (m ³ /min) | 40,6 | 18,7 |
| SO ₂ (kg/MWh) | zanemarljivo | zanemarljivo |
| NO _x (kg/MWh) | 0,069 | 0,053 |
| Partikulati (kg/MWh) | zanemarljivo | zanemarljivo |
| Hg (kg/MWh) | zanemarljivo | zanemarljivo |
| CO ₂ (kg/MWh) | 96 | 709 |

Opcija mešanice obnovljivih in distribuiranih virov



- 1100 MWe
- 34% razpoložljivost za pasovni odjem
- Sestava: 32% vodne, 36% vetrne, 32% biomasne energije, <1% sončna fotovoltaična
- Zelo neverjeten scenarij (upoštevajoč trenutne trende)
- Lokacija v Posavju ni zadostna ali primerna ► razširitev na celo Slovenijo

Opcija mešanice obnovljivih in distribuiranih virov – vodna (32%)



Potencialne dodatne zmogljivosti hidroelektrarn: 1471 MWe

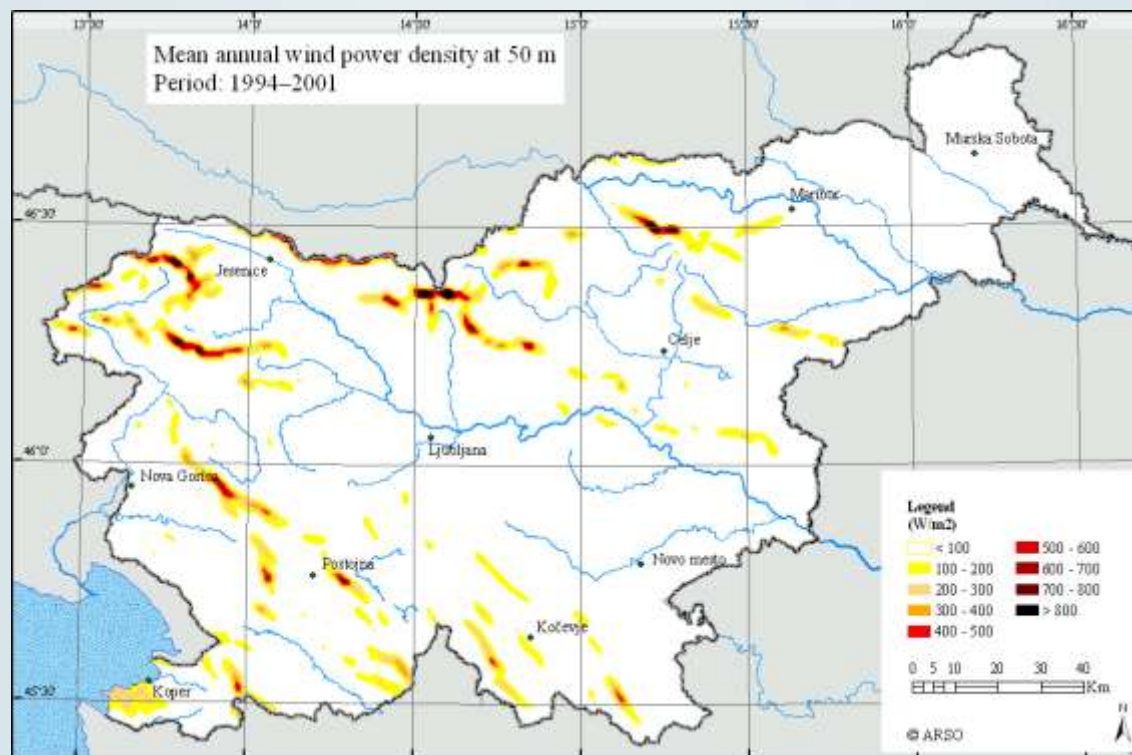
| Reka | Potencial (GWh) | Izrabljeno (GWh) | Načrtovano (GWh) | Preostalo (GWh) |
|---------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Drava | 3702 | 2833 | 869 | 0 |
| Mura | 690 | 5 | 676 | 9 |
| Sava | 2794 | 517 | 1686 | 591 |
| Soča/Idrijca | 1442 | 491 | 932 | 19 |
| Kolpa | 209 | 0 | 0 | 209 |
| Ostale reke | 1114 | 284 | 0 | 830 |
| Skupaj | 9951 | 4130 | 4163 | 1658 |

Opcija mešanice obnovljivih in distribuiranih virov – vetrna (36%)



- Potrebne hitrosti vetra tipično >6 m/s (v Posavju 4,5 m/s)

- Takšna območja: vrhovi gora, grebeni, lijakasta območja med grebeni





| vrsta OVE | potencial (MW) | 2007 (MW) | ostanek (MW) | OVE kot opcija (MW) | delež (%) | potrebno izgraditi (MW) |
|-----------------------------|----------------|------------|--------------|---------------------|------------|-------------------------|
| vodna | 970 | 373 | 597 | 350 | 32 | 946 |
| veter | 637 | 0 | 637 | 395 | 36 | 1975 |
| geotermalna energija | 6 | 0 | 6 | 5 | ~0 | 5 |
| biomasa | 478 | 13 | 465 | 350 | 32 | 422 |
| solarna energija | 72 | ~0 | 72 | ~0 | ~0 | 0 |
| OVE skupaj | 2163 | 386 | 1777 | 1100 | 100 | 3348 |



- Štirje obravnavani tipi reaktorjev
- Lahkovodni tlačni reaktor,
(reaktor 3. generacije)
 - izboljšana tehnologija
 - večja varnost
 - ekonomska konkurenčnost,
- Možnost uporabe recikliranega goriva,
- Življenjska doba 60 let,
- Delovanje v pasu ali trapezu,
- 90% razpoložljivost za odjem,
- Izpolnjevanje najvišjih mednarodnih varnostnih zahtev in standardov.



Areva - EPR

1600 MW
4 hladilne zanke
Aktivni varnostni sistemi



Mitshubishi - EU APWR

1700 MW
4 hladilne zanke
Aktivni varnostni sistemi



Tlačnovodna tehnologija
Razpoložljivost > 92%
Izkoristek > 35%

1100 MW
2 hladilni zanki
Pasivni varnostni sistemi



1130 MW
3 hladilne zanke
Aktivni varnostni sistemi



Westinghouse - AP1000

Areva/MHI - Atmea1

Dve možni lokaciji JEK 2



**Dolvodna ali
Vzhodna lokacija**

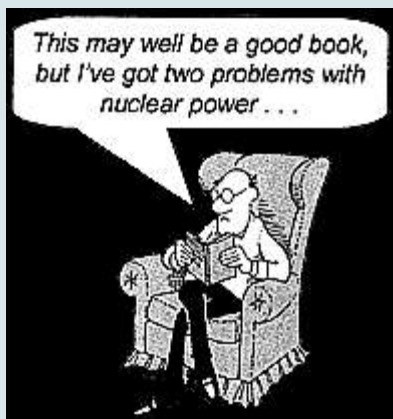


**Gorvodna ali
Zahodna lokacija**



Jedrsko energija izkazuje vse komponente trajnostnega razvoja:

1. Naravni viri morajo ostati tudi bodočim generacijam
2. Okolje ne sme biti trajno degradirano
3. Temeljne dobrine (električna energija) morajo biti dosegljive vsem socialnim kategorijam





