

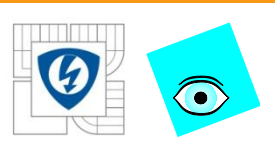


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Komponenty a funkce FV systémů

Ing. Petr Wolf, Sunnywatt CZ s.r.o.

Tato prezentace je spolufinancována Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

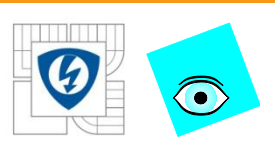


Fotovoltaické panely - příklad



Špičkový výkon (P_{MPP}):	180W
Napětí naprázdno (V_{OC}):	43,0V
Proud nakrátko (I_{SC}):	5,50A
Napětí v bodě max. výkonu (V_{MPP}):	35,0V
Proud v bodě max. výkonu (I_{MPP}):	5,14A

Pro dosažení vyšších proudů a napětí : sério-paralelní propojení FV panelů



Střídače pro fotovoltaiku

Požadavky

- DC/AC konverze s požadovanou kvalitou výstupního signálu
- sledování max. bodu výkonu (MPP tracking)
- zajištění bezpečnosti provozu (sledování napětí, frekvence, impedance sítě, vypnutí dodávky energie
při poruše, případně galvanické oddělení, bezpečné odpojování...)
- monitorování provozu systému

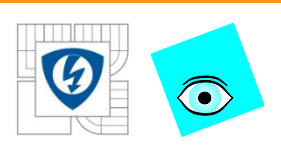
Požadavky na provedení:

- vysoká účinnost (-1% u 1MWp FV systému=roční ztráta 127tis. Kč)
- životnost (MTBF...), odolnost, krytí IP, teplotní rozsah použití
- rozměry, hmotnost, design, jednoduchost instalace...

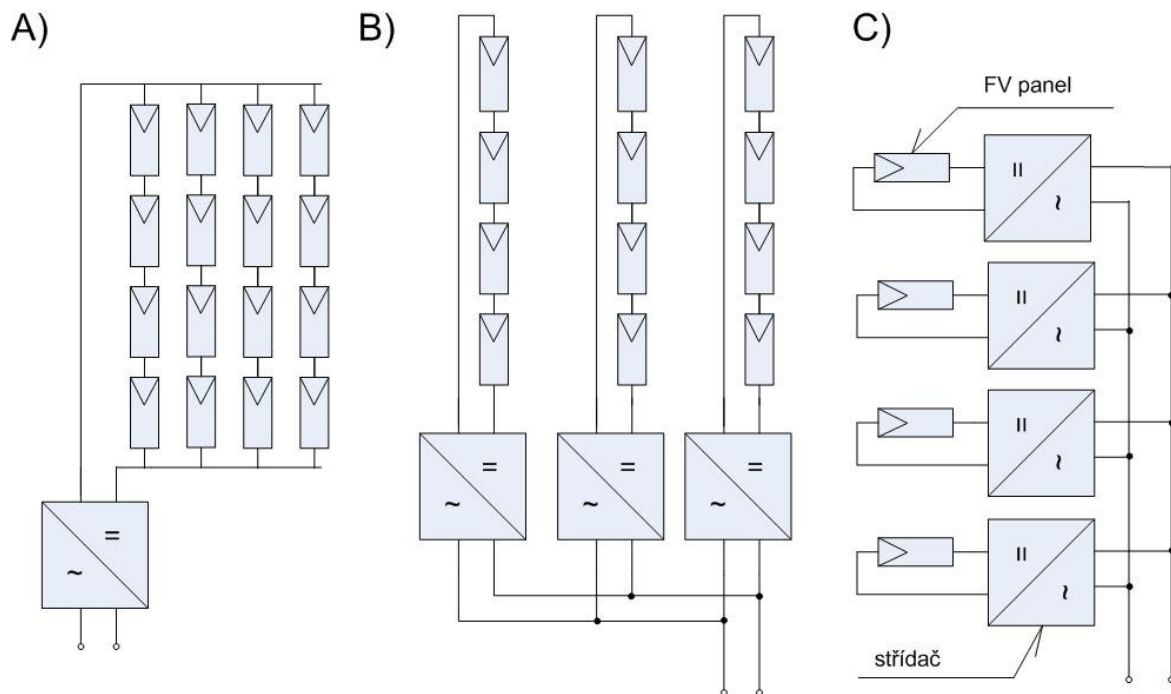
Typy střídačů

- modulové x řetězcové(stringové) x centrální
- transformátorové(galvanické oddělení) x beztransformátorové
- s / bez sledovače bodu MPP
- s / bez prvků pro zvyšování vstupního napětí (boost-up DC/DC konvertor)
- pro provoz paralelně se sítí x pro autonomní provoz x kombinované (např. back-up systémy)

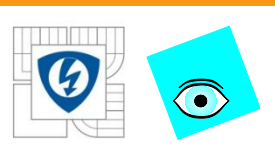
V současnosti se vyrábí široká škála typů, není jedno ideální provedení



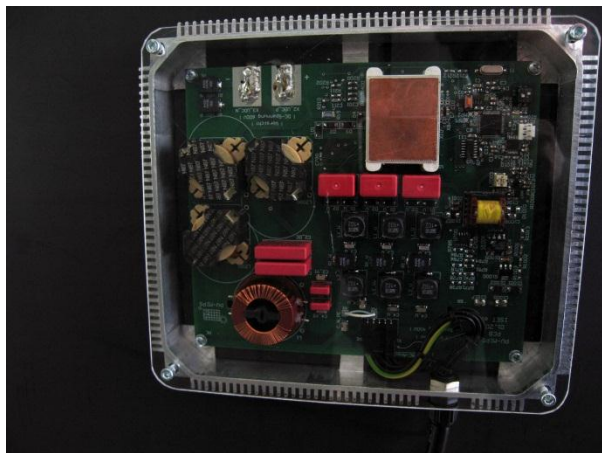
Typy střídačů pro fotovoltaiku



- A) Centrální:** pro velké systémy (> 100kW), velká účinnost, společný bod MPP, 3fázové připojení
- B) Řetězcové:** střední a velké systémy, lepší sledování MPP, obvykle 1 fázové připojení, náročnější údržba a instalace, paralelní záloha výpadků
- C) Modulové:** sledován MPP každého FV panelu, nižší účinnost, typicky vyšší náklady, obtížná údržba, paralelní záloha výpadků

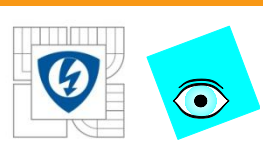


Typy střídačů pro fotovoltaiku

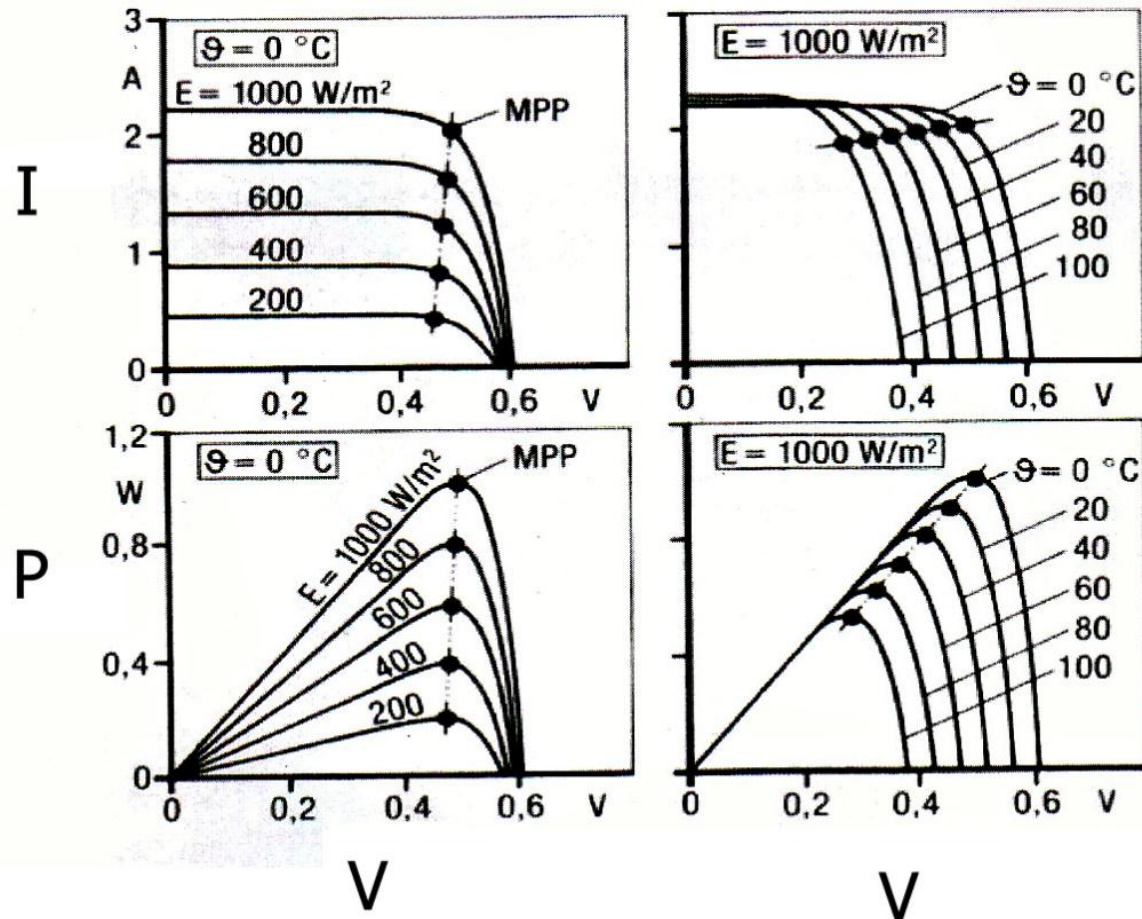


15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

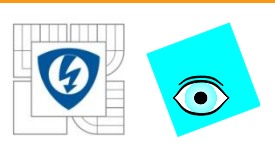


Sledování bodu maximálního výkonu

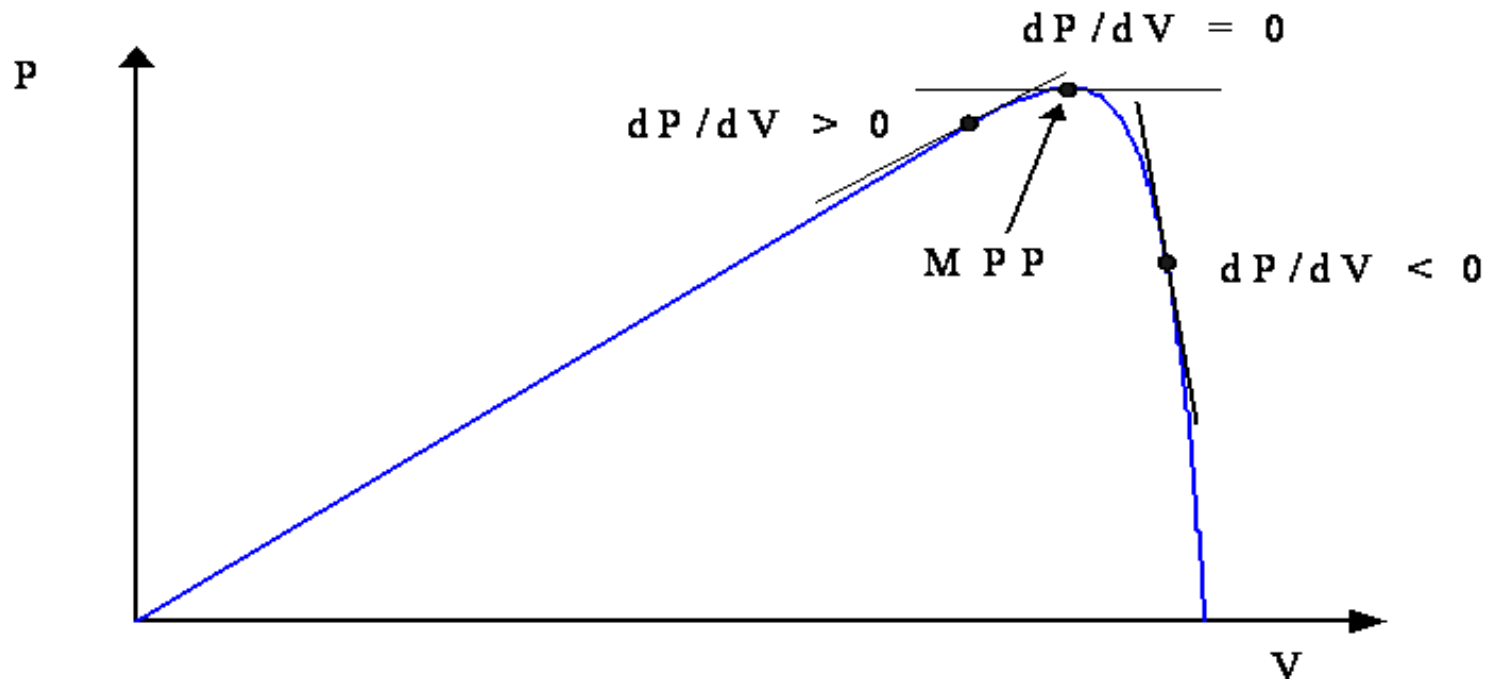


15.4.2011

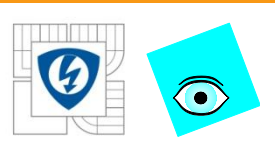
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Sledování bodu maximálního výkonu



