



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY

Školení energetických poradců a manažerů

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Podpora vzdělávání a zvyšování odborných kompetencí energetických poradců a manažerů poskytujících poradenské služby v oblasti energetiky, klimatu a renovací budov.



Ministerstvo životního prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY



ŠKOLENÍ ENERGETICKÝCH PORADCŮ A MANAŽERŮ



Podpora vzdělávání a zvyšování odborných kompetencí energetických poradců a manažerů poskytujících poradenské služby v oblasti energetiky, klimatu a renovací budov.

Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.



Financováno
Evropskou unií
NextGenerationEU



NÁRODNÍ
PLÁN OBNOVY

Ministerstvo životního prostředí



STÁTNÍ FOND
ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
ČESKÉ REPUBLIKY



Lektor: Ing. Milan Bělík, Ph.D.

Školitel: Česká fotovoltaická asociace, Ústav Fotovoltaiky a Elektromobility, z.ú.

Ing. Milan Bělík, Ph.D.

Ing. Petr Maule, LL.M., MBA

JUDr. PhDr. Petr Maule, MBA

Ing. Milan Hošek

Principy dimenzování a provozní souvislosti FVS a bateriového úložiště



Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Úvod



- Investice do fotovoltaické elektrárny (FVS) na rodinném domě představuje strategické rozhodnutí, které dalece přesahuje samotné pořízení solárních panelů
- Instalace FVS přináší nejen snížení provozních nákladů, ale také zvyšuje tržní hodnotu nemovitosti a její odolnost vůči výkyvům cen energií
- Moderní fotovoltaické systémy již dávno nefungují jako pasivní zdroj elektrické energie
- V kombinaci s bateriovým uložištěm, chytrým měřením a prediktivním řízením tak FVS představuje základní prvek moderní, udržitelné a ekonomicky efektivní domácnosti