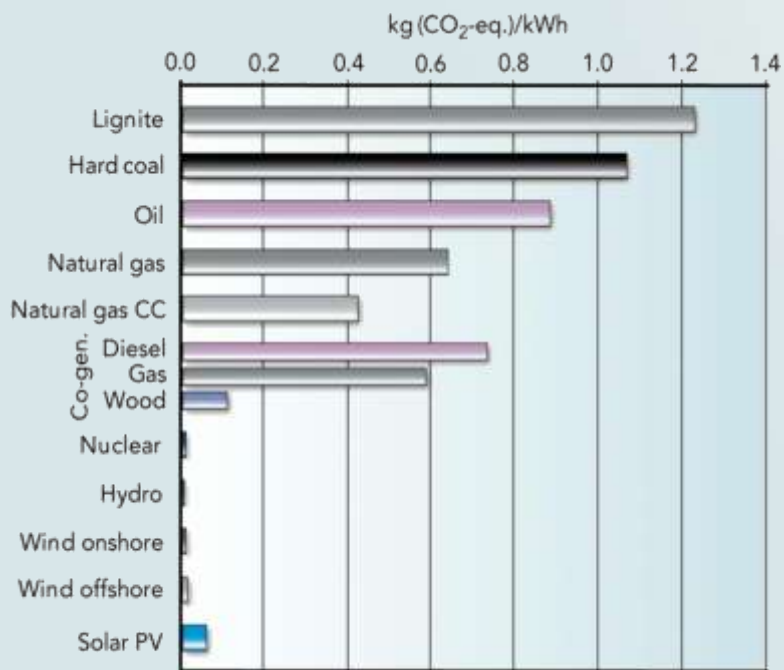
Upoštevanje kriterijev trajnostnega razvoja

- 1. Naravni viri morajo ostati tudi bodočim generacijam**
 - Zaloge jedrskega goriva so večje kot zaloge fosilnih goriv
- 2. Okolje ne sme biti trajno degradirano**
 - Vplivi jedrskih elektrarn na okolje so primerljivi z vplivi OVE
 - Odpadkov je malo in radiotoksičnost zaradi naravnega razpada z leti izginja
- 3. Temeljne dobrine (električna energija) morajo biti dosegljive vsem socialnim kategorijam**
 - Jedrske elektrarne proizvajajo elektriko po zelo konkurenčni ceni

Vplivi celotne proizvodne verige na okolje in zdravje

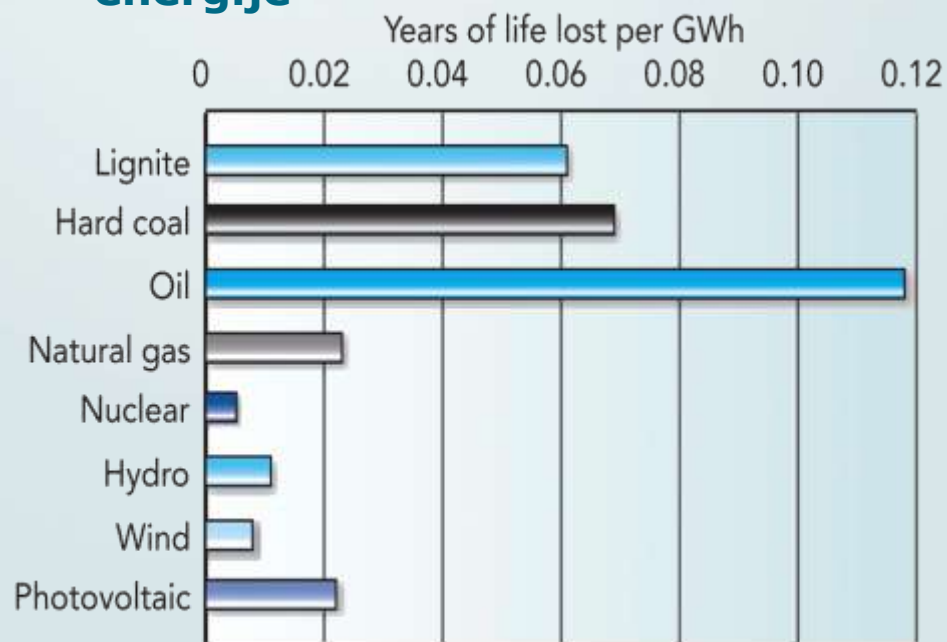


Emisije toplogrednih plinov na proizvedeno enoto električne energije



Average UCTE emissions. Source: based on Dones et al. (2004).

Vplivi na zdravje v okviru celotne proizvodne verige električne energije

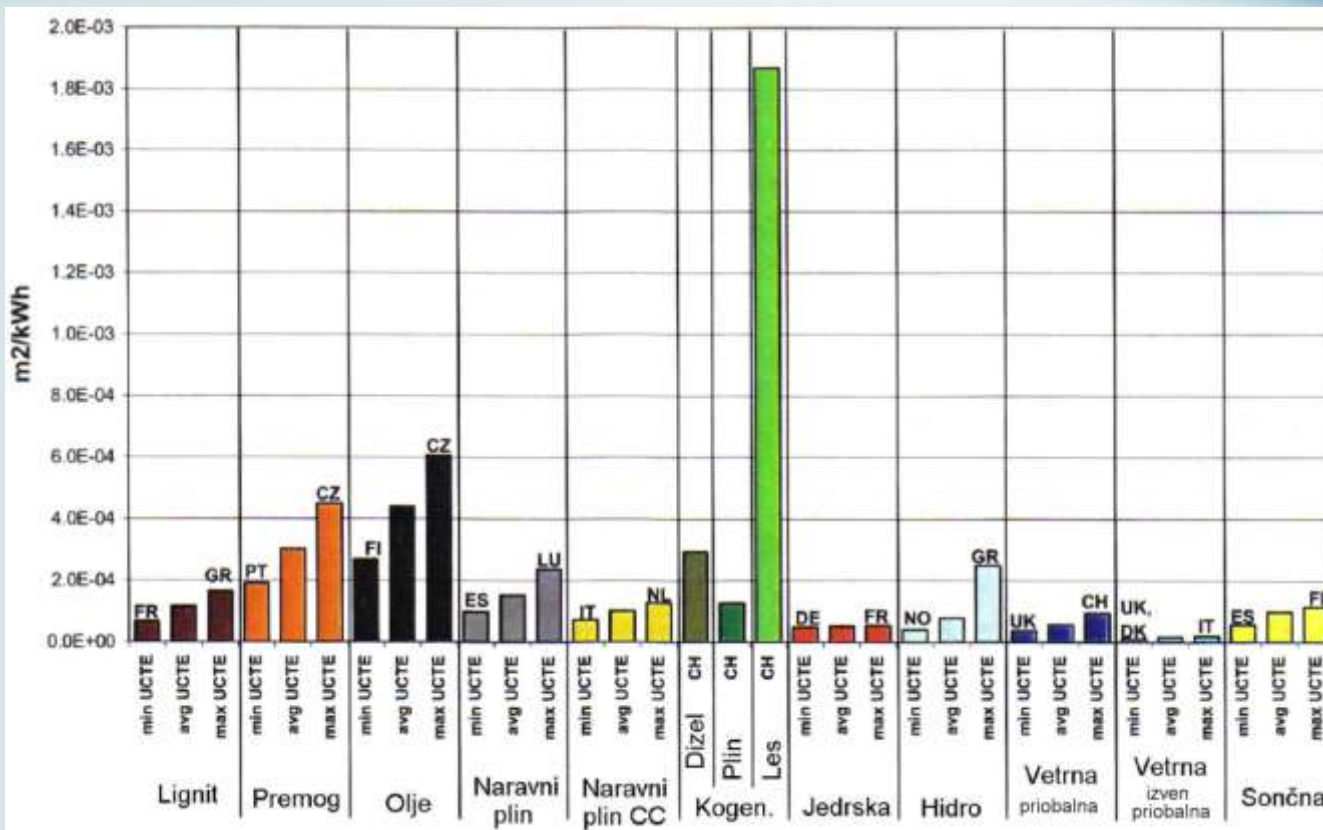


Source: based on Hirschberg et al. (2004).