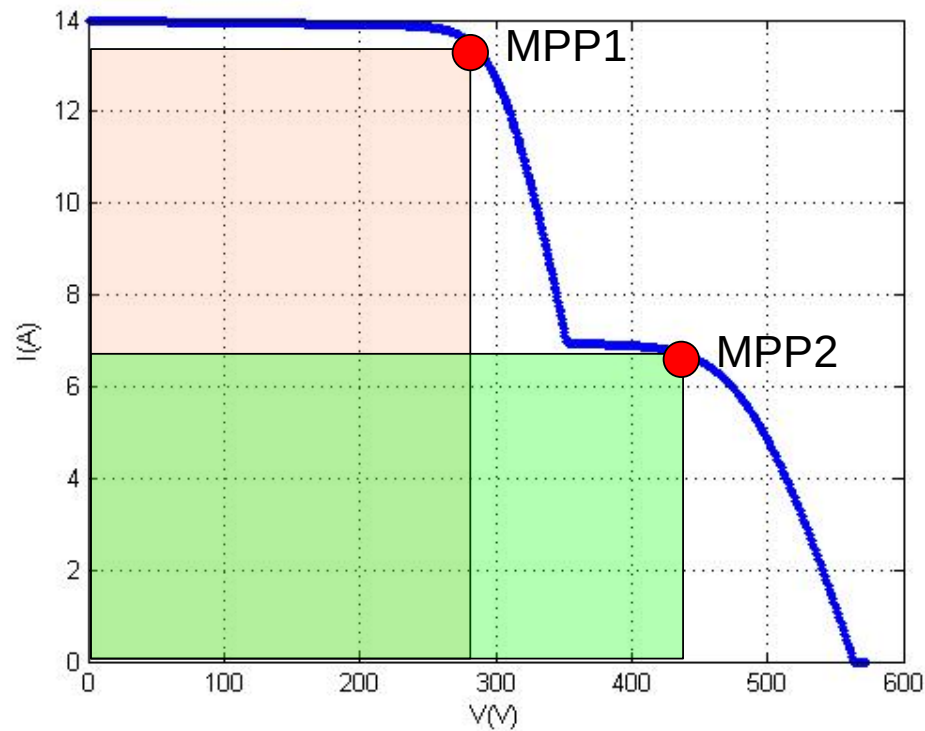
Určení bodu maximálního výkonu (MPP) pomocí derivace výkonu

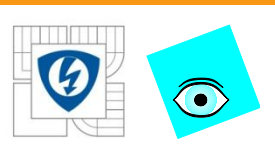


Problémy při hledání bodu max. výkonu

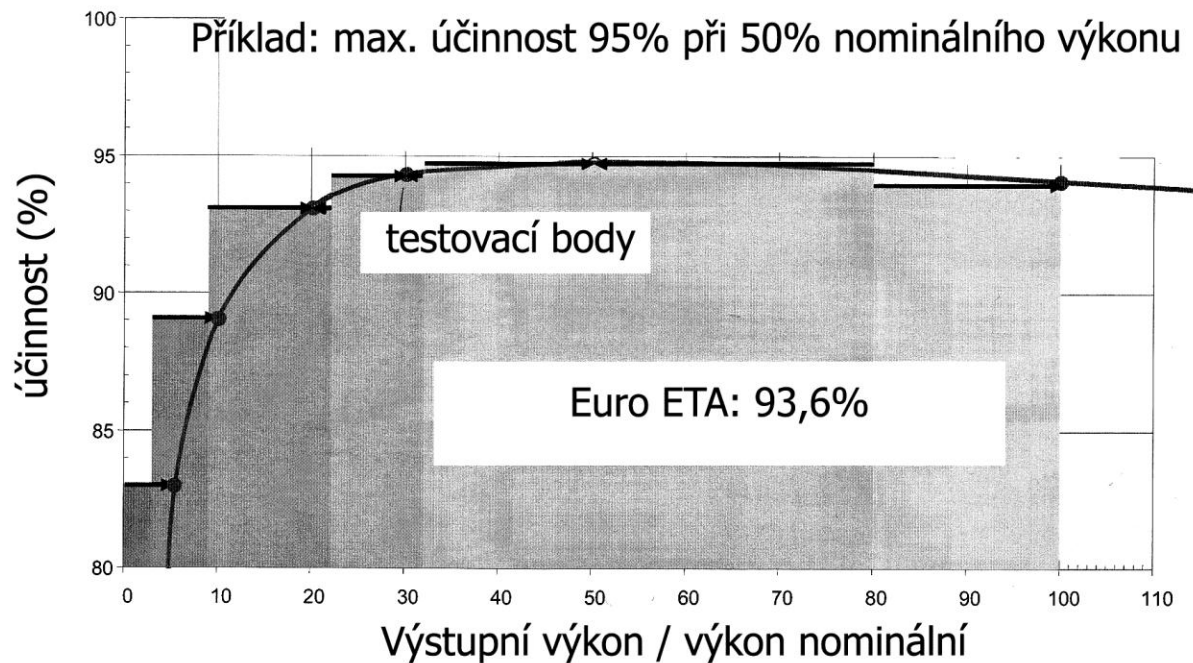
V případě nevhodných provozních podmínek (např. stínech) může existovat více lokálních bodů max. výkonu.

Řešení: občasná kontrola celé VA charakteristiky střídačem



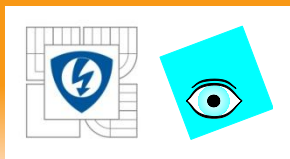


Účinnost střídačů



$$\eta = \frac{P_{AC}}{P_{DC}}$$

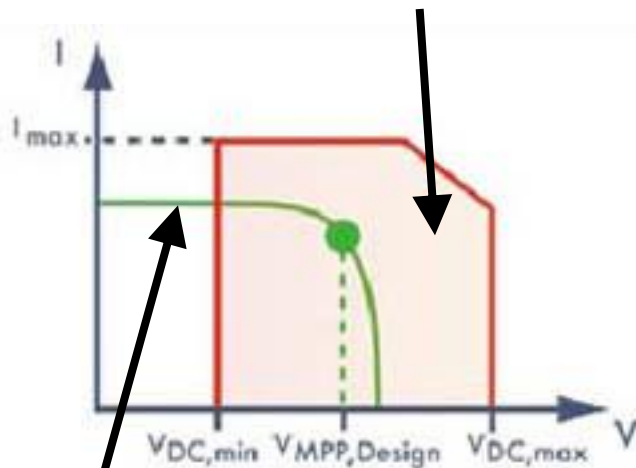
$$\eta_{euro} = 0,03 * \eta_{5\%PN} + 0,06 * \eta_{10\%PN} + 0,13 * \eta_{20\%PN} + 0,1 * \eta_{30\%PN} + 0,48 * \eta_{50\%PN} + 0,2 * \eta_{100\%PN}$$



Správný návrh z hlediska vstupních parametrů

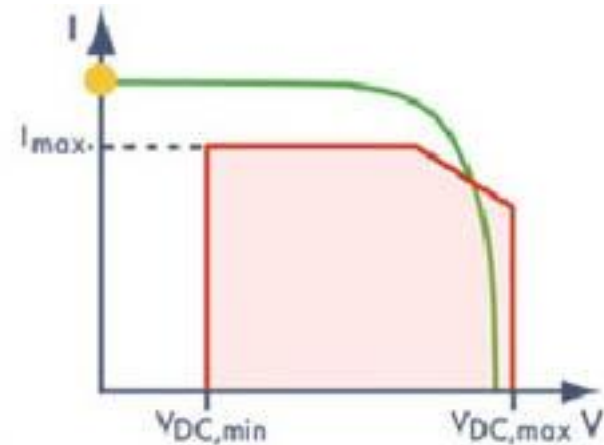
A - správný návrh

Pracovní oblast střídače

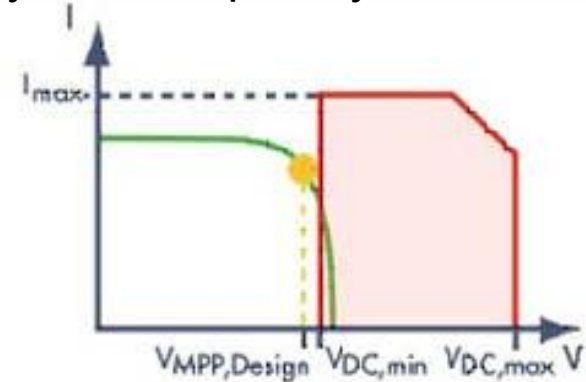


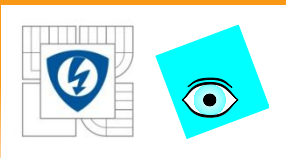
VA charakteristika FV panelů

B - panely mimo proudový rozsah střídače



C - Panely mimo napěťový rozsah střídače

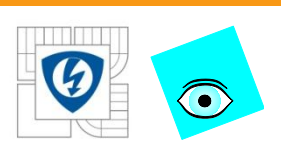




Komponenty pro elektroinstalaci FVE

Specifika FVE:

- Sběr výkonu z velké plochy (FV generátor)
- **Stejnoseměrný proud** až na vstup střídačů (**až 1000V**)
- Proměnlivé provozní podmínky (napětí a proud závisí na teplotě a intenzitě záření)
- **Venkovní instalace** (potřebné krytí, **odolnost UV záření**, ochrana před bleskem a přepětím)
- Pozor na **souběhy vedení** NN/VN, DC/AC, výkonové a datové propoje



Komponenty pro elektroinstalaci FVE

Kabeláž pro připojení FV panelů

dvouplášťová, UV odolná, průřez 4mm², 6mm² a více



Konektory pro připojení FV panelů

Typ MC3, MC4, Tyco,...



Jističe a pojistky, svodiče přepětí

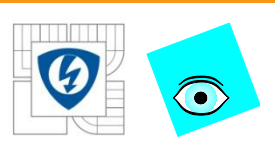
dimenzované na maximální napětí v systému (AC nebo DC!)