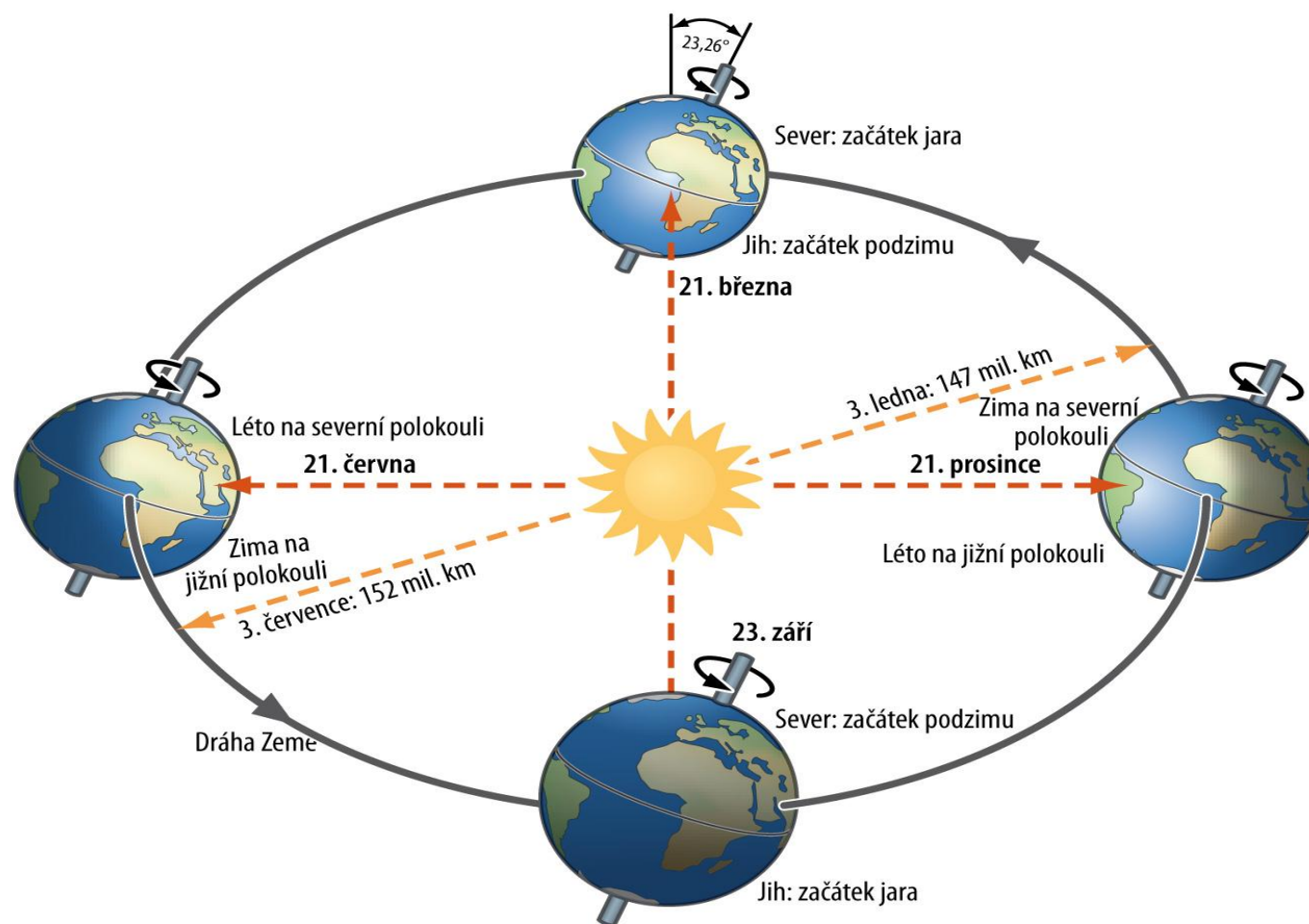
Základní jednotky a výnosy

- **Důležité jednotky**
 - kW_p - maximální výkon FVS (kilowatt-peak)
 - kWh - množství vyrobené nebo spotřebované energie (kilowatthodina)
- Na území České republiky vyrobí 1 kW_p instalovaného výkonu modulů přibližně:
 - 950 kWh v horských oblastech
 - 1150 kWh na jižní Moravě
 - 1049 kWh v Brně
 - 998 kWh v Praze

Pohyb Země okolo Slunce

Příkon záření dopadajícího na povrch zemské atmosféry činí přibližně 1360 W/m^2 .

Toto množství se nazývá solární konstanta. Ve skutečnosti není konstantní, neboť oběžná dráha Země kolem Slunce je eliptická, a to způsobuje kolísání ve velikosti solární konstanty přibližně 3 % (asi 40 W/m^2).

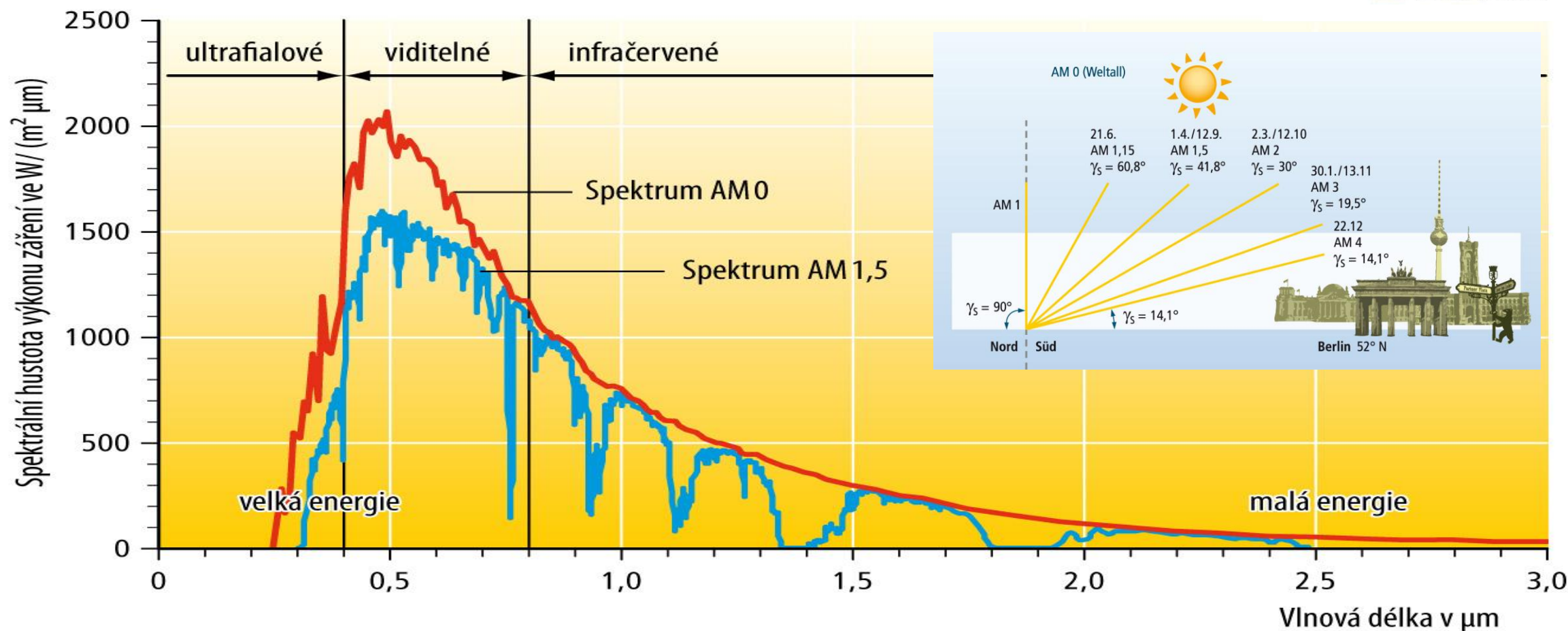
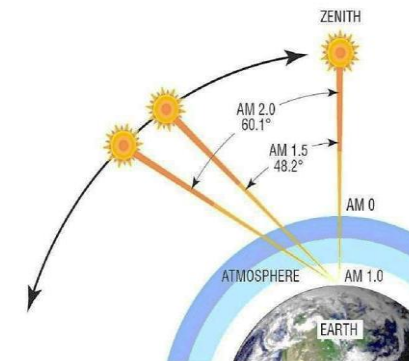