Jedrska energija in OVE emitirajo zanemarljive količine CO₂ v primerjavi z ostalimi in fosilnimi viri energije.

Vplivi jedrskih elektrarn so manjši kot vplivi ostalih elektrarn. Delo v jedrskih elektrarnah je zelo humano.

Potreba po zemljiščih celotne proizvodne verige električne energije



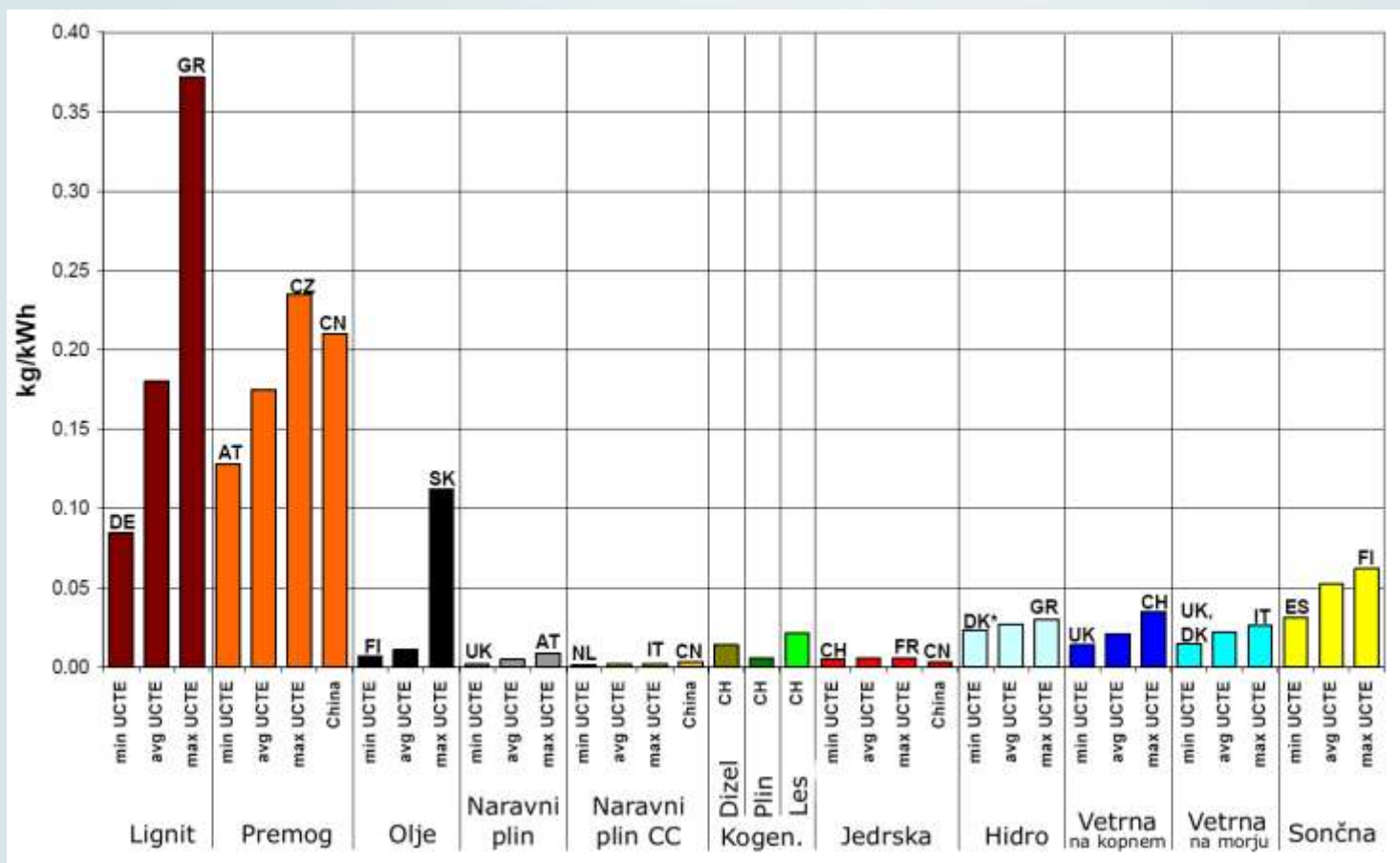
Vir: OECD, Paris 2007; PSI, Zürich, 2004

Jedrske elektrarne porabijo najmanj površin na proizvedeno energijo - Izraba prostora (m² na kWh)

Majhna količina odpadkov



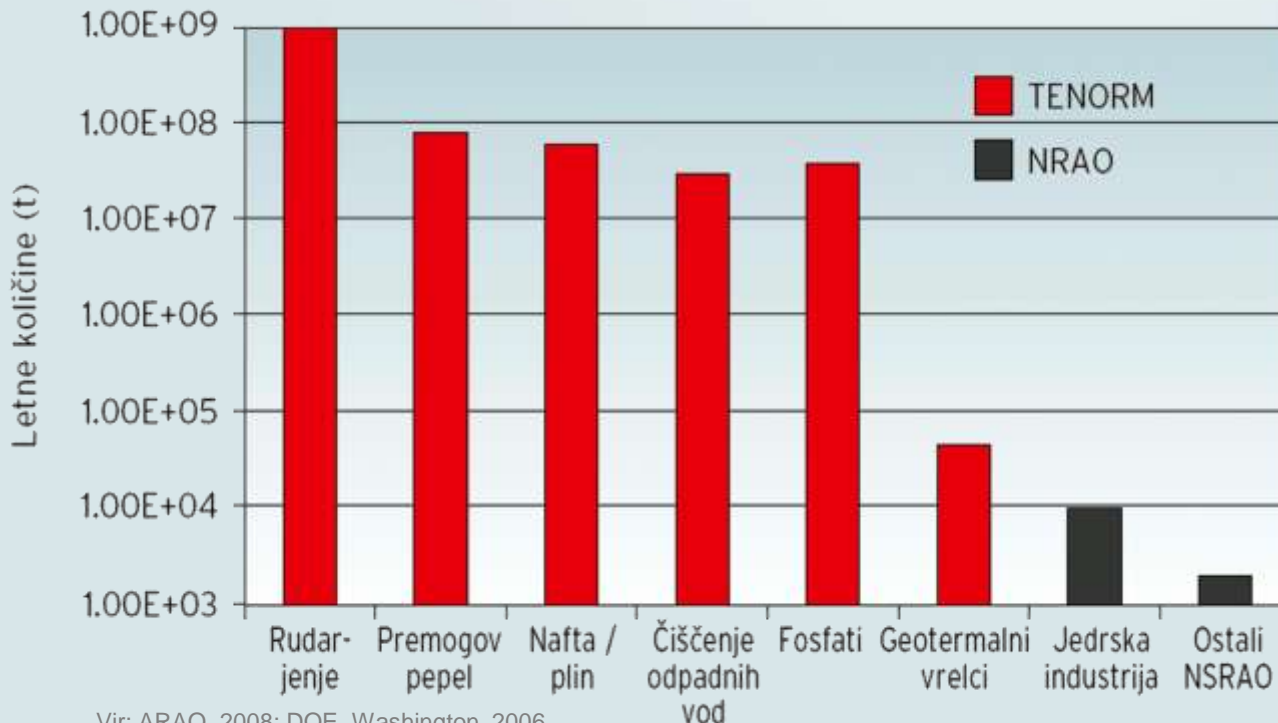
Opadki nastajajo pri vseh oblikah proizvodnje elektrike. Specifična količina odpadkov na količino proizvedene energije je manjša samo še pri uporabi zemeljskega plina.





Trajnostni razvoj – odpadki

Jedrska elektrarna proizvaja najmanjšo količino odpadkov, za katere obstajajo tehnično in industrijsko preverjeni varni načini upravljanja in shranjevanja.