Propojovací skříně (string/connection box)

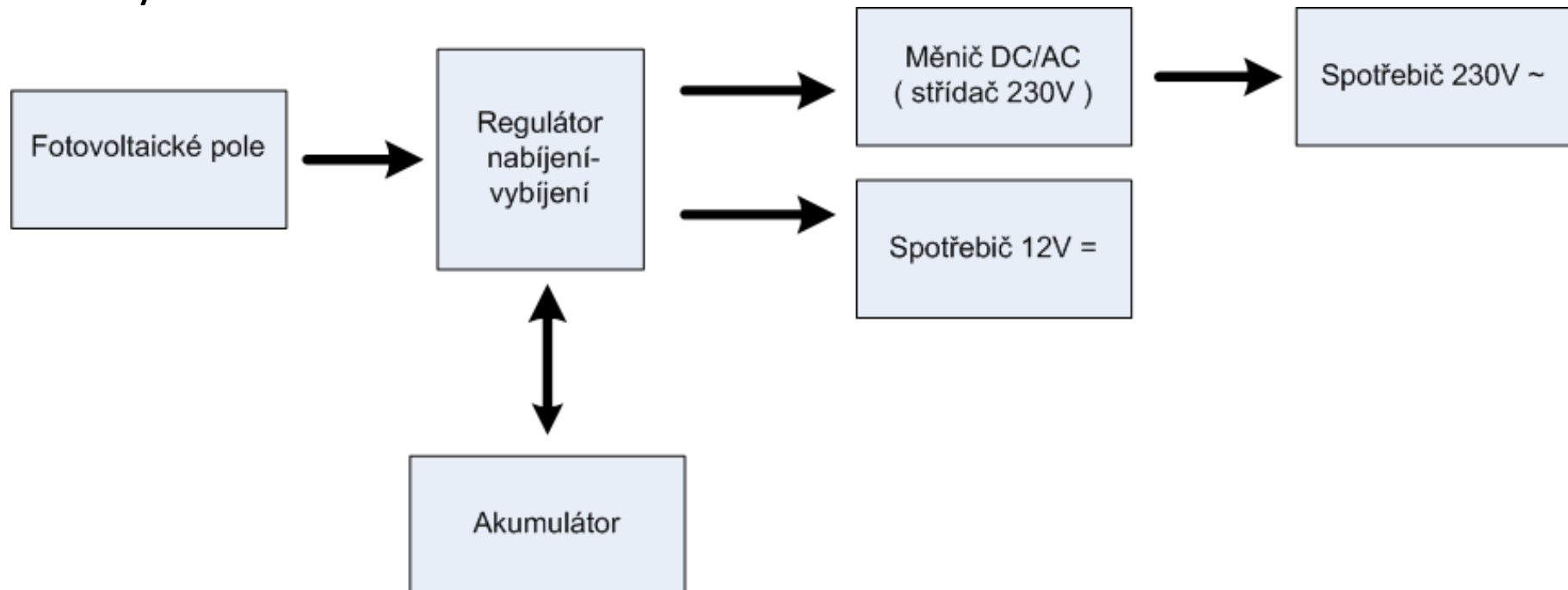
často obsahují též přepětové ochrany, měření proudu větví, monitorování stavu jisticích prvků aj.





Rozdělení FV systémů z hlediska provozu

- Autonomní systémy (off-grid)
- Systémy pracující paralelně se sítí (on-grid)
- Hybridní





Příklady autonomních FV systému

Gruzie – malé systémy pro domácnost



Betlém, Palestina



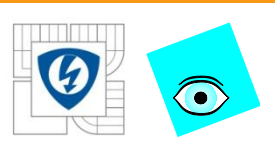
SUNNYWATT CZ



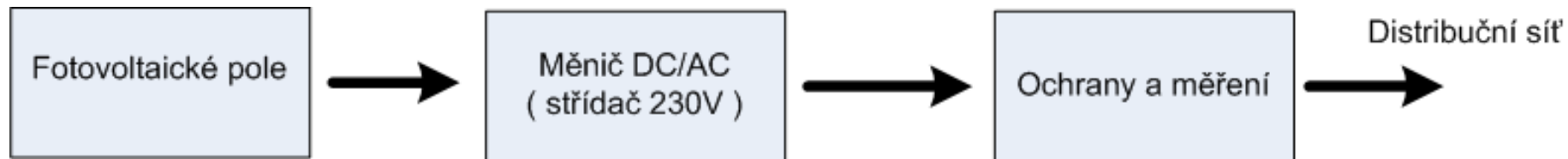
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

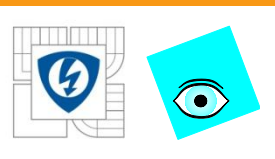




Systém pracující paralelně se sítí



- Není třeba akumulární prvek
- *Požadavky z hlediska bezpečnosti provozu sítě a kvality dodávané energie*



Příklady FV systému pracujících paralelně se sítí

Arnoltice 1MWp



Praha-východ 87kWp



Praha-západ 4kWp

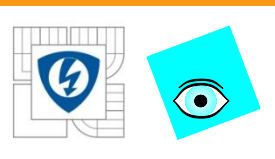


Praha 55kWp

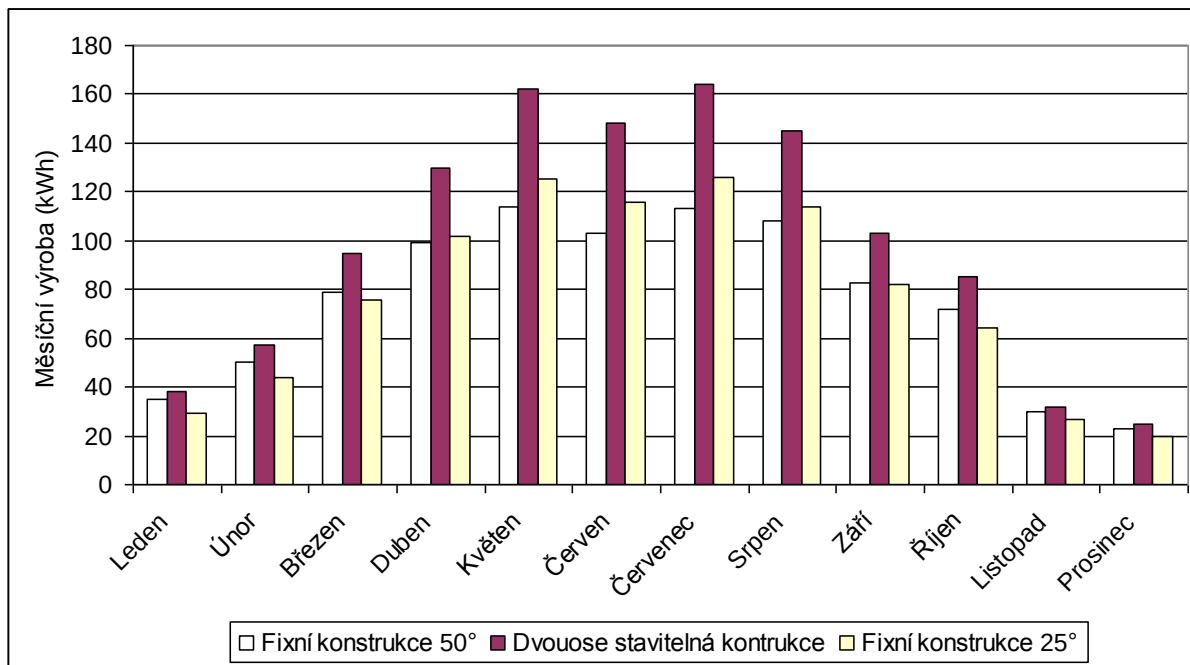


15.4.2011

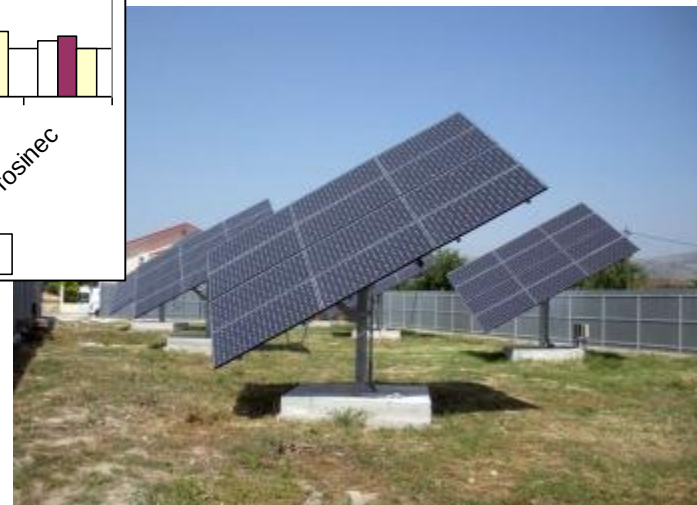
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Provedení FV systémů z hlediska typů konstrukce



Zdroj: PVGIS

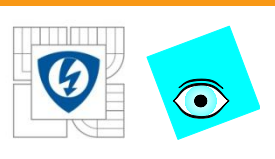


Zdroj: www.lorenz.de

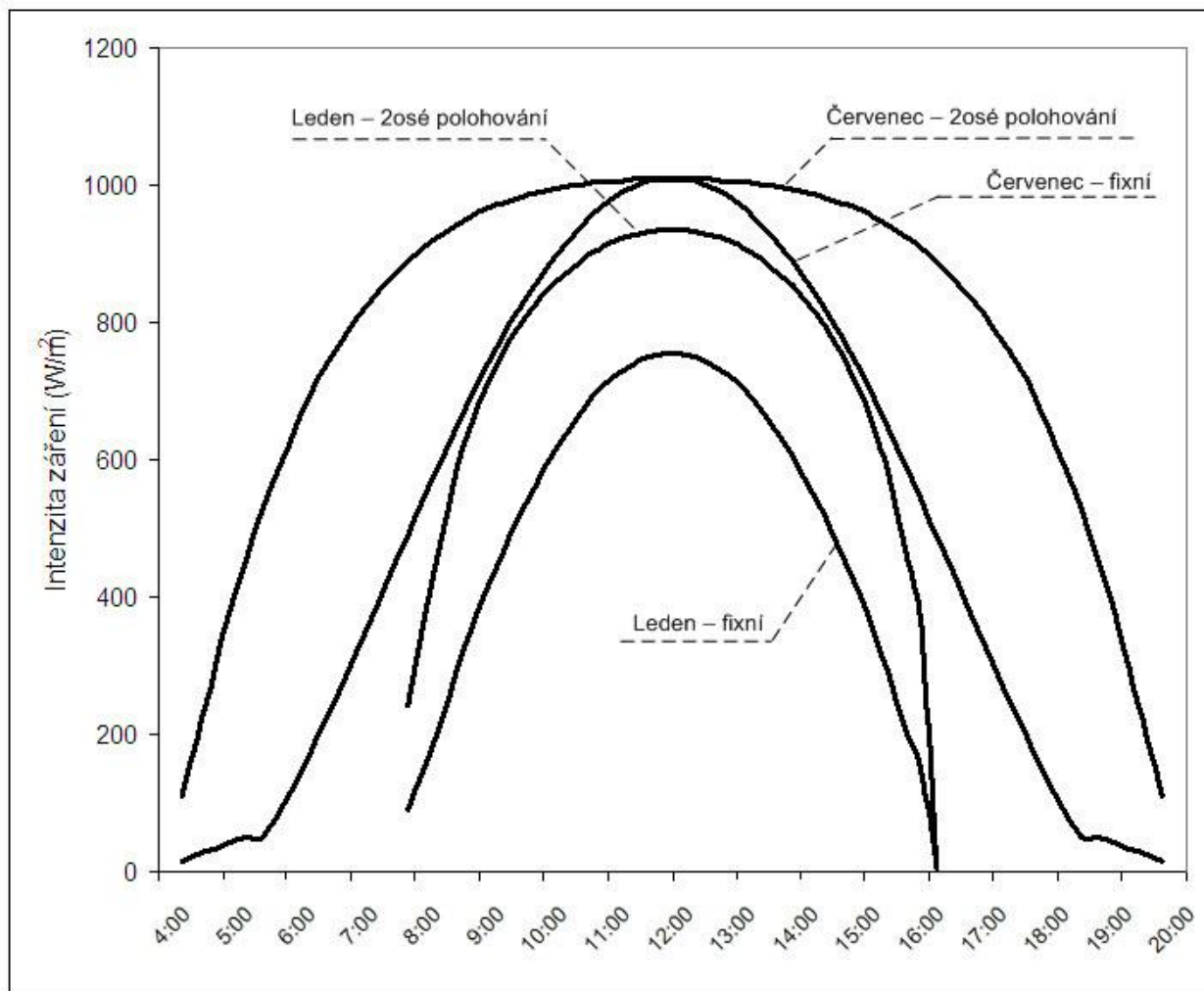
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Provedení FV systémů z hlediska typů konstrukce

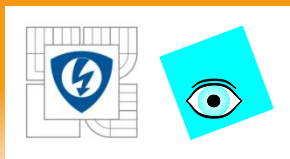


Zdroj: PVGIS

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Ochrana proti blesku a přepětí

FV panely – exponovaná místa, hrozí poškození bleskem

Životnost 20let a více – pravděpodobnost přímého zásahu: RD jedou za stovky let, velká FV instalace: jednou za několik let

Jak ochránit:

- Pojištění (hmotné škody + ušlý zisk, u RD jako součást připojištění objektu)
- Technické prostředky

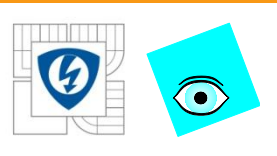
Míra ochrany: určení rizika (dle ČSN EN 62305-2), na FV instalace nejsou velké nároky, celkem 4třídy, často kategorie č. III.