Masa vzduchu AM

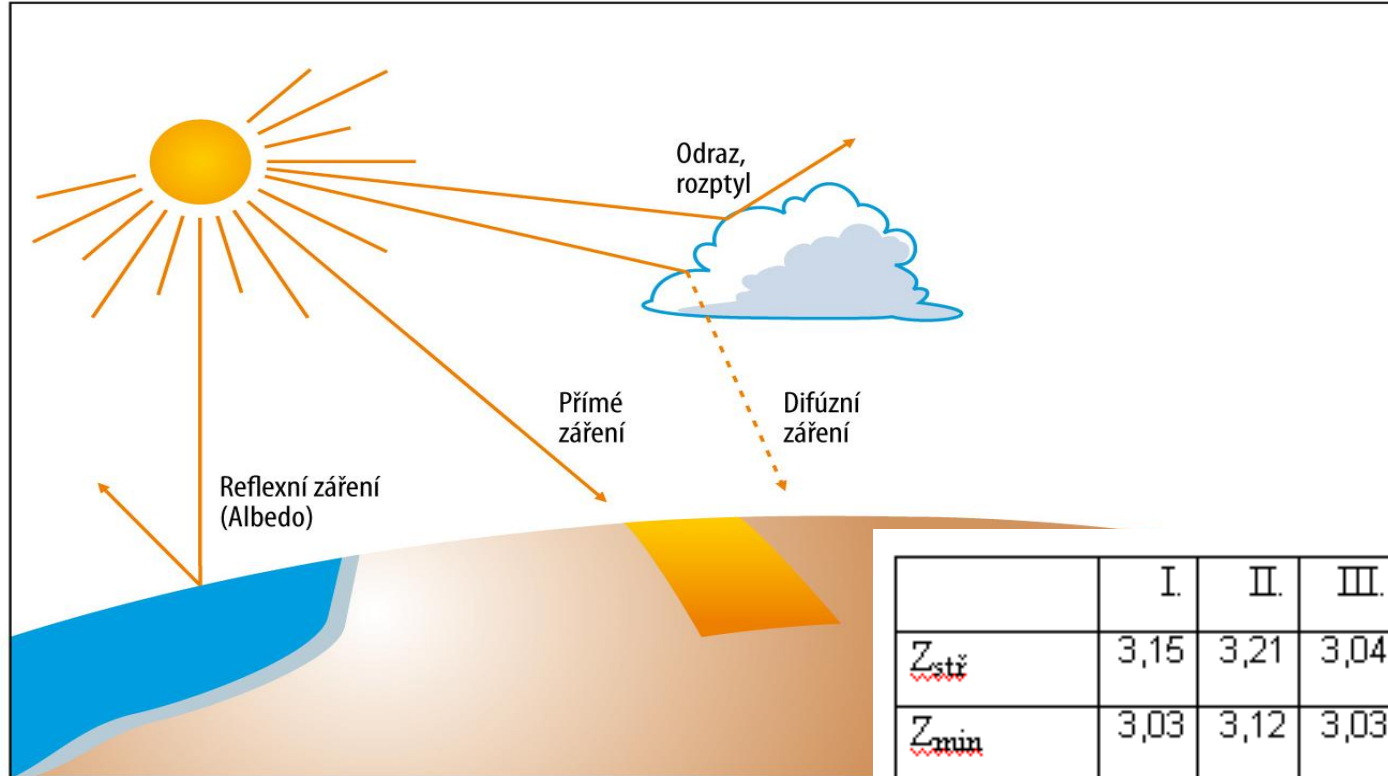
Intenzita dopadajícího záření a jeho spektrální složení je silně závislé na stavu atmosféry. Tento vliv postihuje koeficient atmosférické masy AM.

$$AM = 1 / \sin \phi$$

ϕ je úhel dopadu slunečních paprsků (pro $\phi = 90^\circ$ je $AM = 1$, $\phi = 41,8^\circ$ je $AM = 1,5$)