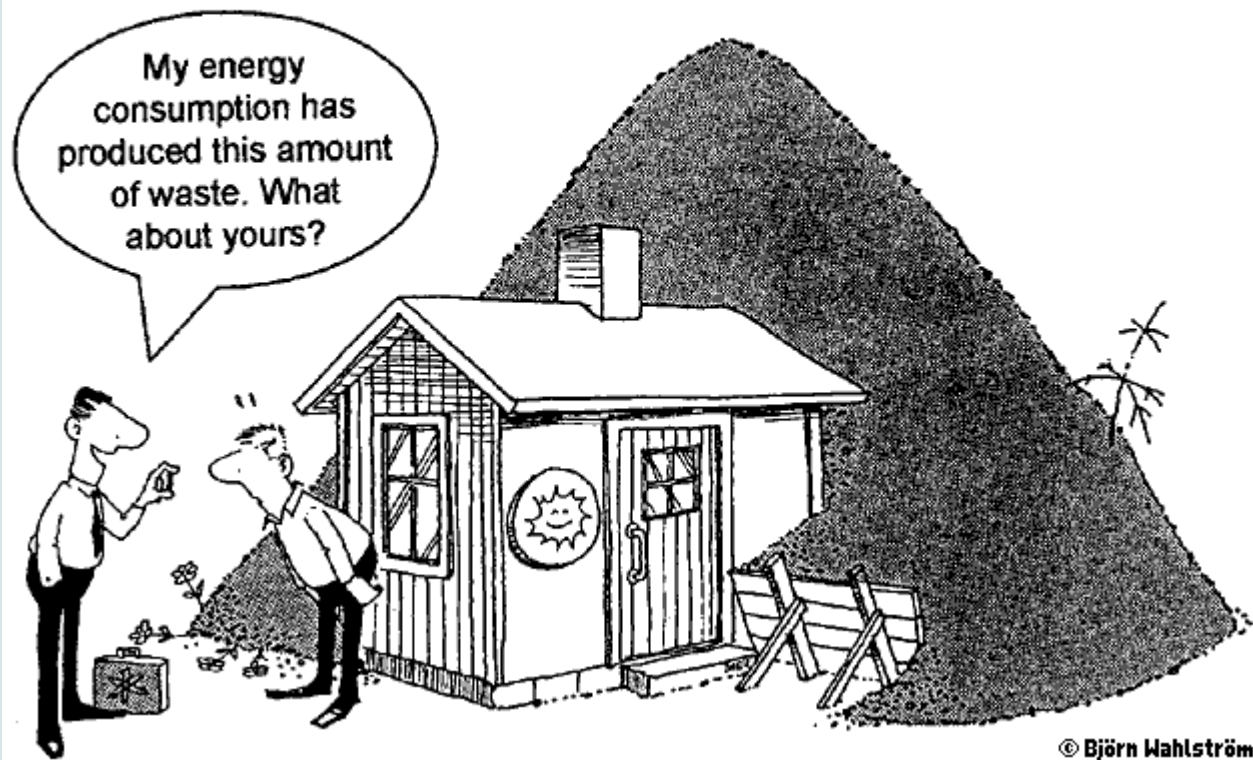
Vir: ARAO, 2008; DOE, Washington, 2006

TENORM – technologically enhanced naturally occurring radioactive materials)

NSRAO – nizko in srednje radioaktivni odpadki

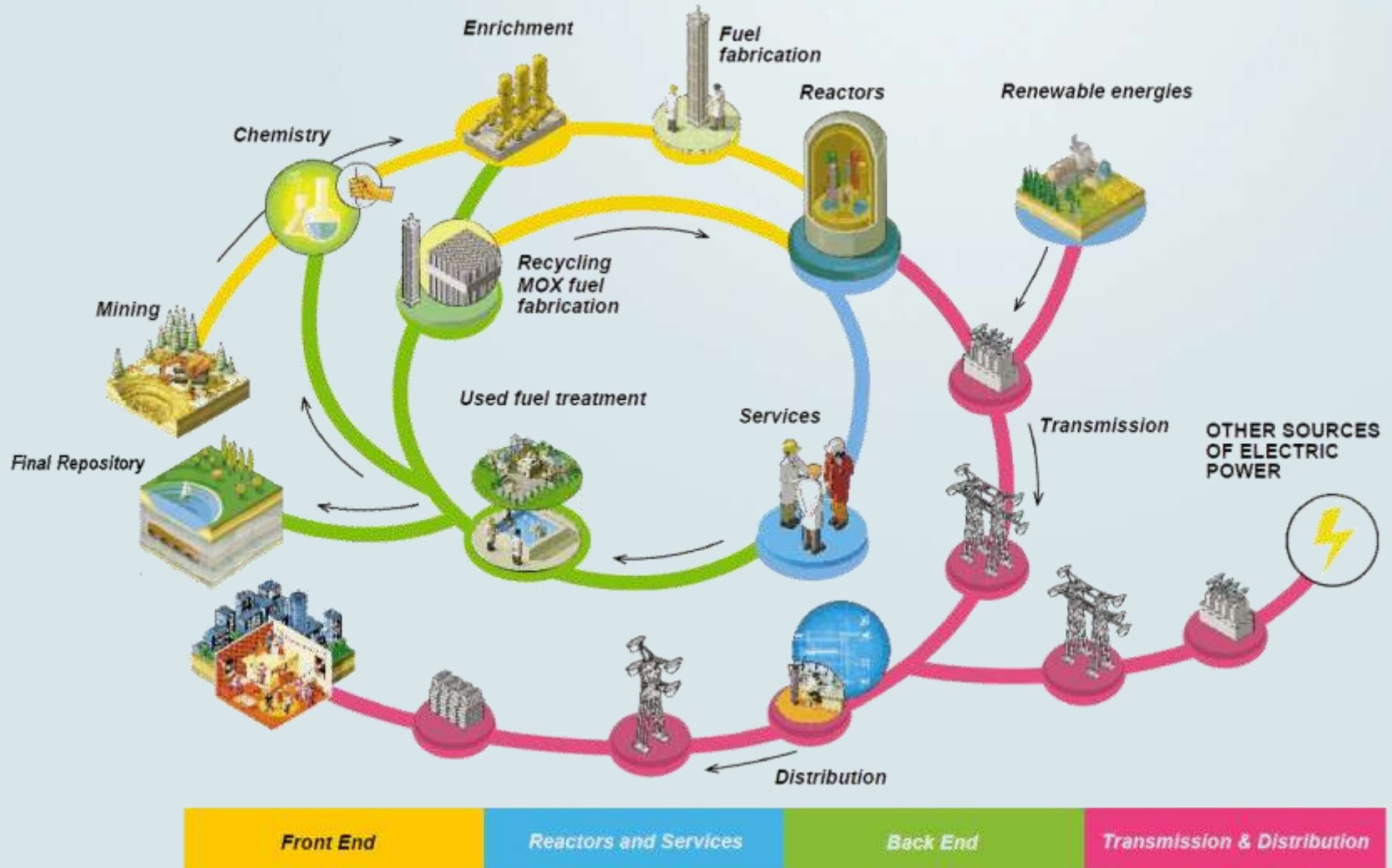


MOJA PORABA ENERGIJE JE PROIZVEDLA TOLIKO
ODPADKOV, KOLIKO PA TVOJA?