U velkých FV instalací- lze zajistit zákaz vstupu osob při bouři (poučení pracovníků).

Cílem: 1.zajistit bezpečnost osob, 2.zabránit vzniku požáru, 3.ochránit zařízení

1+2: Hromosvod

3. Vnitřní ochrana (přepětové ochrany, bleskojistky)



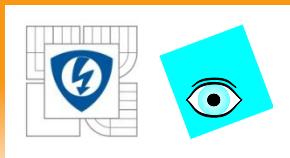
Ochrana proti blesku a přepětí

Oddálený hromosvod: doporučeno jako ochrana zařízení, zařízení nejsou spojena s hromosvodnou soustavou, naopak je zanechána určitá vzdálenost, typicky 40-60 cm. Jako vnitřní ochrana pak stačí přepětíová ochrana (svodiče přepětí II.stupně).

Spojený (neoddálený) hromosvod: klasické provedení, které se dříve využívalo, všechny vodivé části (rámy FV panelů, konstrukce...) jsou pospojeny na hromosvodnou soustavu. Není třeba odstupová vzdálenost, zařízení však není efektivně chráněno proti zničení, jako vnitřní ochrana je třeba svodiče přepětí a bleskových proudů (I.+II.stupně).

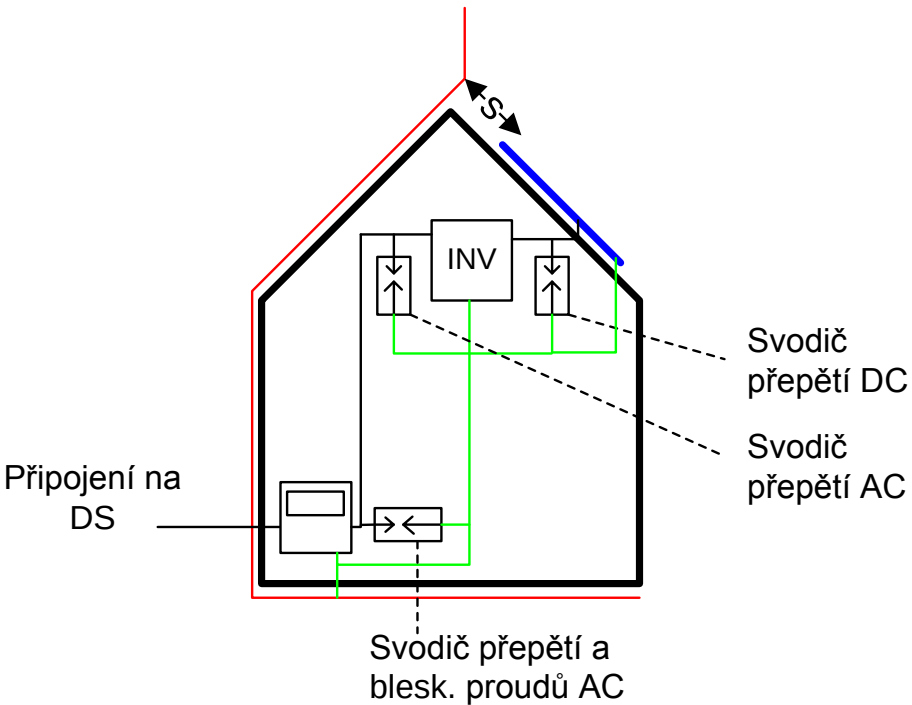
Zemnicí soustava: u RD využití současného hromosvodu a zemnicí soustavy, u nové FVE na pozemku se vytvoří mřížová soustava (20mx20m) v hloubce 50-70cm. V případě závrtných kovových tyčí často postačuje elektrické propojení konstrukcí a zemnicí pásek kolem obvodu FVE.

Můžeme se rozhodnout chránit i **datovou komunikaci** – ale další náklady

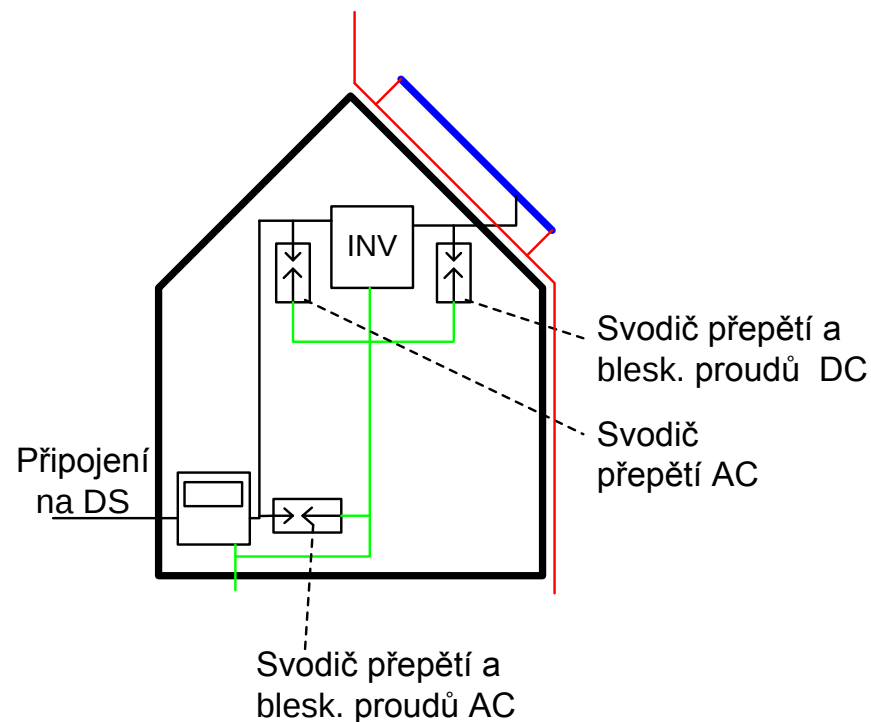


Ochrana proti blesku a přepětí

Oddálený hromosvod

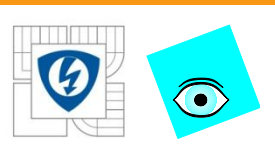


Spojený (neoddálený) hromosvod



Více informací: publikace Jan Hájek a Dalibor Šalanský

15.4.2011



Příklady provedení FV elektráren

Připojení variantou tzv. „zeleného bonusu“

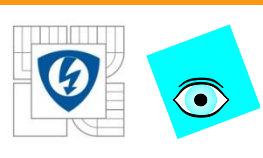
- příklad: 3,96kWp FVE na střeše domku



Připojení variantou přímého výkupu

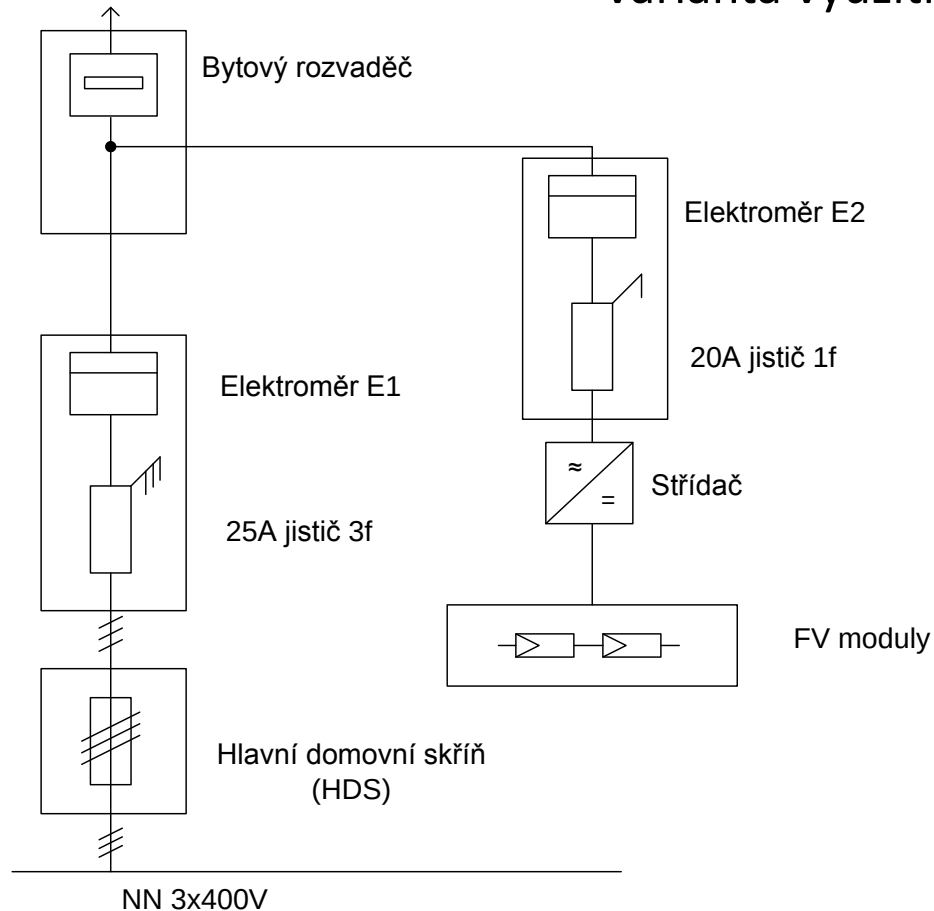
- příklad FVE 1MWp a více na pozemku





Způsoby připojení do distribuční soustavy (NN)

Varianta využití „zeleného bonusu“



- Provozovatel využívá energii vyrobenou z FV elektrárny pro svou vlastní spotřebu.
- Přebytky energie může prodávat do sítě za tržní cenu energie.
- Za každou kWh vyrobené energie dostává zelený bonus + ušetří za nákup energie pro vlastní spotřebu nebo získá cenu prodané energie.
- Případný nedostatek energie může dále nakupovat dle předchozích podmínek.

