



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za elektrotehniko*



Univerza v Ljubljani  
Fakulteta *za elektrotehniko*

Laboratorij za fotovoltaiiko  
in optoelektroniko

# Življenjska doba in recikliranje fotonapetostnih modulov

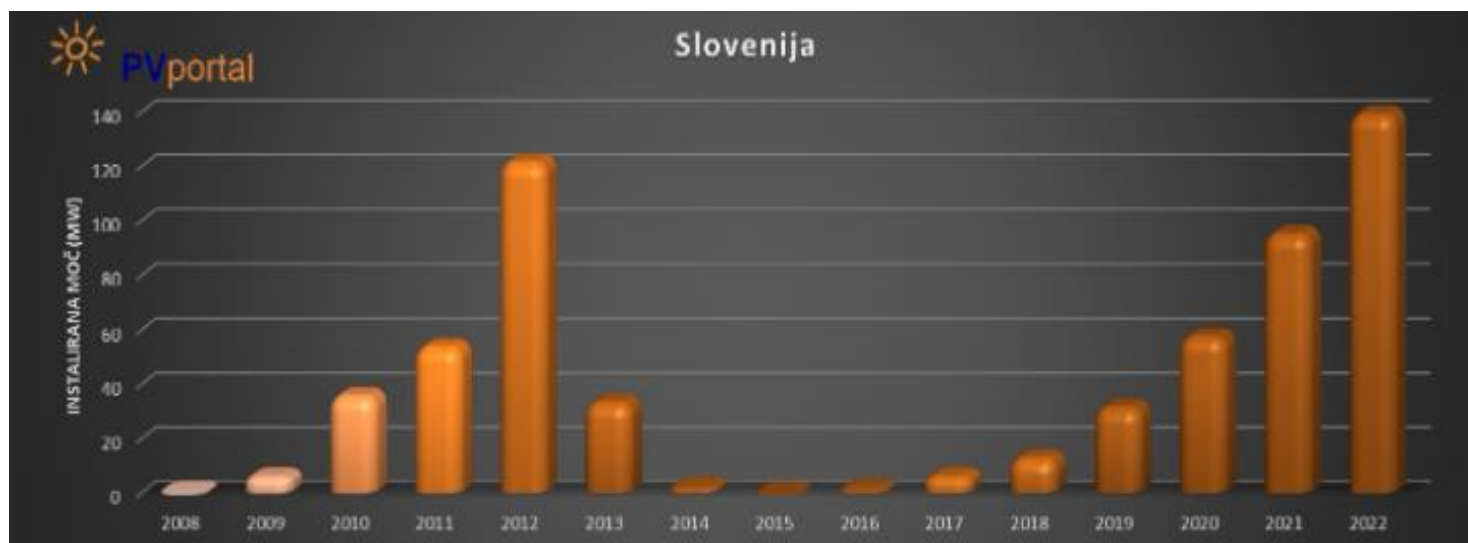
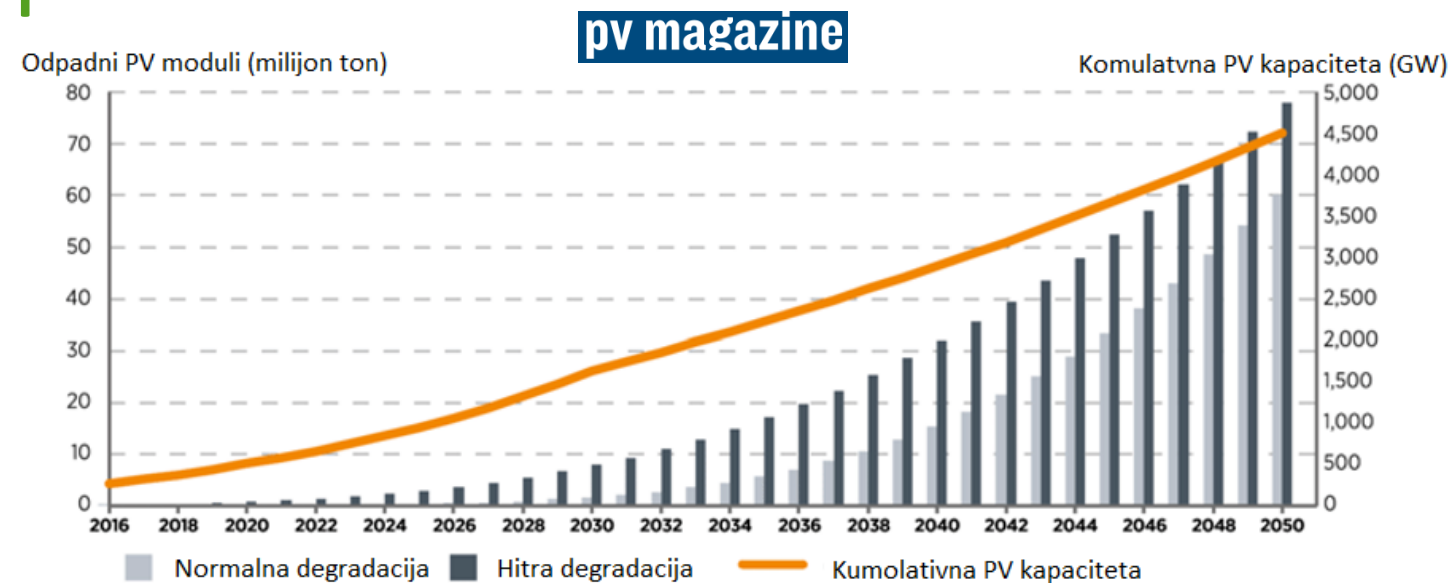
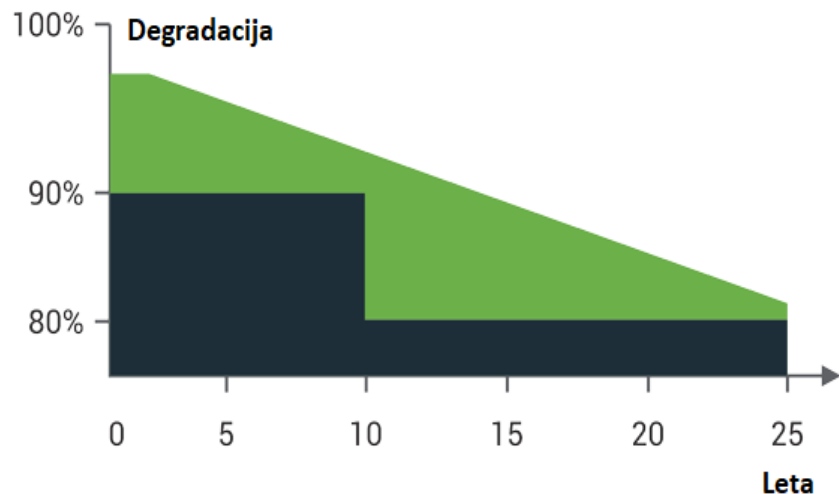
SLO PV konferenca 2023