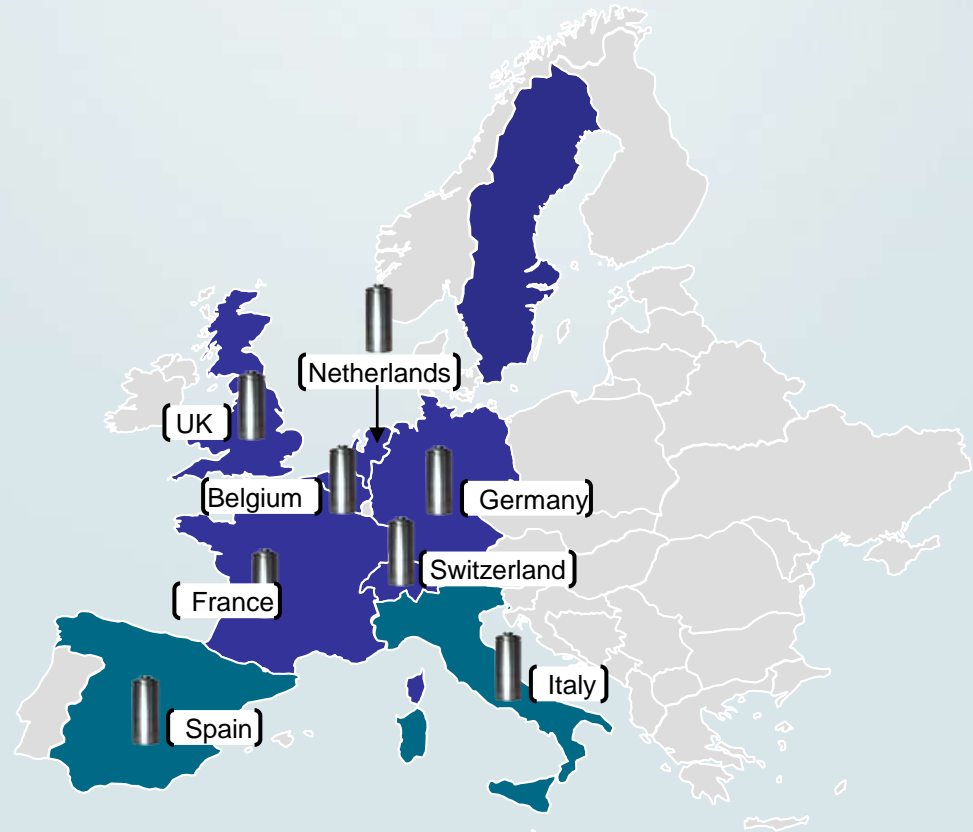
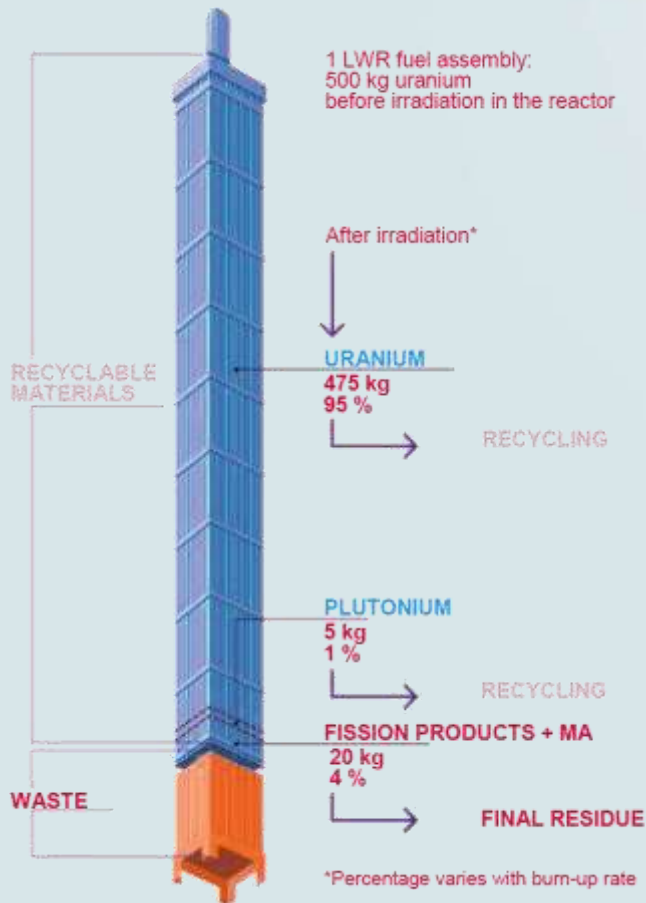


Trajnostni razvoj - recikliranje obsevanega goriva





96 % obsevanega goriva je možno reciklirati Številne EU države že prakticirajo predelavo goriva



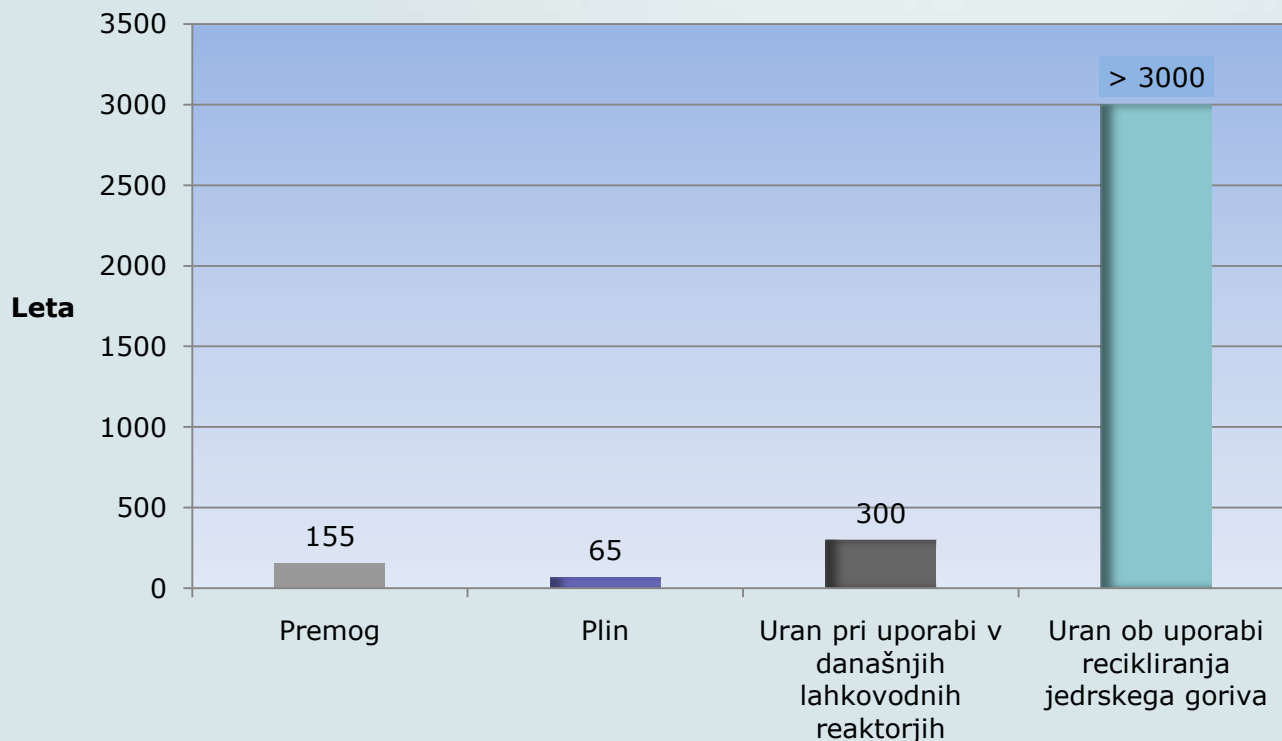
Reciklirano gorivo uporabljajo F, B, D, CH, S
Gorivo pošiljajo v predelavo še ES, I, NL, UK