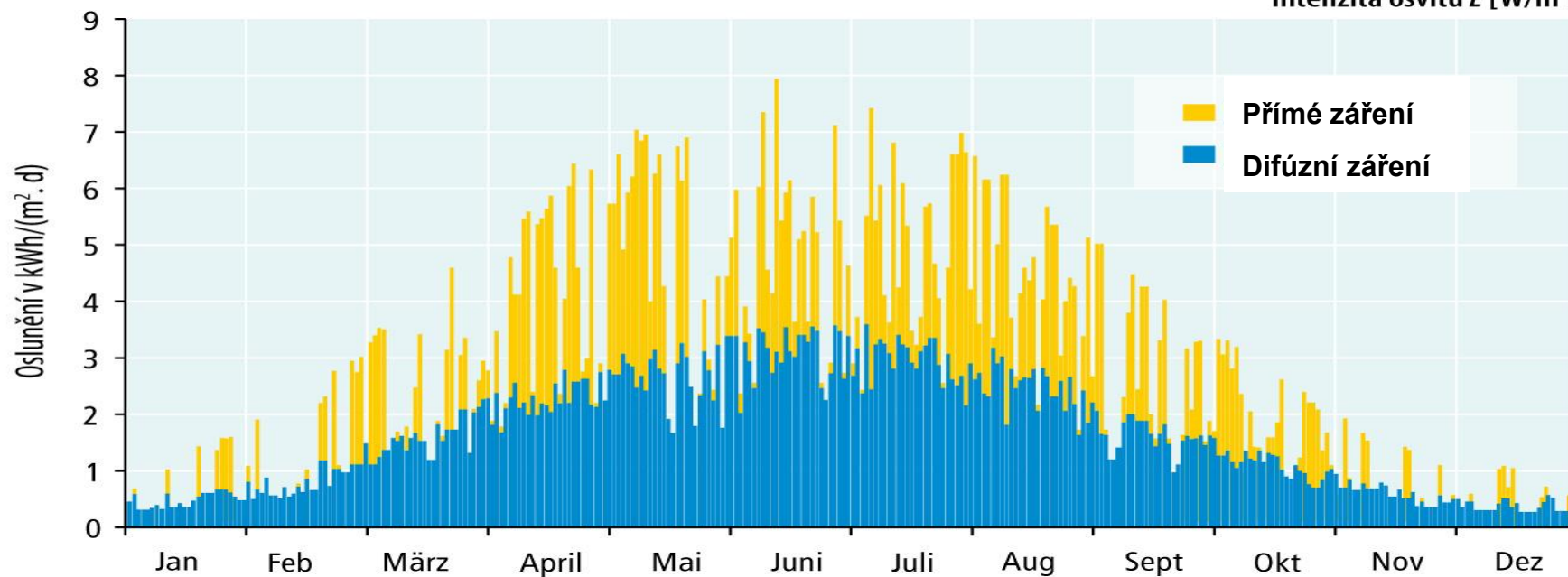
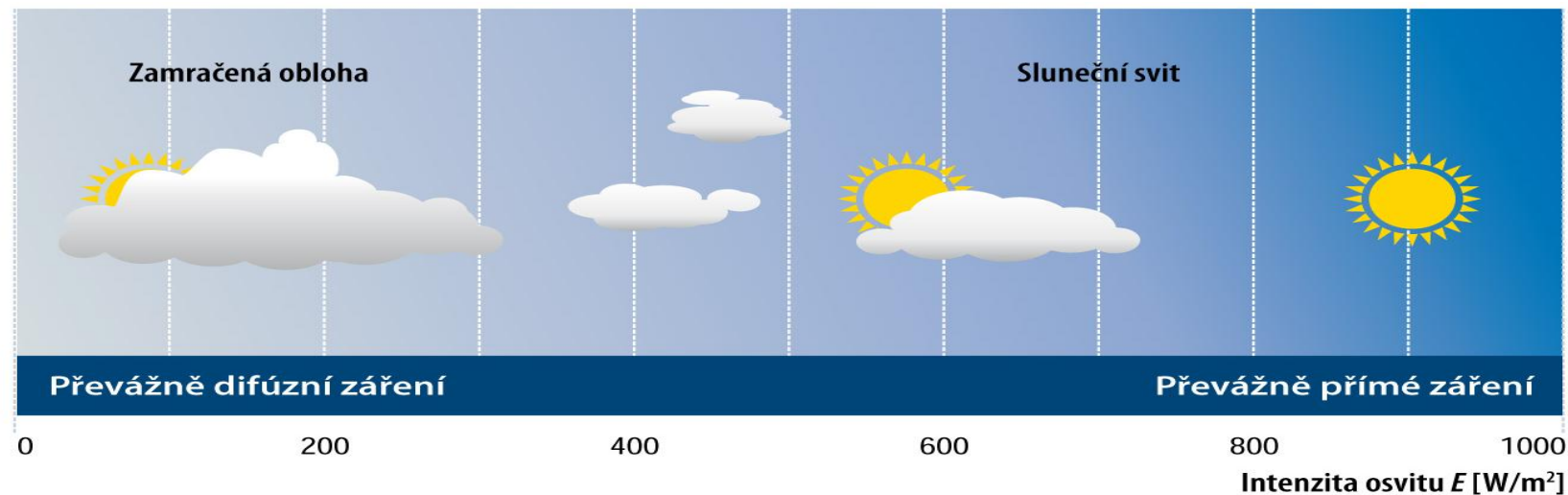
Složky slunečního záření



	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Z_{str}	3,15	3,21	3,04	3,10	3,07	3,02	3,11	3,09	3,10	3,05	3,09	3,14
Z_{min}	3,03	3,12	3,03	3,06	2,99	3,01	3,09	3,04	3,04	3,03	3,06	3,10
Z_{max}	3,20	3,26	3,74	3,14	3,09	3,04	3,13	3,12	3,16	3,09	3,14	3,19
Z_{mesto}	3,10	3,20	3,50	4,00	4,20	4,30	4,40	4,30	4,00	3,60	3,30	3,10
Z_{venkov}	2,10	2,20	2,50	2,90	3,20	3,40	3,50	3,30	2,90	2,60	2,30	2,20
Z_{hory}	1,50	1,60	1,80	1,90	2,00	2,30	2,30	2,30	2,10	1,80	1,60	1,50