Žiga Miklič, prof. dr. Marko Topič

7.6.2023

# Življenjska doba in napoved

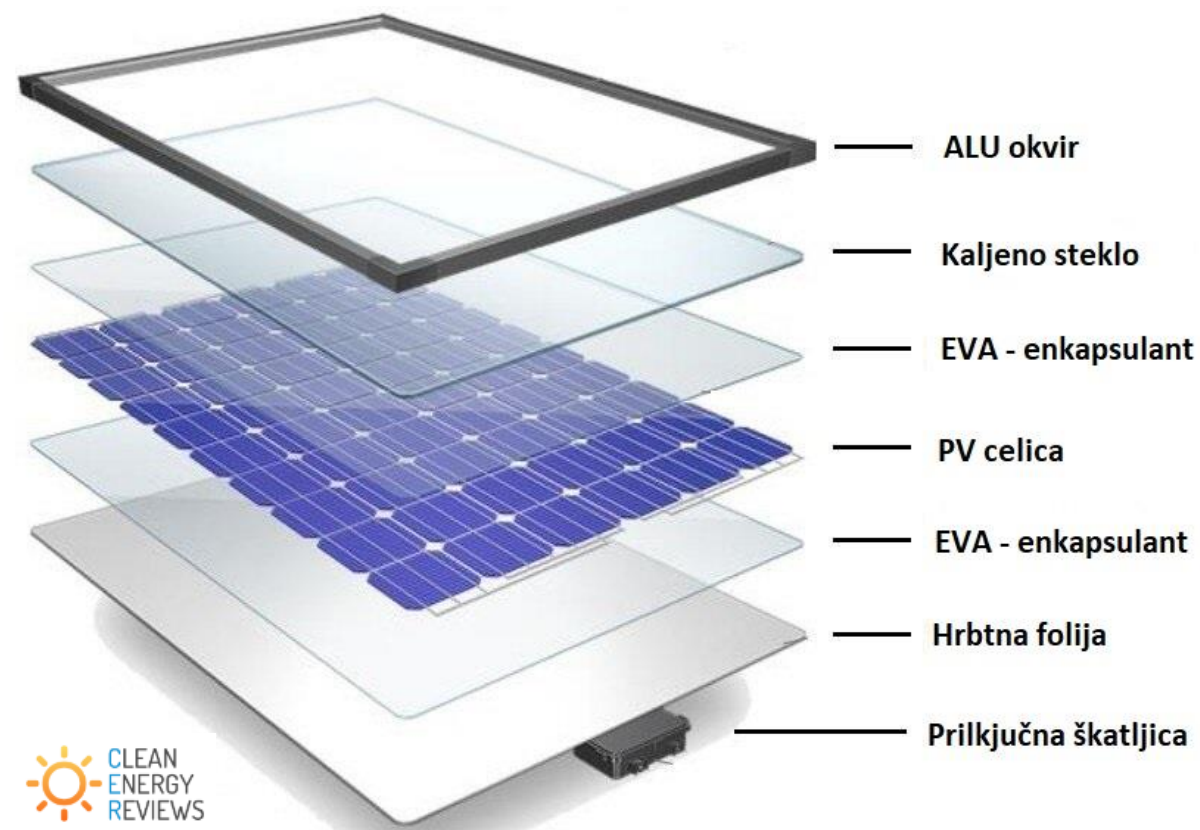
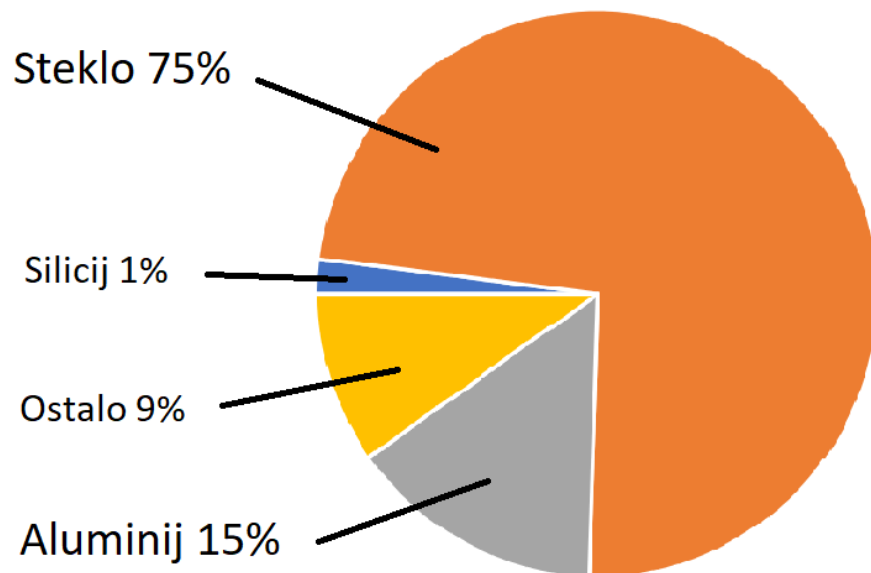
- Življenjska doba ~ 25-30 let
- Degradacija ~ 0,55 %/leto
- 2050 – > 4,5 TW sončnih elektrarn po svetu
- 2050 – 60-80 milijonov ton odpadnih PV modulov
- Kopičenje iztrošenih PV modulov po izteku življenjske dobe