Recikliranje goriva bistveno poveča odkrite zaloge urana

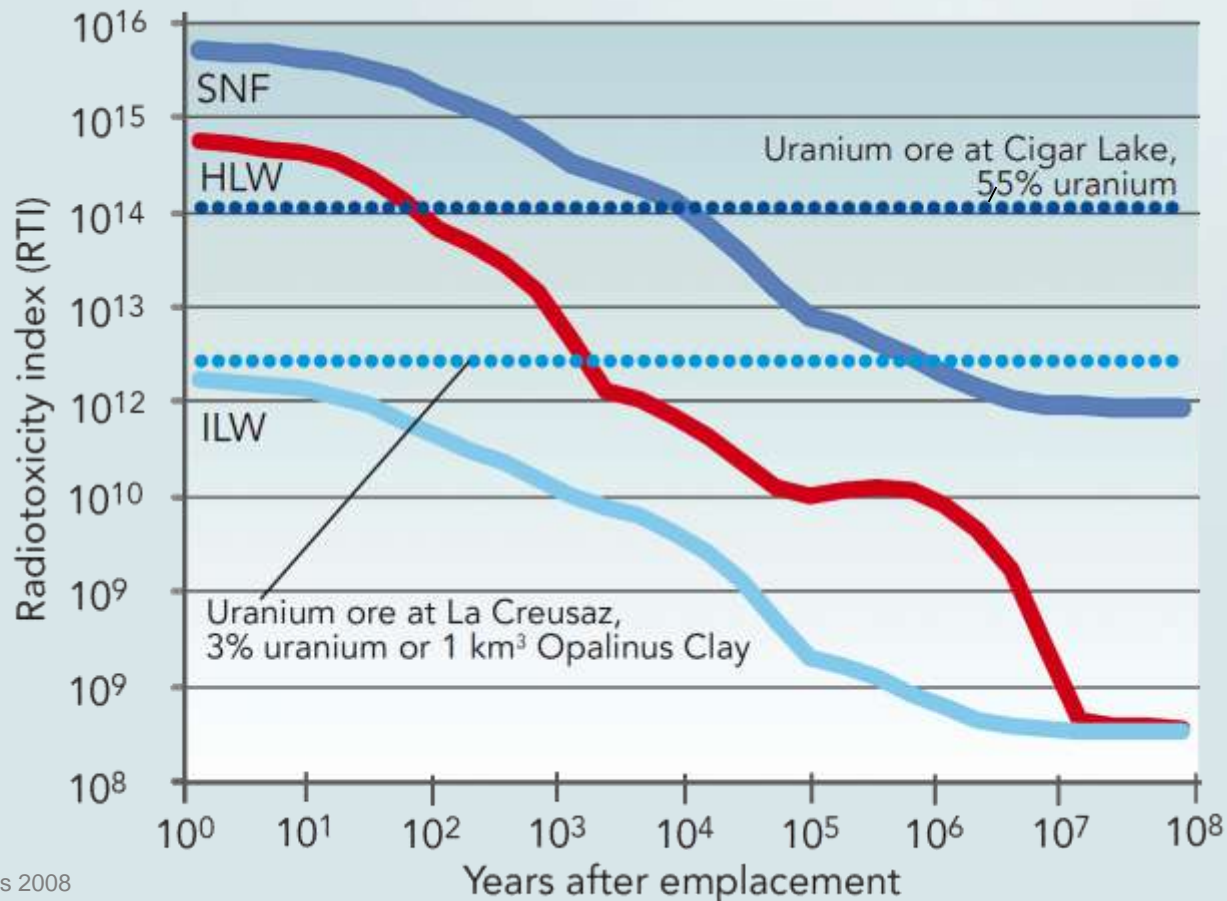
Življenjska doba energetskih virov

(zaloge v letih pri trenutni letni porabi energetskih virov in trenutno komercialno poznanih zalogah)





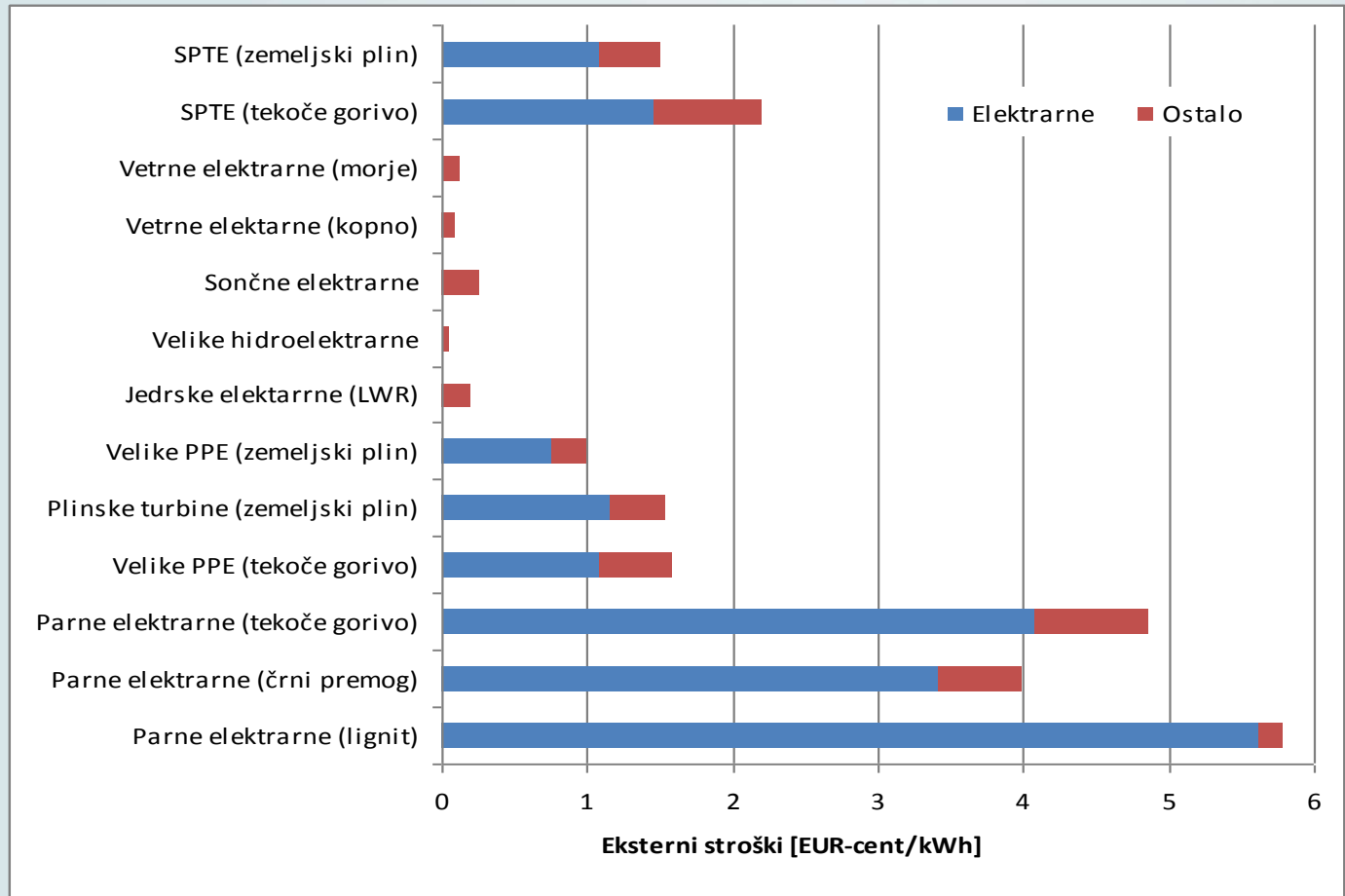
Zmanjšanje radiotoksičnosti pri odloženih odpadkih v primerjavi z naravnim sevanjem kamnine (uranove rude)