Tab. 5.2. Porovnání činitele znečištění atmosféry

Charakteristika slunečního záření

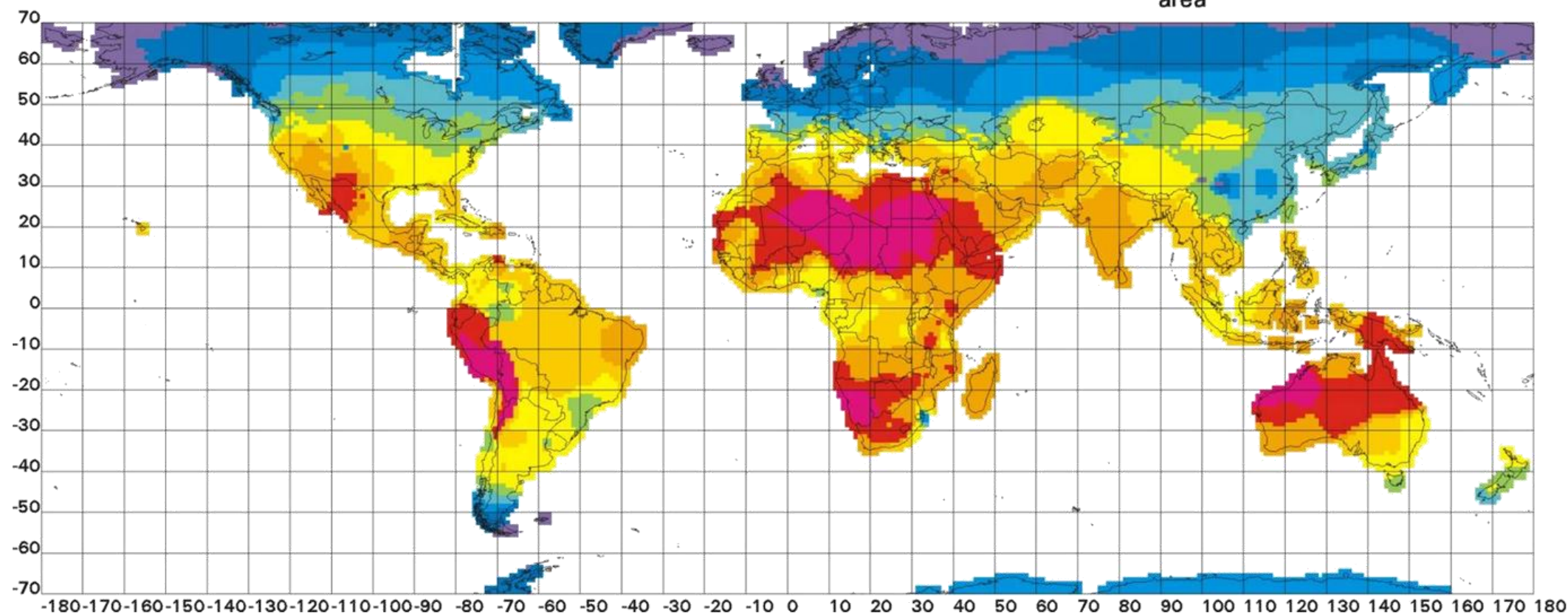
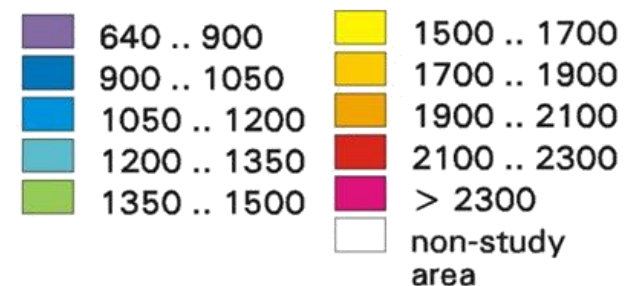