# Sestava Si PV modula

- Silicij: ~400 g/modul
- Steklo: ~15 kg/modul
- Aluminiij: ~3 kg/modul
- Ostalo: ~2 kg/modul  
(srebro, baker, umetne mase)

\*modul = 400 Wp (~20 kg)



# Okoljski vidiki

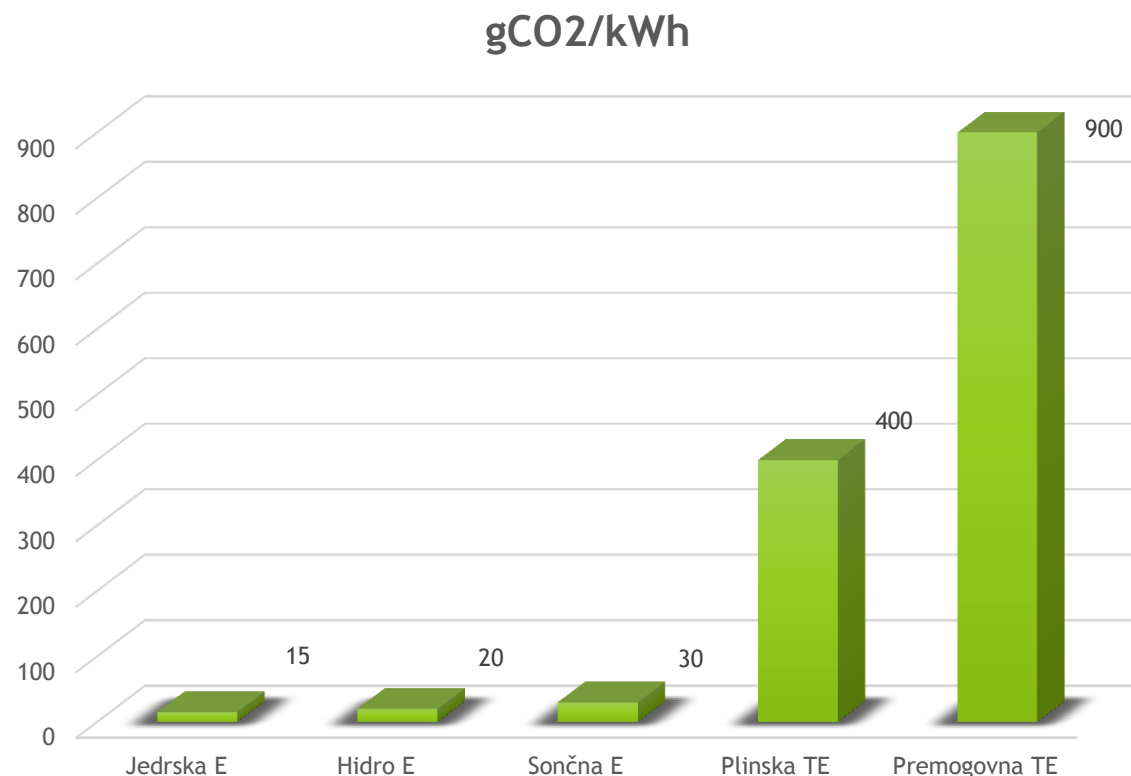
- Pridelava Silicija: 200 kWh/kg (2000) → 40-45 kWh/kg (danes)
- PV moduli predstavljajo okoli 65% vložene energije za izdelavo SE
- Energija za proizvodnjo SE se povrne približno v 1 letu delovanja