Příklad zapojení FV elektrárny na střeše domku (3,96kWp)

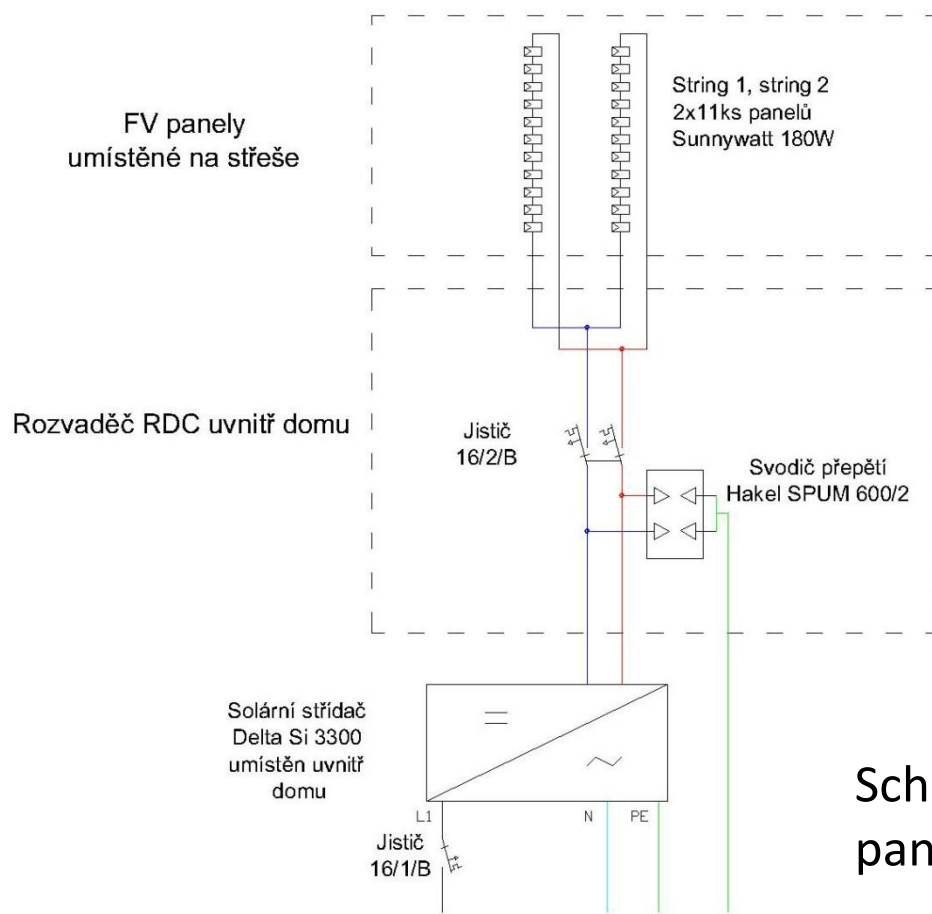
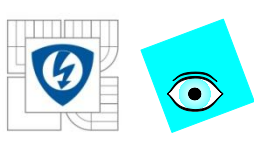
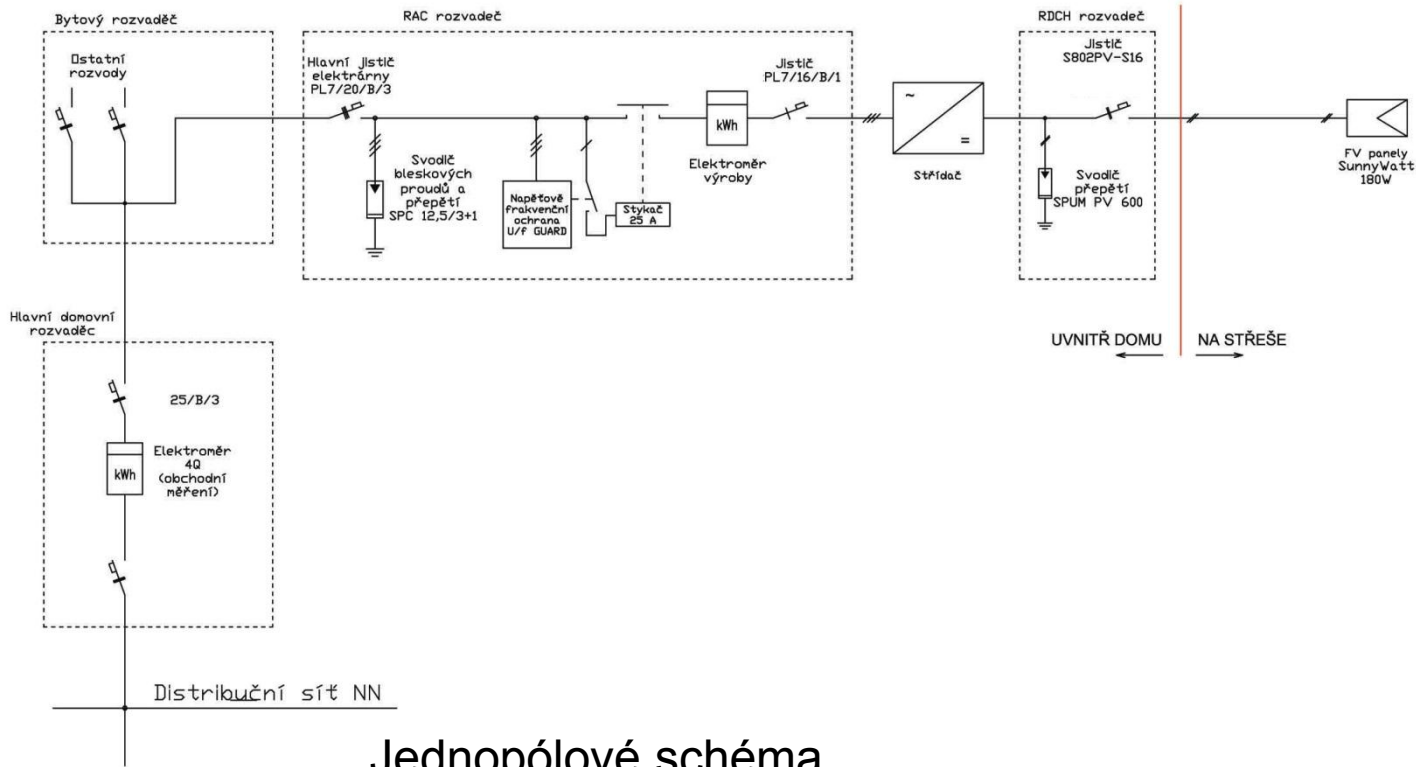


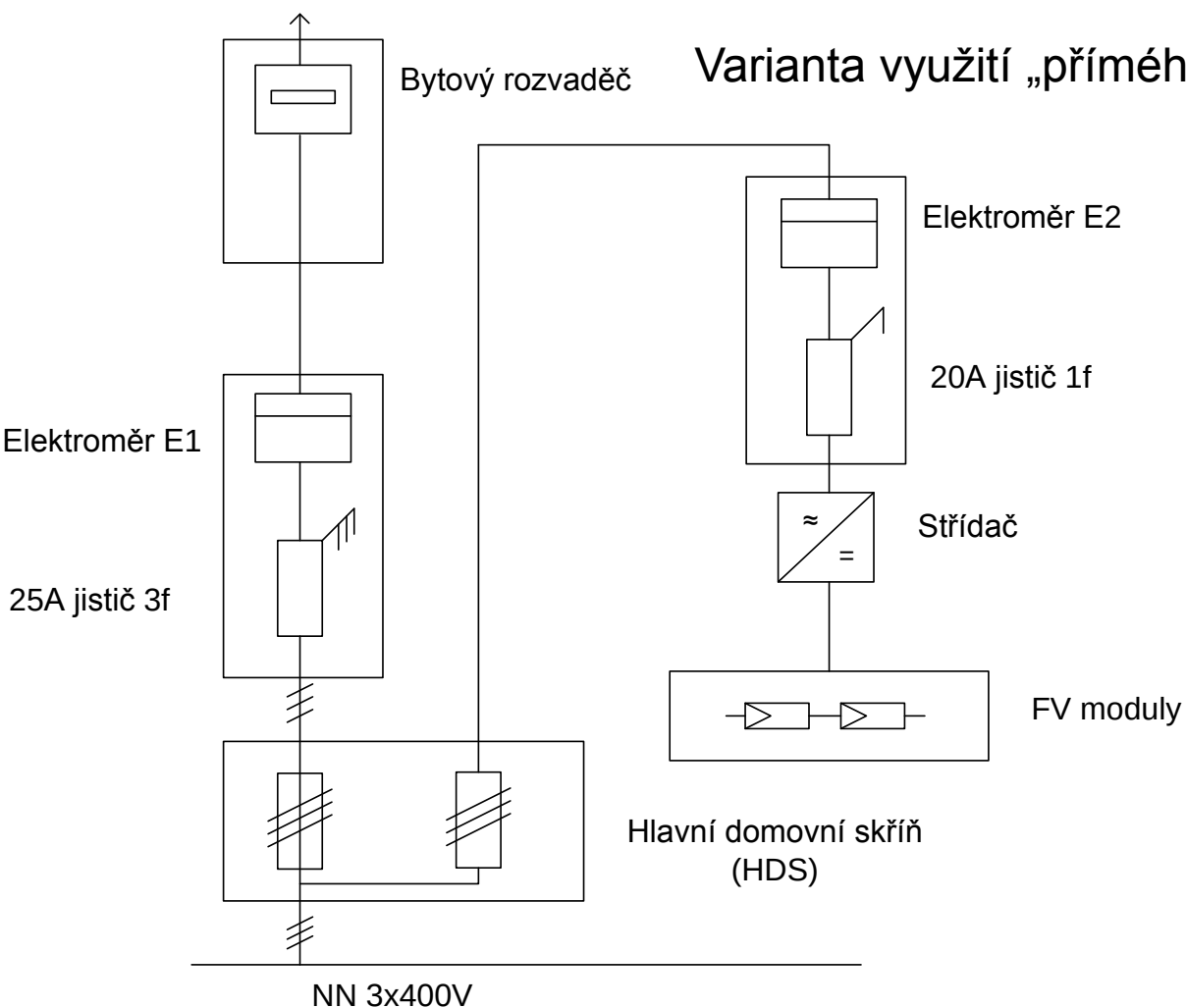
Schéma připojení FV panelů ke střídači

Příklad zapojení FV elektrárny na RD (3,96kWp)



Jednopolové schéma

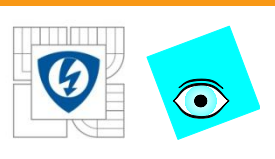
Způsoby připojení do distribuční soustavy (NN)



- Provozovatel FV elektrárny bude dodávat veškerou vyrobenou energii do distribuční soustavy (měřeno elektroměrem E2).

- Provozovatel přenosové soustavy má povinnost vykoupit veškerou energii vyrobenou obnovitelným zdrojem za předem stanovenou cenu pro daný rok.

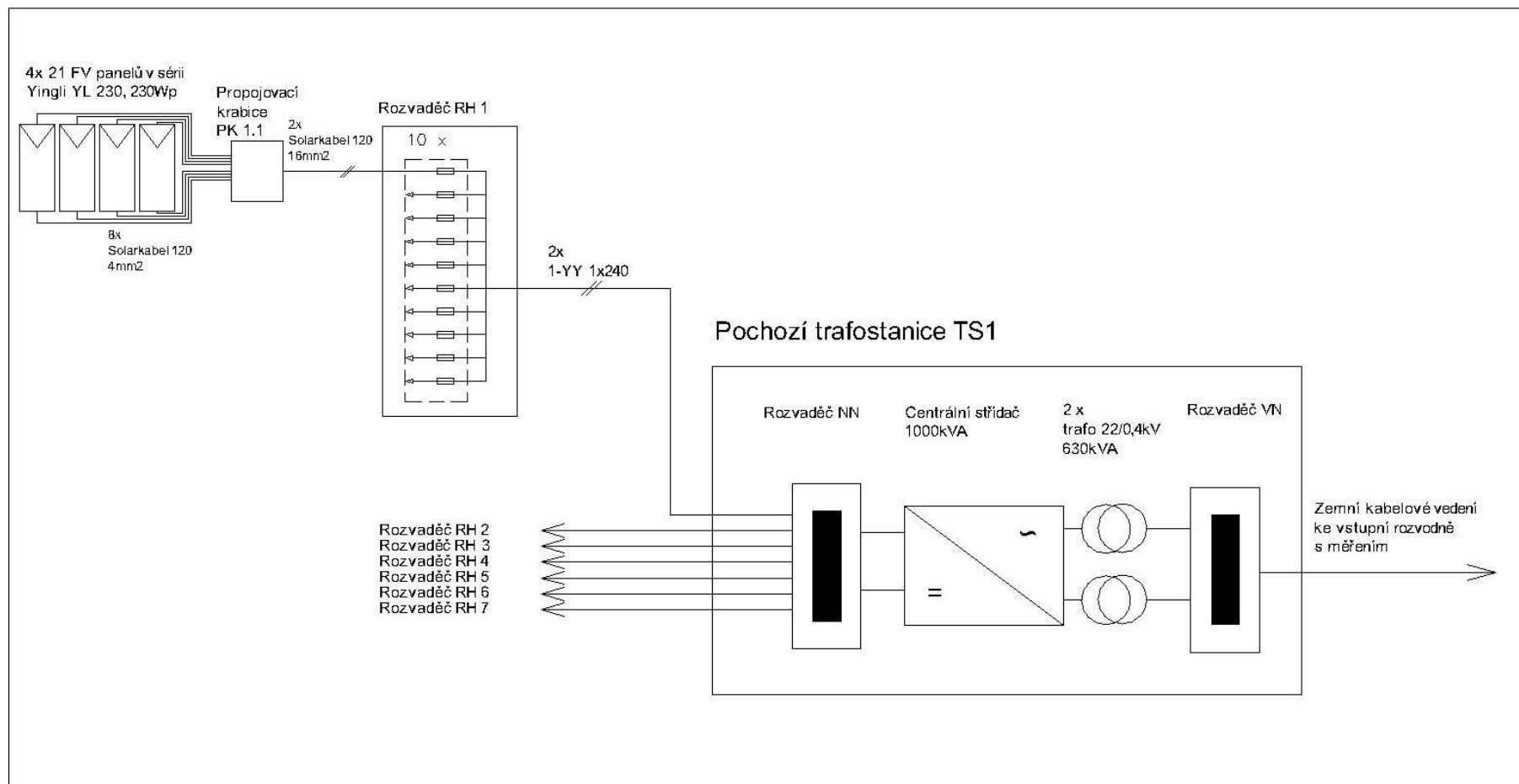
- Energii pro svoji vlastní spotřebu může nadále nakupovat dle předchozích podmínek (měřeno elektroměrem E1).