Poměr difuzního a
přímého záření 1:1

Světová mapa slunečního záření

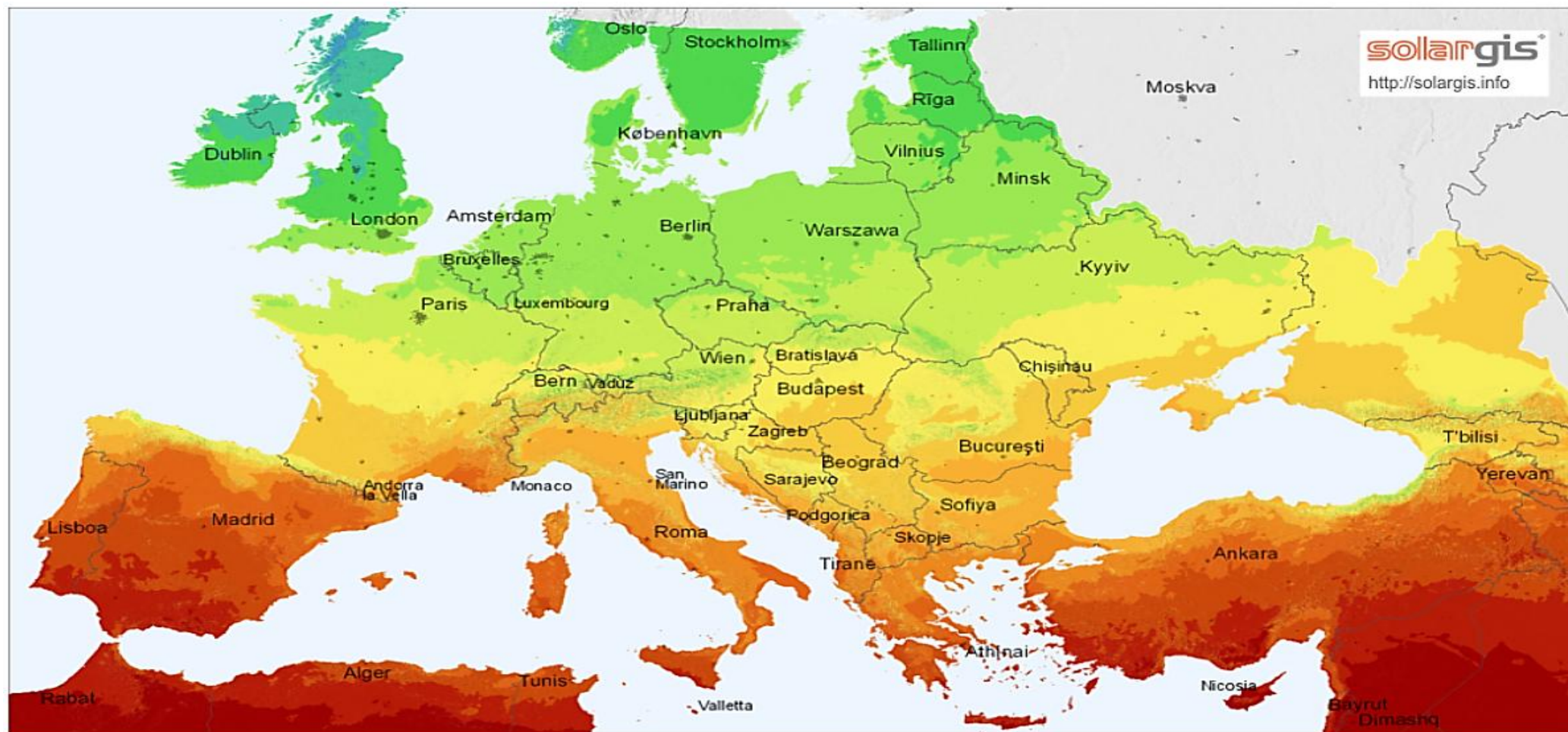
roční úhrn záření v kWh/m²

Roční hodnota v kWh/m²

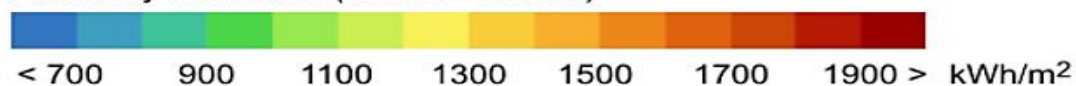


Evropská mapa slunečního záření

roční úhrn záření v kWh/m²



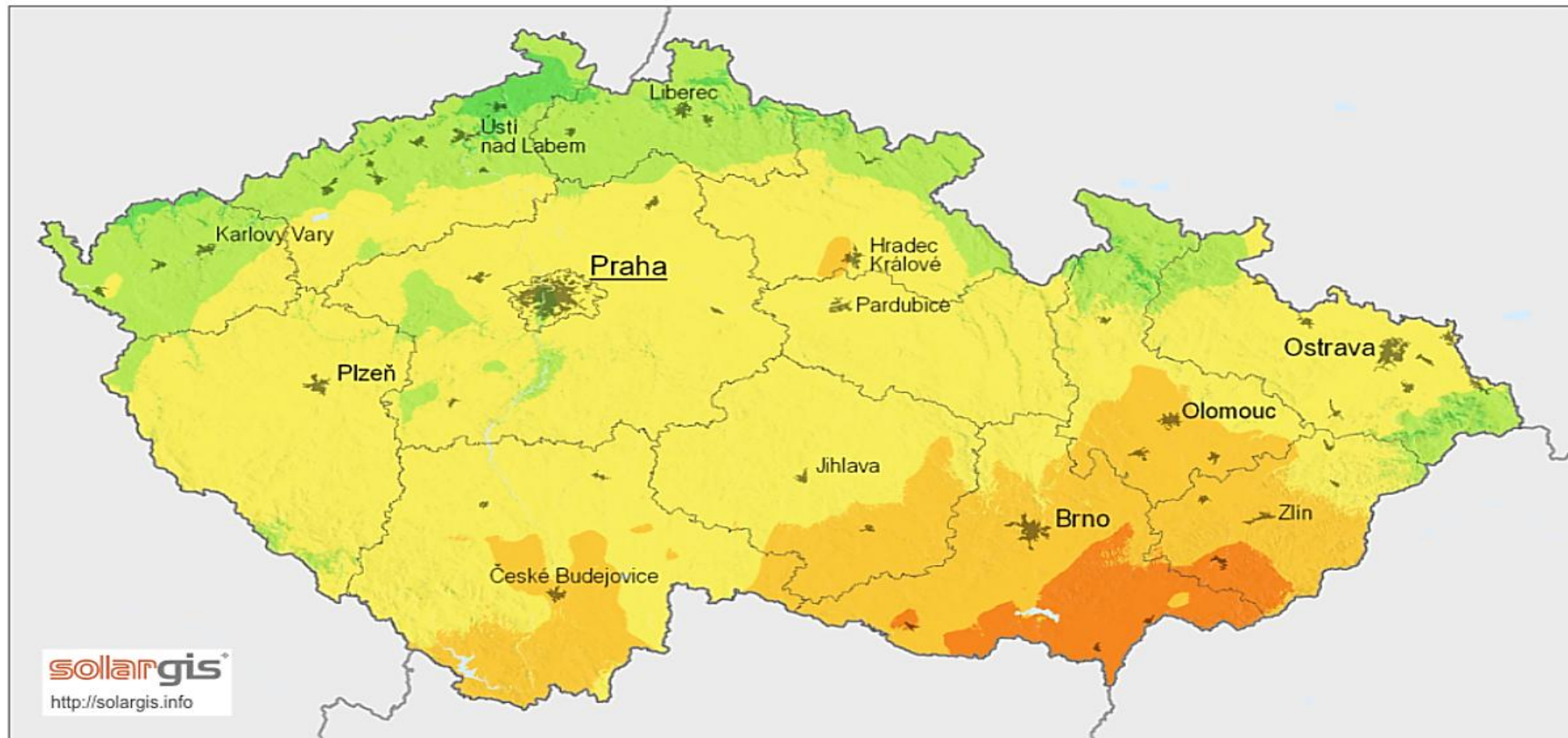
Průměrný roční úhrn (4/2004 - 3/2010)