## TRENDI:

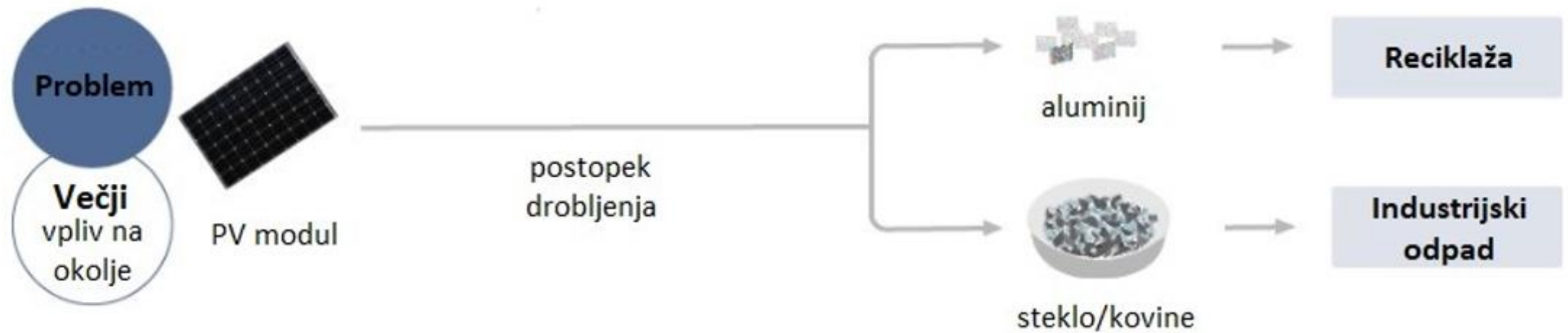
- Silicij na celico: -9.9 %/leto
- Srebro na celico: -28.8 %/leto
- Izkoristek Mono-Si celic: +0,5 %/leto

## OGLJIČNI ODTIS:

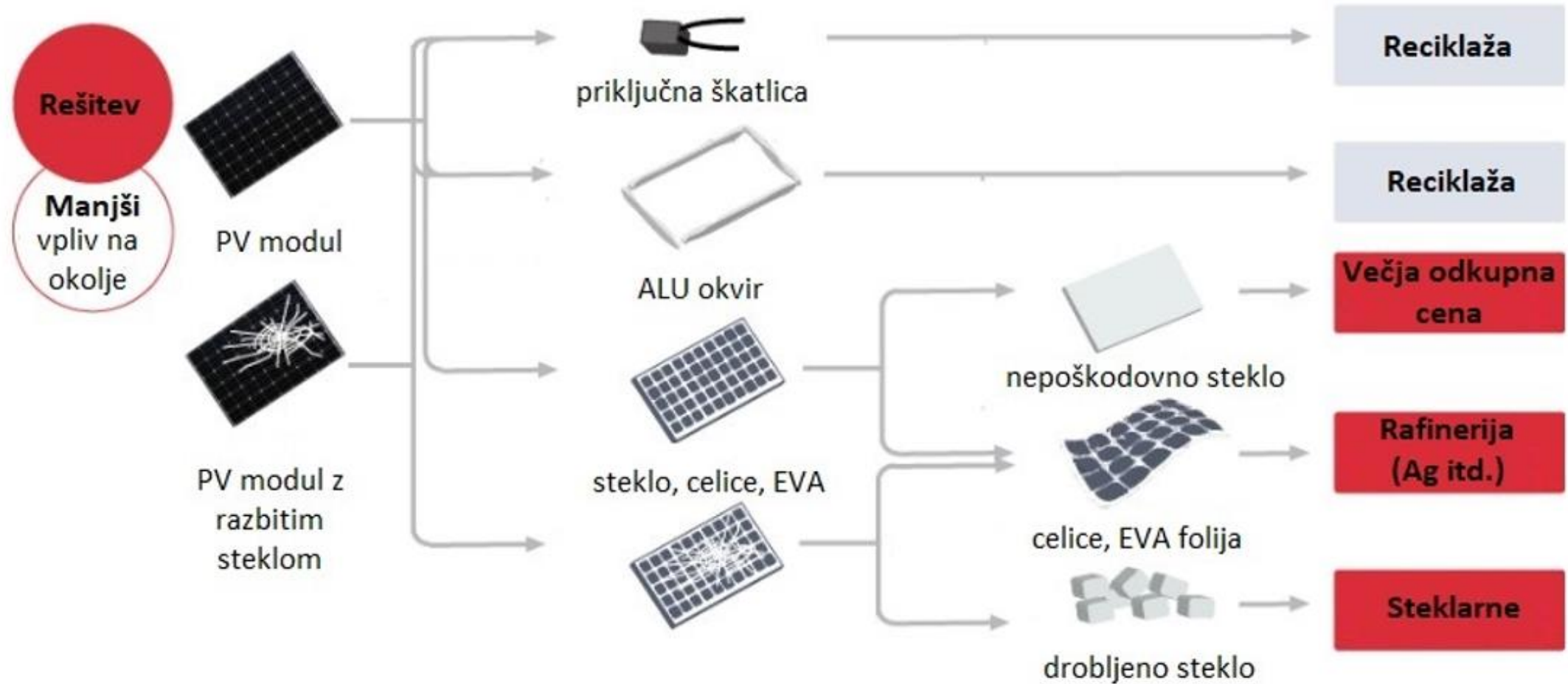
- Jedrska elektrarna: 15 gCO<sub>2</sub>/kWh
- Hidro elektrarna: 20 gCO<sub>2</sub>/kWh
- **Sončna elektrarna: 30 gCO<sub>2</sub>/kWh**
- Plinska termo elektrarna: 400 gCO<sub>2</sub>/kWh
- Premogovna termo elektrarna: 900 gCO<sub>2</sub>/kWh