Příklad zapojení velké FV elektrárny - blokové schéma

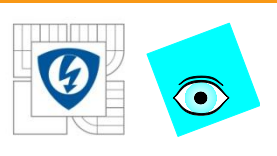
Připojení do sítě VN, přímý výkup

FV elektrárna - blok 1



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Servis a monitoring solárních elektráren

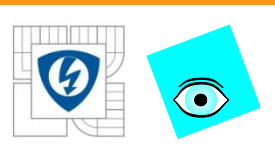
A) Pravidelný servis: údržba areálu, kontrola zařízení a elektroinstalace

B) Monitoring – obvykle dálkový dohled nad provozem

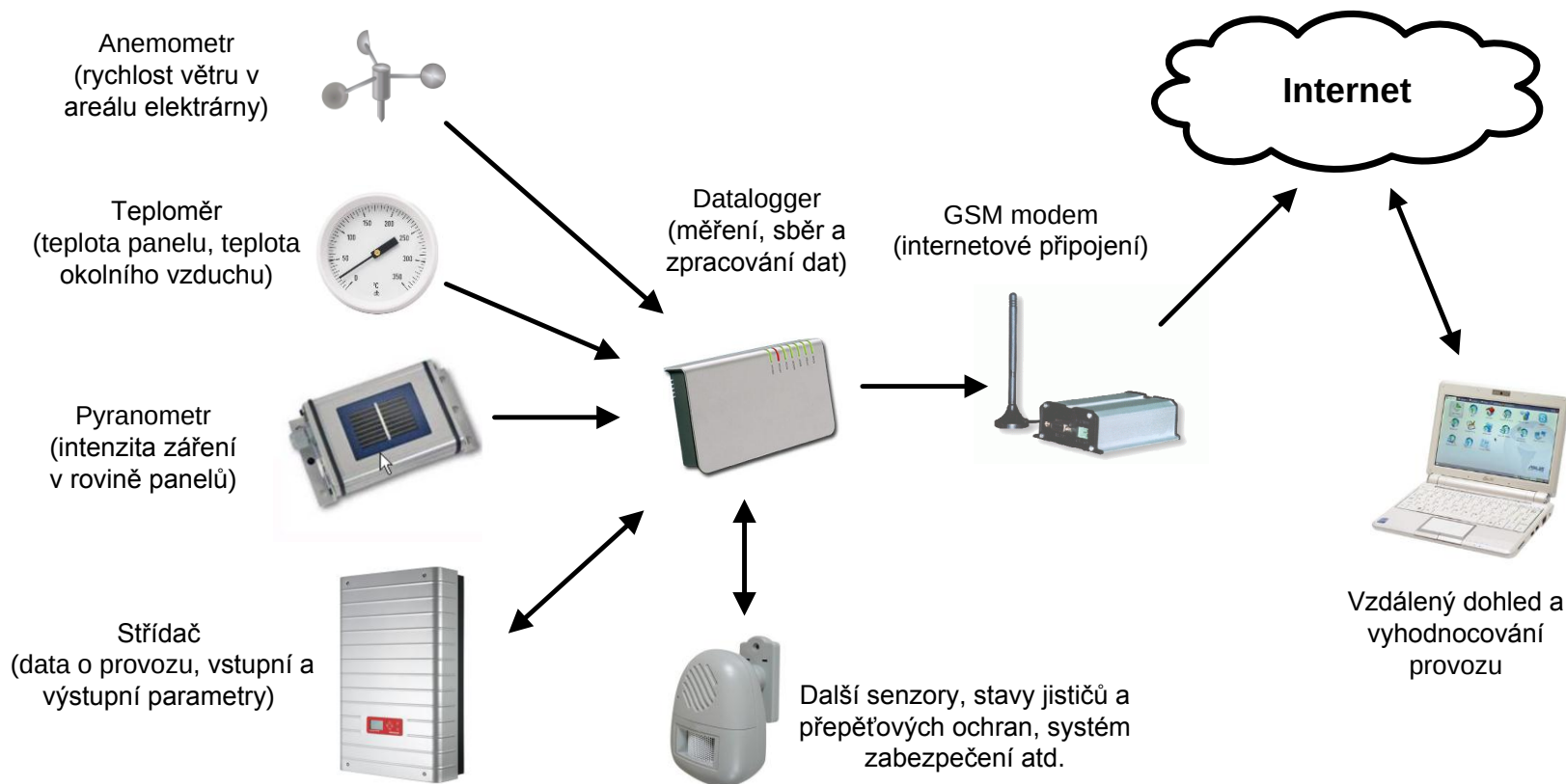
Důvody:

- Zvýšení efektivity systému
- Prevence vzniku poruch a následných škod (např. dlouhodobá odstávka či nevratné poškození části zařízení)

Vhodně zvolený monitorovací systém včas odhalí chybu provozu a ulehčí lokalizaci závady.

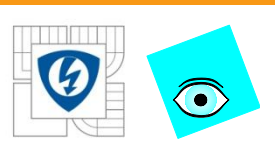


Prvky monitorovacího systému



15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

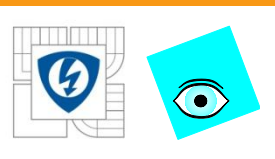


Vyhodnocení dat monitorovacího systému

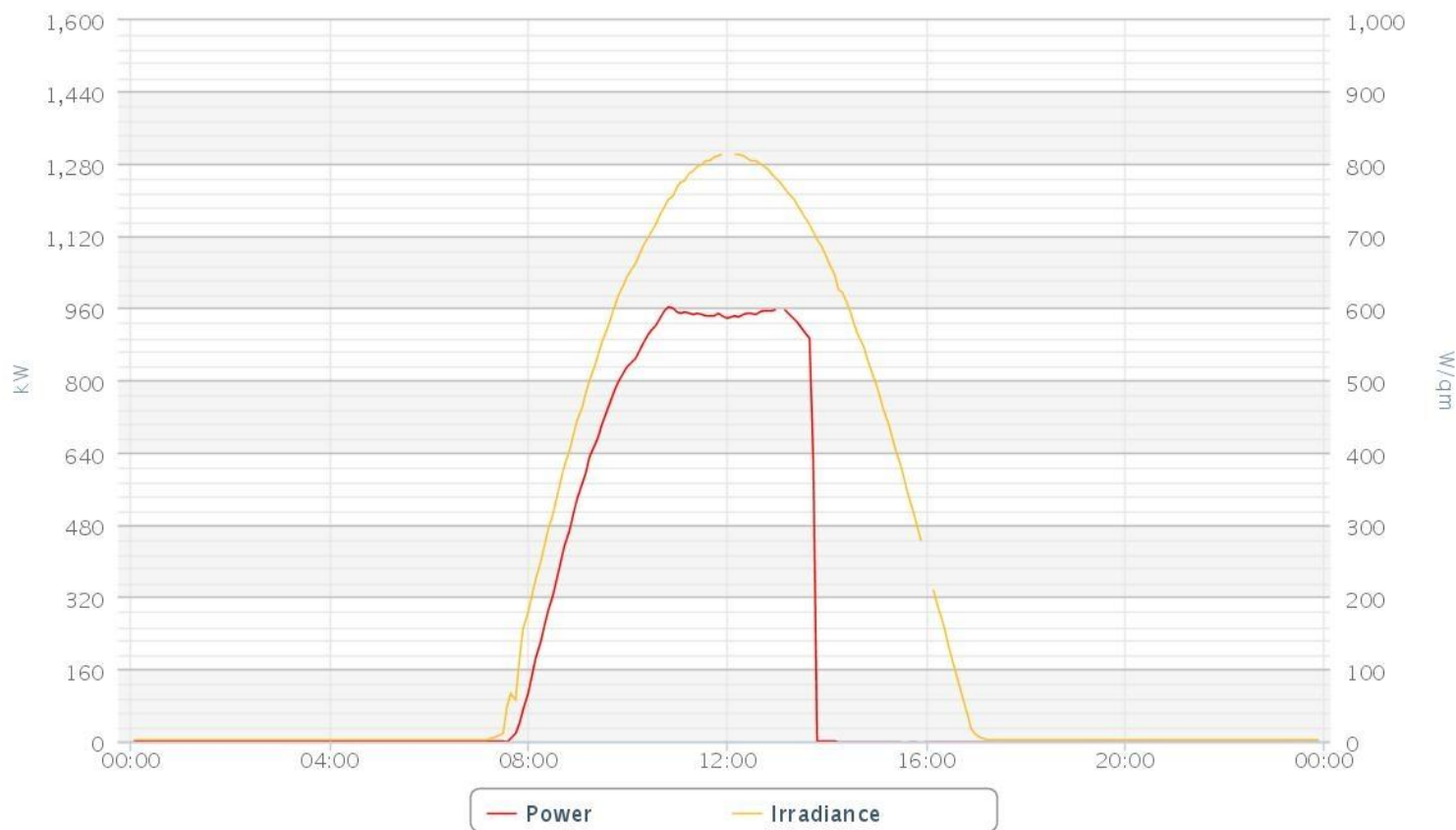


Omezení výkonu střídačem

– může jít o poruchu zařízení nebo vlastnost danou návrhem systému



Vyhodnocení dat monitorovacího systému

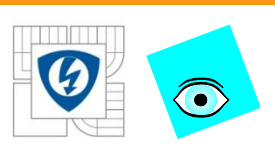


Náhly výpadek výstupního výkonu systému.
Intenzita záření odpovídá ideálnímu průběhu slunečného dne.
Výpadek celého systému, nutný okamžitý servisní zásah.