0 250 500 km

Národní mapa slunečního záření

roční úhrn záření v kWh/m²



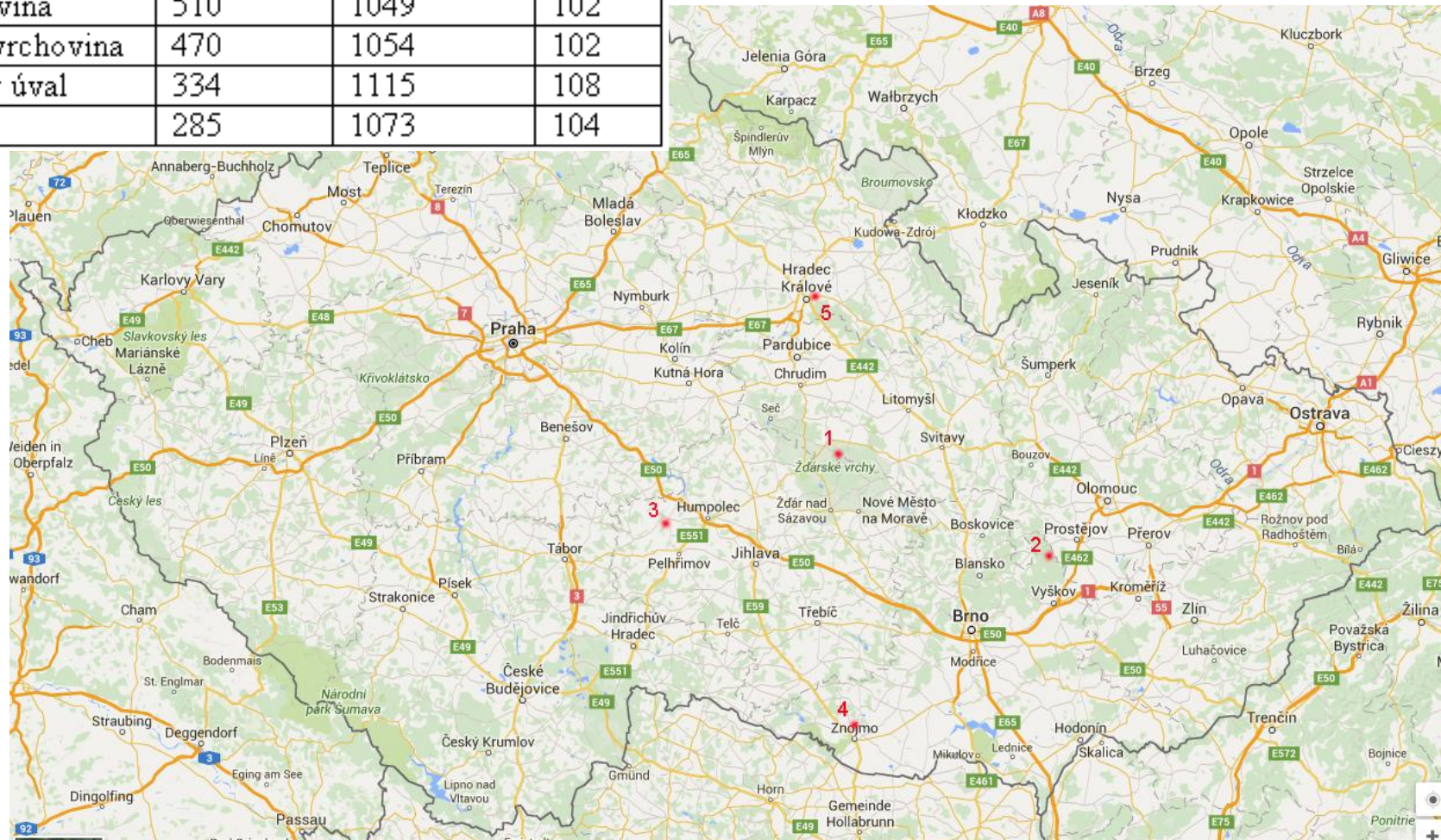
Průměrný roční úhrn (4/2004 - 3/2010)