# Postopki razgradnje PVM



# Postopki razgradnje PVM



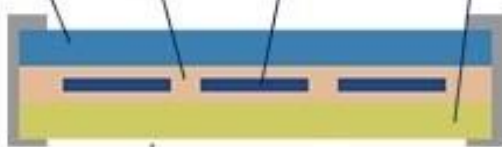


# Naprave za reciklažo PV modulov

Naprava za odstranjevanje  
priključnih škatlic



steklo EVA celica hrbtna folija



Junction box

avtomatsko odstrani priključne  
škatljice in priključne vodnike PV  
modula

Naprava za odstranjevanje okvirja



ALU okvir



avtomatsko odstrani vse štiri  
stranice okvirja PV modula

Naprava za odstranjevanje  
sončnih celic



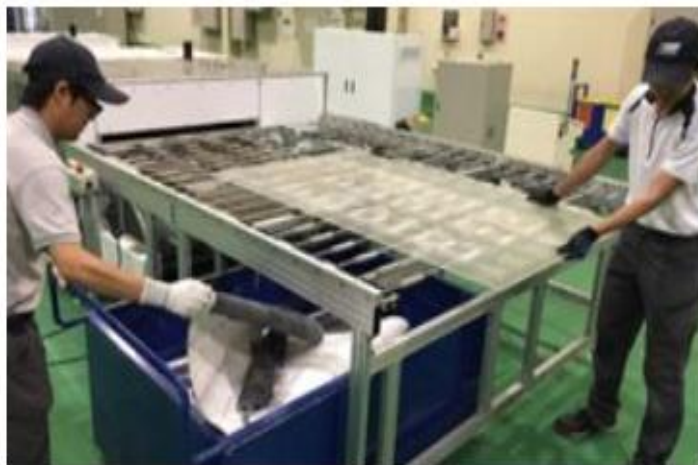
"vroči nož"



avtomatsko odstrani steklo od  
ostalih materialov z pomočjo  
segretega noža

# „vroči nož“

- Segreto rezilo na 300°C
- Stopi EVA enkapsulant
- Loči EVA od stekla
- Efektivna in ekonomična metoda reciklaže
- Čas razgradnje modula ~ 60s







**Automated PV Panel Disassembly Line**

# Združenje PV CYCLE



- Neprofitna članska organizacija
- Kolektivno zbiranje in ravnanje z odpadki (odsluženih komponent SE)
- Zagotovljena skladnost z zakonodajo za podjetja in imetnike odpadkov
- Organizirana mreža za zbiranje, pošiljanje, recikliranje in ponovna uporaba PVM
  - SLOVENIJA: Plan-net Solar, Bisol
- Priložnost novih podjetij za reciklažo komponent sončnih elektrarn po letu 2040



**Hvala za vašo pozornost!**

**Vprašanja?**