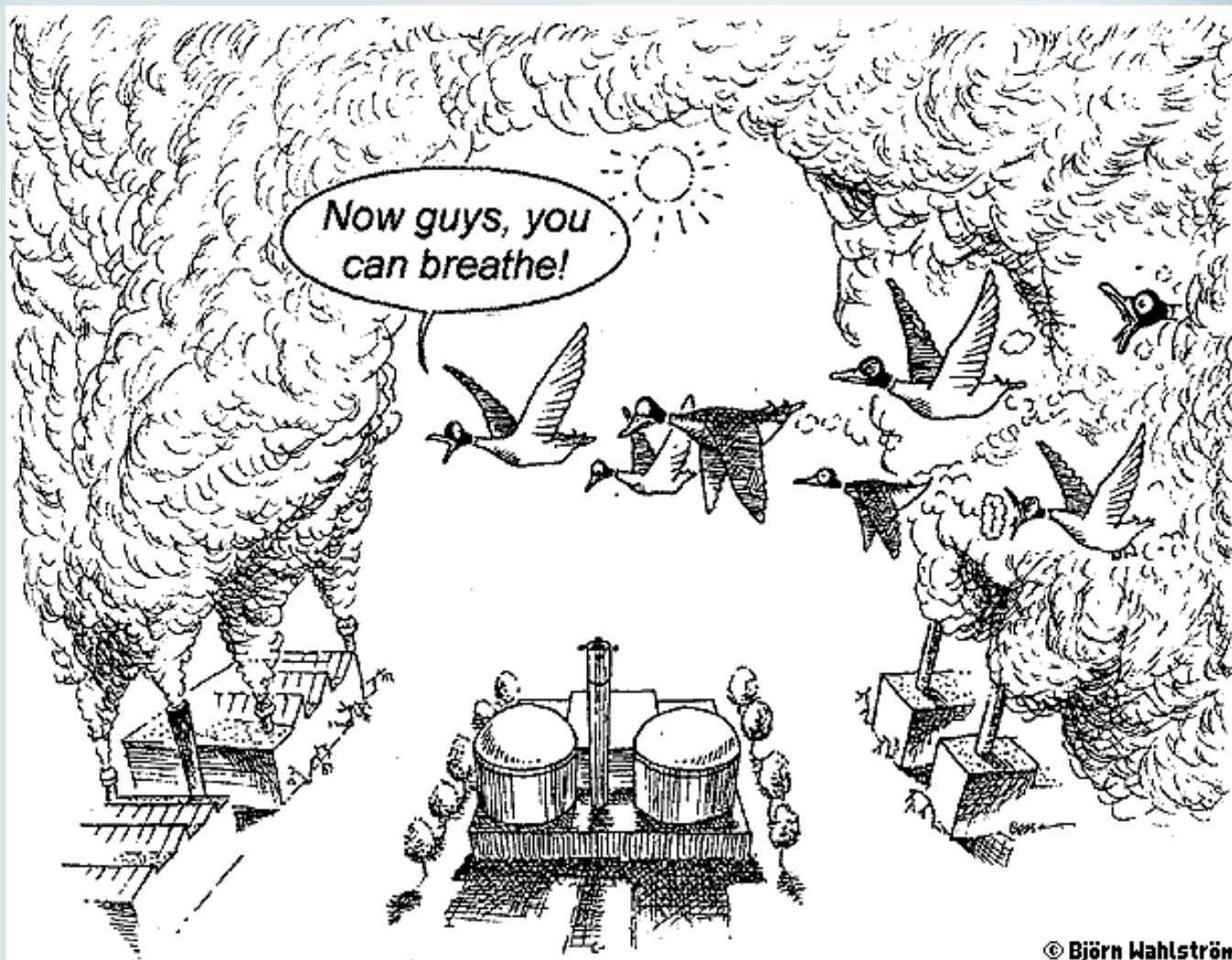
Vplivi na okolje izraženi v obliki eksternih stroškov



Eksterni stroški posameznih energetskega verig, ki vključujejo stroške za okoljske škode, klimatske spremembe, vpliv na zdravje, uporabo zemljišča, ...



vir: Eurelectric, 2007, Paul Scherrer Institut (Švica), 2004

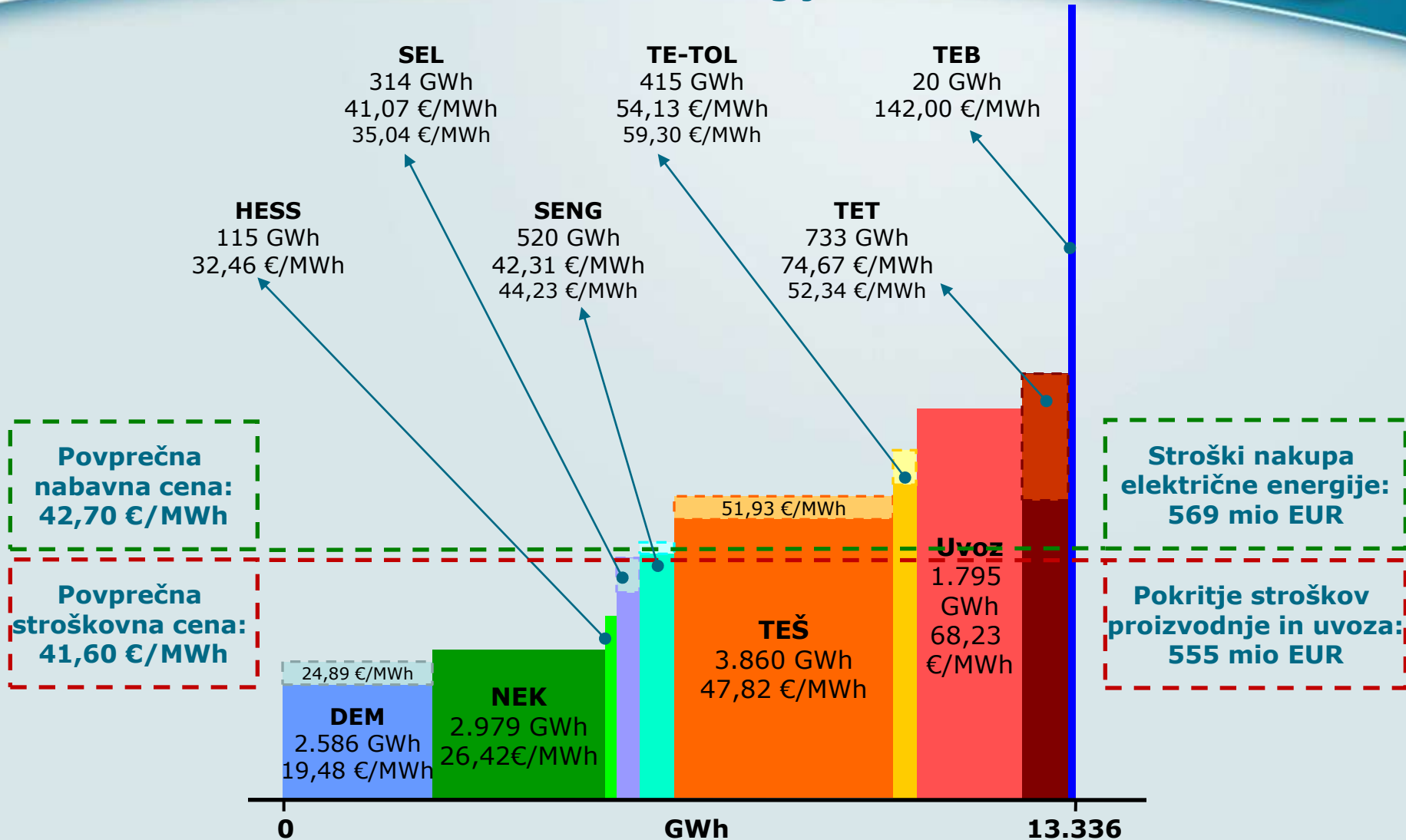


Stroški proizvodnje električne energije

Stroški proizvodnje električne energije
v Sloveniji in primerjava s svetovnimi
trendi