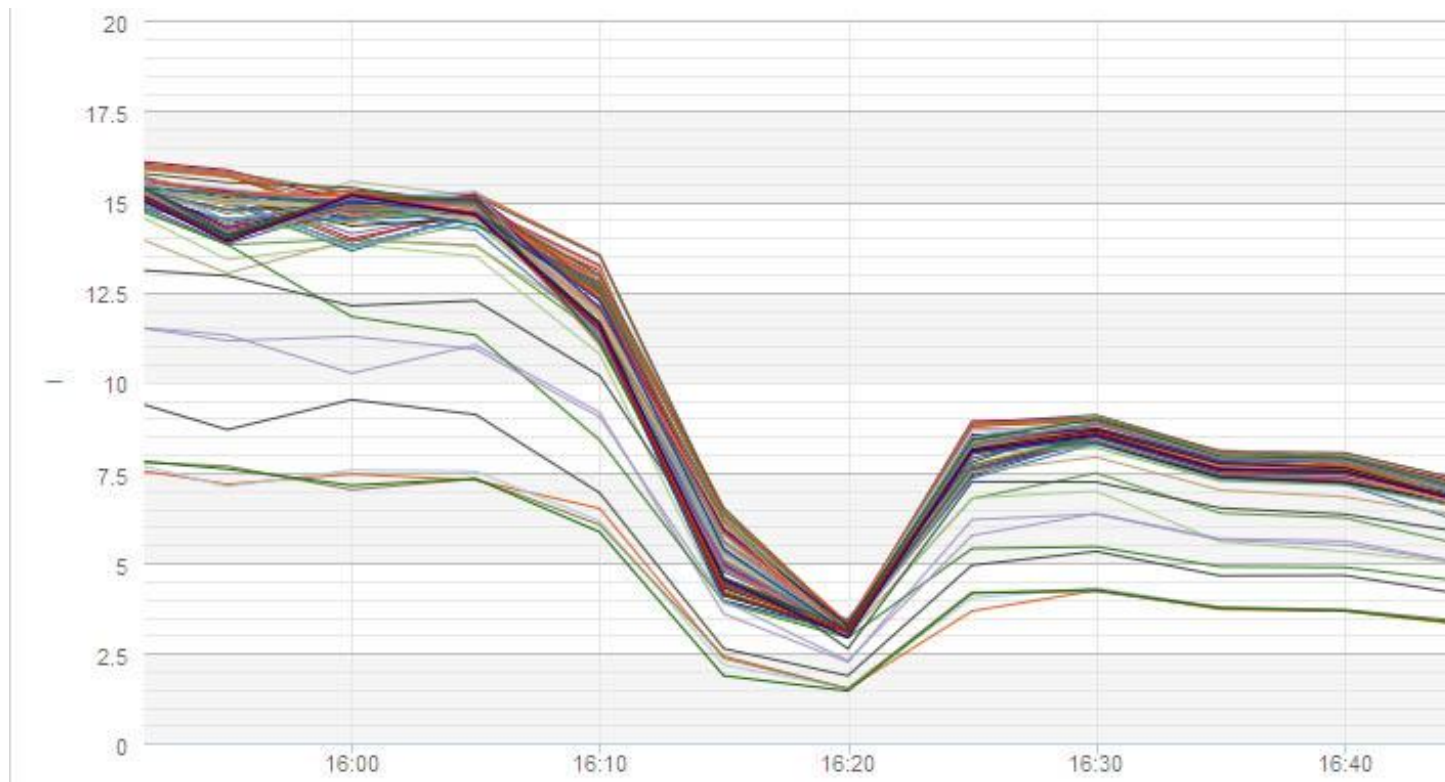
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

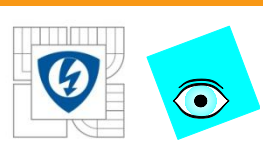




Vyhodnocení dat monitorovacího systému



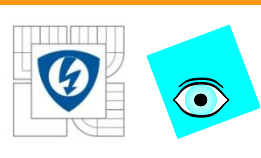
FV systém využívající centrální střídač a proudové senzory. Různé proudy senzory jsou způsobeny rozdílnými parametry použitých panelů, rozdílným počtem paralelních větví připojených na senzor, stíněním okolních stromů atd.



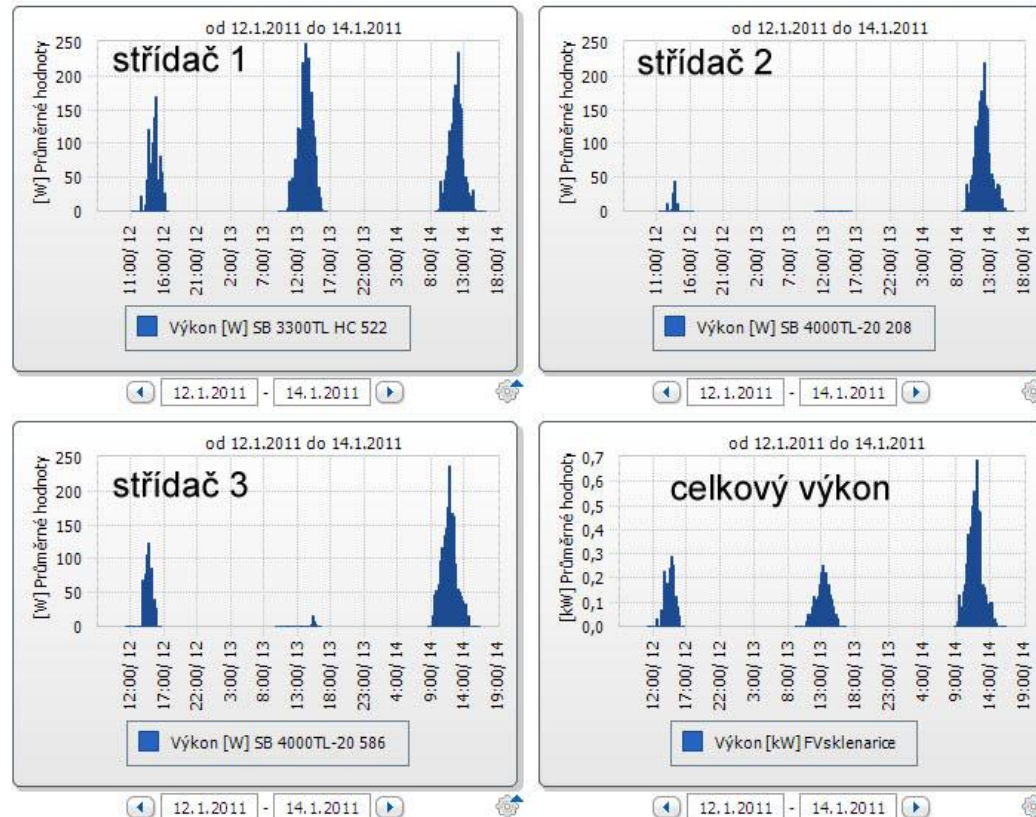
Vyhodnocení dat monitorovacího systému

	Systém/přístroje	Čas	Typ	Popis	Potvrzeno
☐	SB 4000TL-20 208	31.3.2011 7:47:47	Výstraha	dchylka výkonu z porovnání střídačů Střídač 'SB 40...	✗
☐	SB 4000TL-20 208	30.3.2011 17:15:21	Výstraha	MPP / Autodiagnostika	✗
☐	SB 4000TL-20 208	30.3.2011 14:45:21	Chyba	Fault / Dev.disturb.	✗
☐	SB 4000TL-20 208	30.3.2011 14:00:20	Chyba	Fault / Dev.disturb.	✗
☐	SB 4000TL-20 586	24.3.2011 14:45:15	Porucha	Varování / Porucha sítě	✗
☐	SB 3300TL HC 522	24.3.2011 14:30:15	Porucha	Stoer. / Porucha v síťové frekvenci	✗
☐	SB 4000TL-20 208	24.3.2011 13:00:14	Porucha	Varování / Porucha sítě	✗
☐	SB 4000TL-20 586	24.3.2011 12:45:14	Porucha	Varování / Porucha sítě	✗
☒	SB 4000TL-20 208	15.3.2011 11:00:48	Chyba	Fault / Dev.disturb.	✓
☒	SB 4000TL-20 208	5.2.2011 9:00:28	Porucha	Varování / Nestabilní provoz	✓
☒	SB 4000TL-20 586	5.2.2011 8:45:28	Výstraha	MPP / Nestabilní provoz	✓
☒	150066959	1.2.2011 21:35:13	Výstraha	Připomenutí: Porucha komunikace přetrvává Přístroj...	✓
☒	150066959	31.1.2011 21:15:07	Výstraha	Připomenutí: Porucha komunikace přetrvává Přístroj...	✓
☒	150066959	30.1.2011 21:15:16	Výstraha	Porucha komunikace Přístroj Sunny WebBox '15006695...	✓
☒	SB 4000TL-20 208	30.1.2011 8:19:02	Výstraha	dchylka výkonu z porovnání střídačů Střídač 'SB 40...	✓
☒	SB 4000TL-20 208	29.1.2011 8:45:09	Porucha	Varování / Nestabilní provoz	✓
☒	SB 4000TL-20 208	29.1.2011 8:17:26	Výstraha	dchylka výkonu z porovnání střídačů Střídač 'SB 40...	✓
☒	SB 4000TL-20 586	29.1.2011 8:15:09	Výstraha	MPP / Nestabilní provoz	✓

Příklad výpisu z monitorovacího systému malé FV elektrárny (10kWp)



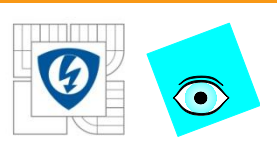
Vyhodnocení dat monitorovacího systému



Porovnání výkonu 3 střídačů – FV panely připojené ke střídači č. 2 a č.3 mají menší sklon a dne 13.1.2011 byly stále pod sněhem.

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Zhodnocení provozu FV systému

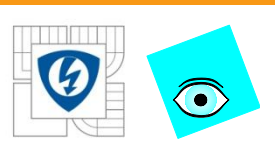
Demonstrační FV systém pro dlouhodobé sledování a výzkum na ČVUT Fakultě elektrotechnické.

3kWp testovací pole:

- 1kWp ve sklonu 45°
- 1kWp ve sklonu 90° (fasáda)
- 1kWp stavitelný sklon

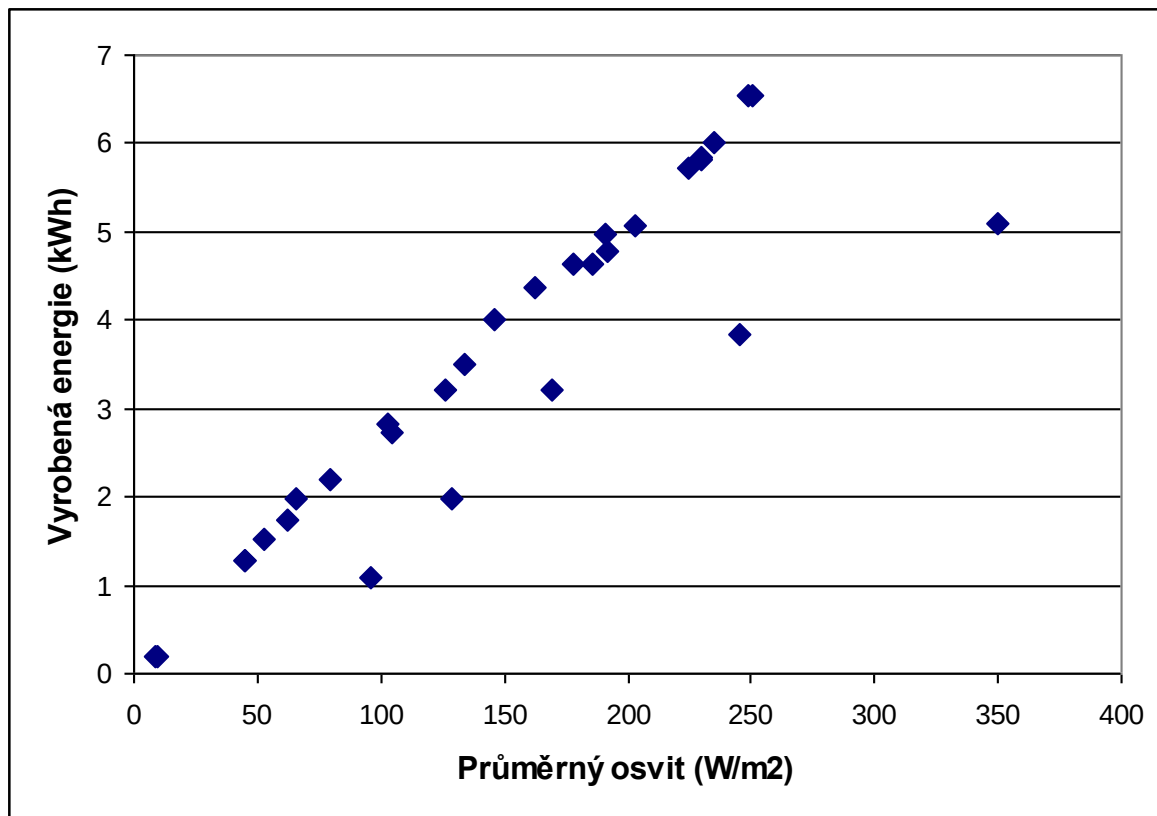
Monitoring:

- velká variabilita záření, proto potřeba porovnat s čidlem osvitu
- denní a měsíční hodnoty: kontrola výpadků
- měsíční a roční hodnoty: kontrola s předpokladem
- sledování v dlouhodobém horizontu (6 a více let): lze vysledovat pokles účinnosti, ale meziroční výkyvy dopadlého záření jsou obvykle výraznější



Zhodnocení provozu FV systému

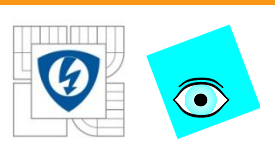
Březen 2011 – vyrobená energie v porovnání s průměrným osvitem



15.4.2011

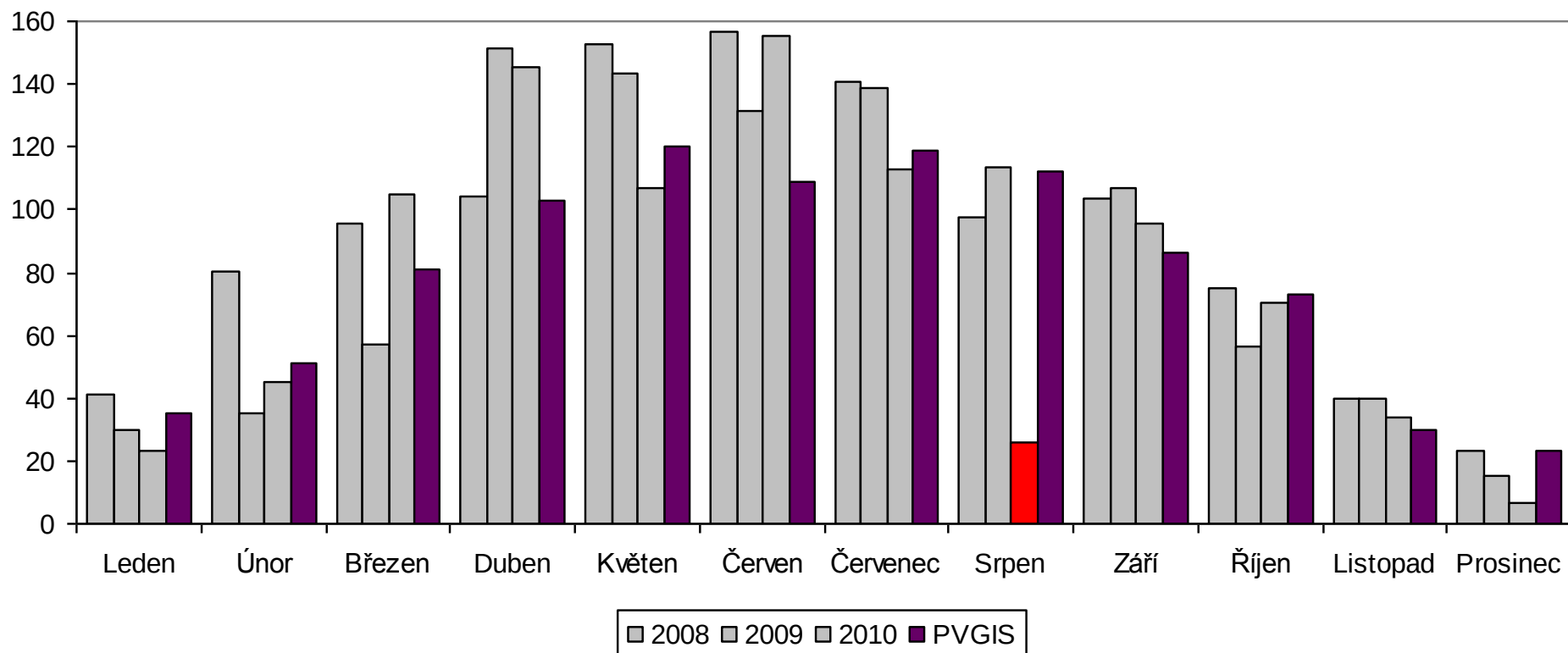
INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Zhodnocení provozu FV systému

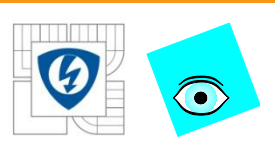
Porovnání v jednotlivých měsících s předpokladem výroby systému (kWh)



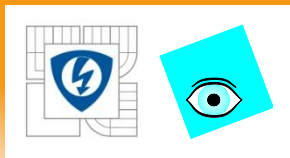
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





- Do roku 2005 převážně výzkumná a testovací zařízení
- Poté masivní rozšíření instalací pro komerční využití
- **Zákon č. 180/2005 Sb. O podpoře obnovitelných zdrojů ze dne 31.3.2005**
 - a) Podpořit využití obnovitelných zdrojů energie
 - b) Zajistit trvalé zvyšování podílu obnovitelných zdrojů
 - c) Přispět k šetrnému využívání přírodních zdrojů a k trvale udržitelnému rozvoji společnosti
 - d) Vytvořit podmínky pro naplnění indikativního cíle podílu elektřiny na hrubé spotřebě v ČR ve výši 8% k roku 2010 a vytvořit podmínky pro další zvyšování tohoto podílu po roce 2010
- **Vyhláška 475**
- **Vyhláška 464** – doba životnosti FV systému 20let
- **Vyhláška 426**
- **Vyhláška 363**



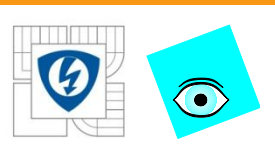
Forma podpory energie z fotovoltaiiky – garantované výkupní ceny

Datum uvedení do provozu	Přímý výkup (Kč/MWh)	Zelený bonus (Kč/MWh)	Pozn.
Před 2006	6,28	5,67	
2006	13,20	12,59	
2007	13,20	12,59	ceny zachovány
2008	13,46	12,65	
2009	12,89	11,91	výkon do 30kW
	12,79	11,81	výkon nad 30kW
2010	12,25	11,28	výkon do 30kW
	12,15	11,18	výkon nad 30kW
<i>od března 2010 bylo pozastaveno vydávání kladných stanovisek pro nové instalace</i>			
2011	7,50	6,50	výkon do 30kW
	5,90	4,90	výkon 30-100kW
	5,50	4,50	výkon nad 100kW

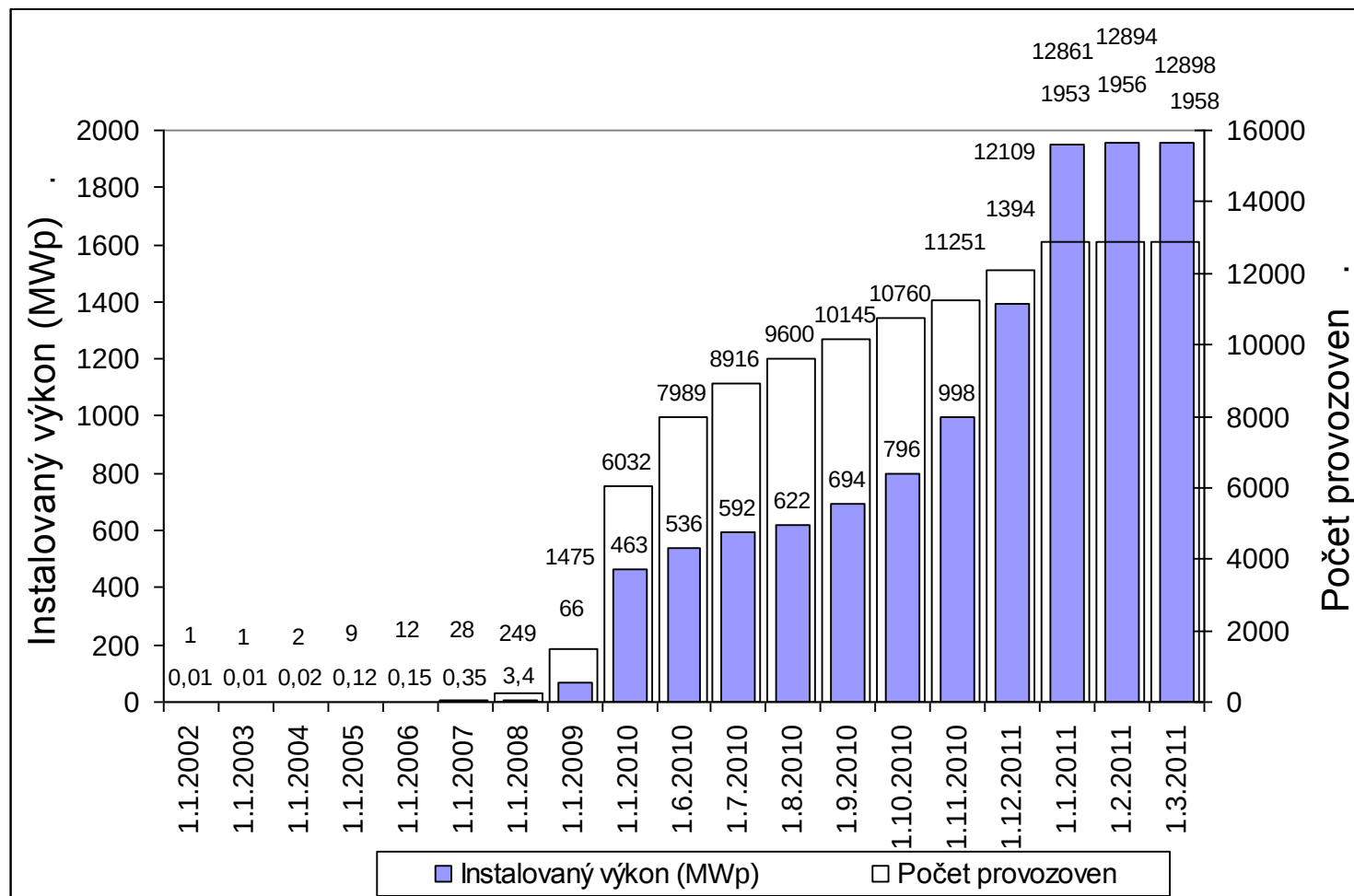
15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Rozvoj FV instalací v ČR

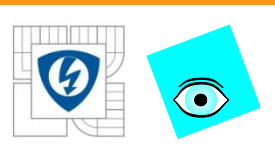


Zdroj: ERÚ

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Rozvoj FV instalací v ČR

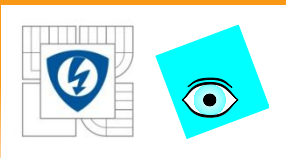
	Instalovaný výkon (MWp)	Počet provozoven	Průměrný instalovaný výkon (kWp)
1.1.2002	0,01	1	
1.1.2003	0,01	1	
1.1.2004	0,02	2	
1.1.2005	0,12	9	14
1.1.2006	0,15	12	10
1.1.2007	0,35	28	13
1.1.2008	3,4	249	14
1.1.2009	66	1475	51
1.1.2010	463	6032	87
1.6.2010	536	7989	37
1.7.2010	592	8916	60
1.8.2010	622	9600	44
1.9.2010	694	10145	132
1.10.2010	796	10760	166
1.11.2010	998	11251	411
1.12.2011	1394	12109	462
1.1.2011	1953	12861	743
1.2.2011	1956	12894	91
1.3.2011	1958	12898	500

Zdroj: ERÚ

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ





Děkuji Vám za pozornost

Petr Wolf
Sunnywatt CZ, s.r.o.
petr.wolf@post.cz
www.solarnielektrarny.cz

15.4.2011

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