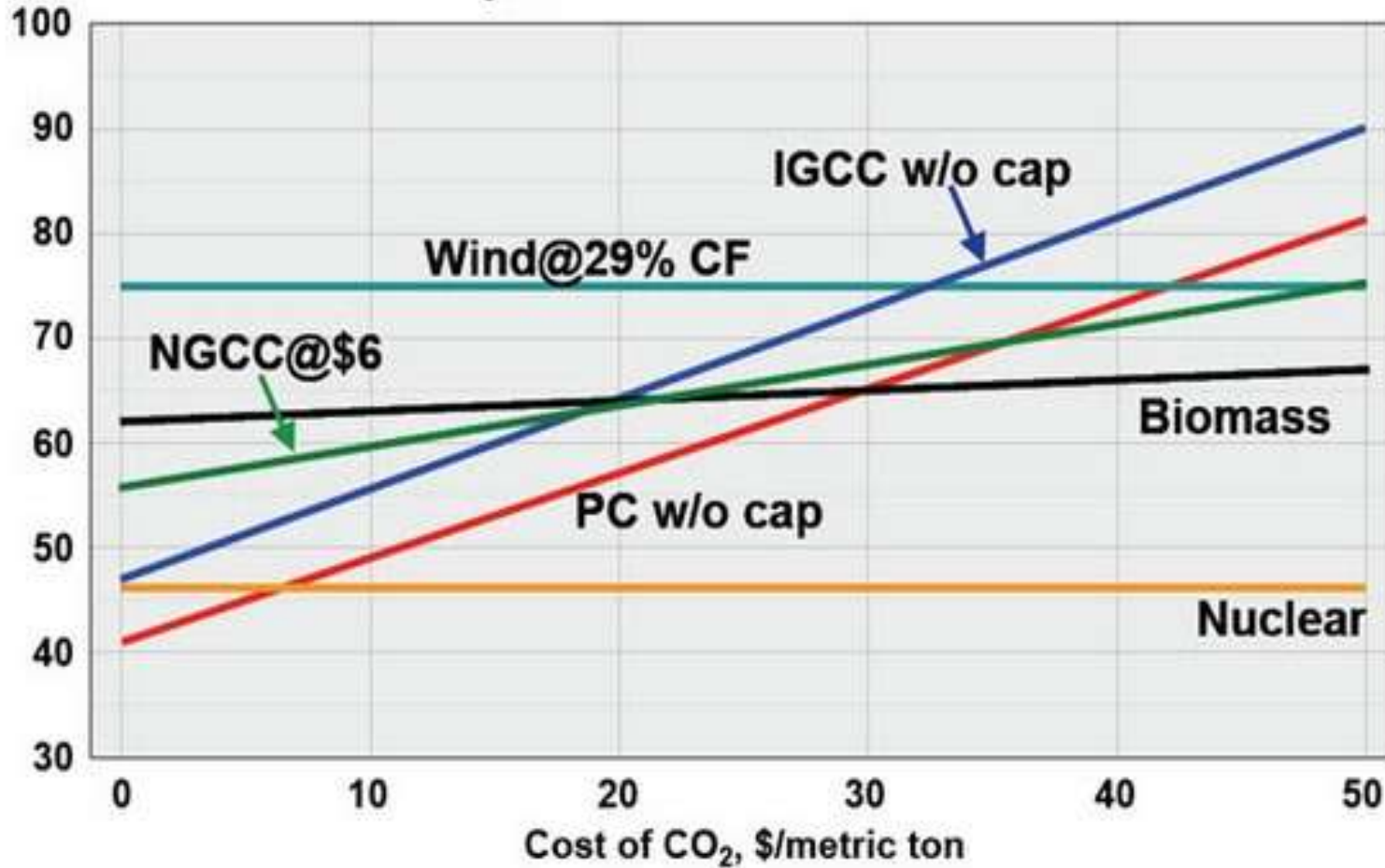
Ocena vrednosti nabave električne energije v letu 2008



Primerjavo stroškov proizvodnje elektrike z upoštevanjem stroškov izločanja CO₂ v letu 2010



Levelized Cost of Electricity, \$/MWh





Zadnje ocene – Kazalniki učinkovitosti

| | 1100 Mwe | 1600 Mwe | 2x1100 Mwe |
|--|--------------|--------------|--------------|
| NETO SEDANJA VREDNOST (v mio EUR) | 1.382 | 1.777 | 2.704 |
| LASTNA CENA (v EUR/MWh) | 21 | 20,5 | 20 |
| DOBA VRAČANJA SREDSTEV | 10-12 | 10-12 | 10-12 |

| | | | |
|---|------------|-------------|-------------|
| Prodajna cena v EUR/MWh | 50 | 65 | 75 |
| INTERNA STOPNJA DONOSNOSTI (v %) | 7 % | 10 % | 12 % |

Jedrsko elektrarno prinaša ob zadovoljivih donosih tudi ugodno in predvidljivo ceno električne energije.

Ob težjih časih v gospodarstvu, nam robustnost projekta omogoča tudi podporo v smislu znižanja cen na raven, ki jo gospodarstvo lahko zdrži, hkrati pa ni ogroženo poravnavanje obveznosti do virov financiranja.

Zaključki



| Alternativa | Potrebno zemljišče za kWh | Toplogredni plini na kWh | Varnost oskrbe z energijo | Cena na kWh | Skupni vplivi na okolje | Skupna ocena |
|---------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|-------------|-------------------------|--------------|
| Jedrska elektrarna | A | A | B | A | B | A |
| TE na uvožen premog | A | E | C | C | D | C |
| Plinsko parna TE | A | D | D | C | D | C |
| Hidro elektrarna | B | B | B | A | C | B |
| Vetrna elektrarna | D | B | C | D | C | C |
| Biomasa | C | C | B | C | C | C |
| Sončna FV | D | B | C | D | C | C |
| Geotermalna | A | B | B | D | C | B |
| Brez ukrepanja | n/a | D | E | D | n/a | D |

Tabela predstavlja samo nekatere izbrane pomembne kriterije za odločanje.

| | | | | | |
|------------|------------------|--------------------|------------|-----------------|--------------------|
| A Dobro | B Zadovoljivo | C Nezadovoljivo | D Slabo | E Nezaželeno | n/a Ni na voljo |
|------------|------------------|--------------------|------------|-----------------|--------------------|



1. Naravni viri morajo ostati tudi bodočim generacijam
 - Zaloge jedrskega goriva so večje kot zaloge fosilnih goriv
2. Okolje ne sme biti trajno degradirano
 - Vplivi jedrskih elektrarn na okolje so primerljivi z vplivi OVE
 - Odpadkov je malo in radiotoksičnost zaradi naravnega razpada z leti izginja
3. Temeljne dobrine (električna energija) morajo biti dosegljive vsem socialnim kategorijam
 - Jedrske elektrarne proizvajajo elektriko po zelo konkurenčni ceni



- **Varna in zanesljiva oskrba z električno energijo (8 – 12 TWh na leto).**
- **Optimalna rešitev za okoljske zahteve in standarde v Sloveniji.**
- **Sprejemljiva, napovedljiva in stabilna cena na kWh.**
- **Pozitivni učinki na gospodarski razvoj.**
- **Znaten prispevek za dolgoročni trajnostni razvoj.**
- **Možnost vključitve slovenskega gospodarstva v projektiranje, gradnjo, izdelavo opreme in montažo**