< 1060 1140 1220 kWh/m²

0 25 50 km

Vliv lokálních klimatických podmínek

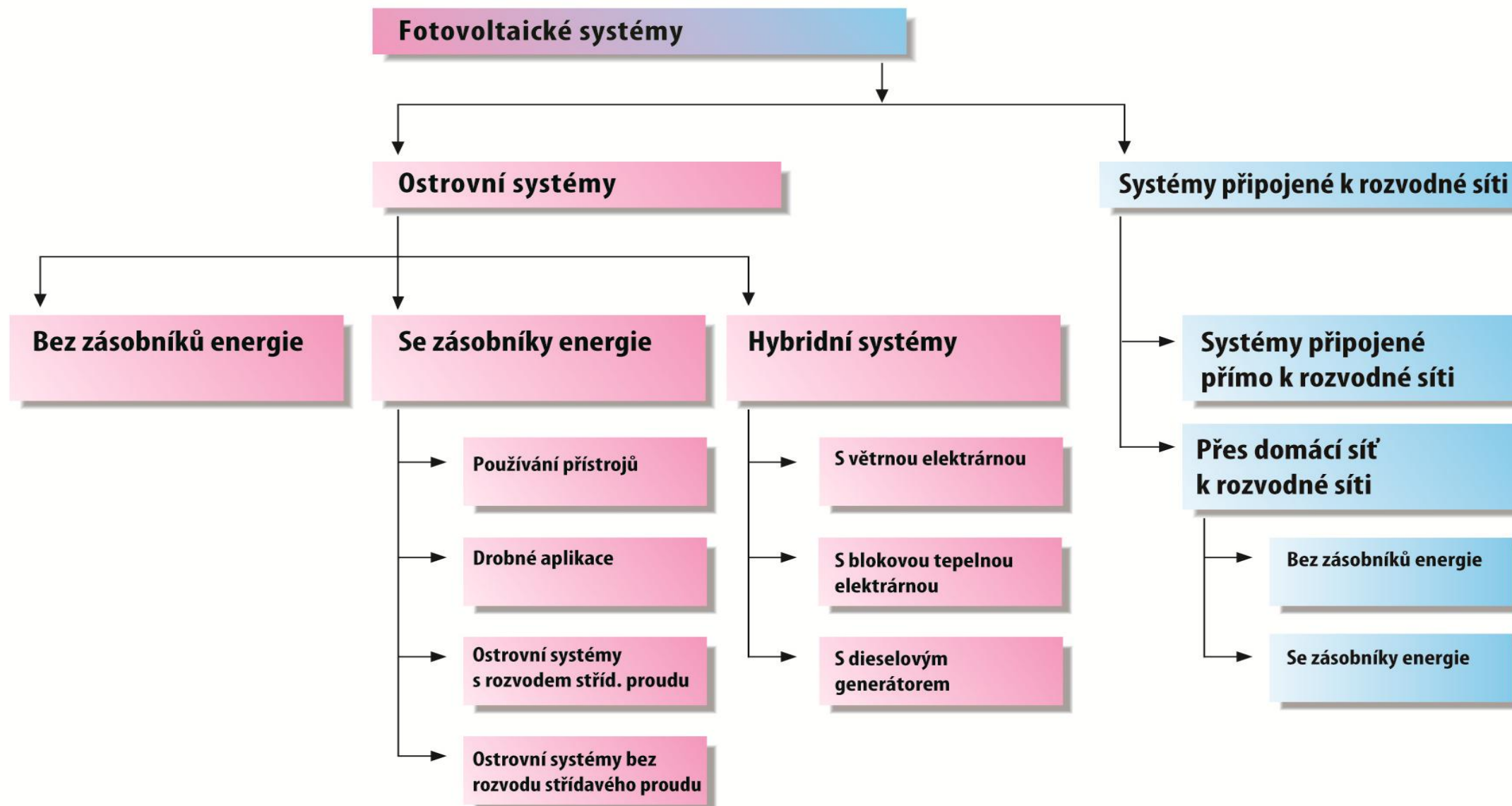
	Stanice	Lokalita	h [m n.m.]	E [kWh/m ²]	E [%]
1	<u>Svratouch</u>	<u>Žďárské vrchy</u>	737	1032	100
2	<u>Luka u Litovle</u>	<u>Drahanská vrchovina</u>	510	1049	102
3	<u>Košetice u Pelhřimova</u>	<u>Českomoravská vrchovina</u>	470	1054	102
4	<u>Kuchařovice u Znojma</u>	<u>Dyjsko svratecký úval</u>	334	1115	108
5	Hradec Králové	Polabská nížina	285	1073	104



Klíčové komponenty FVE systému

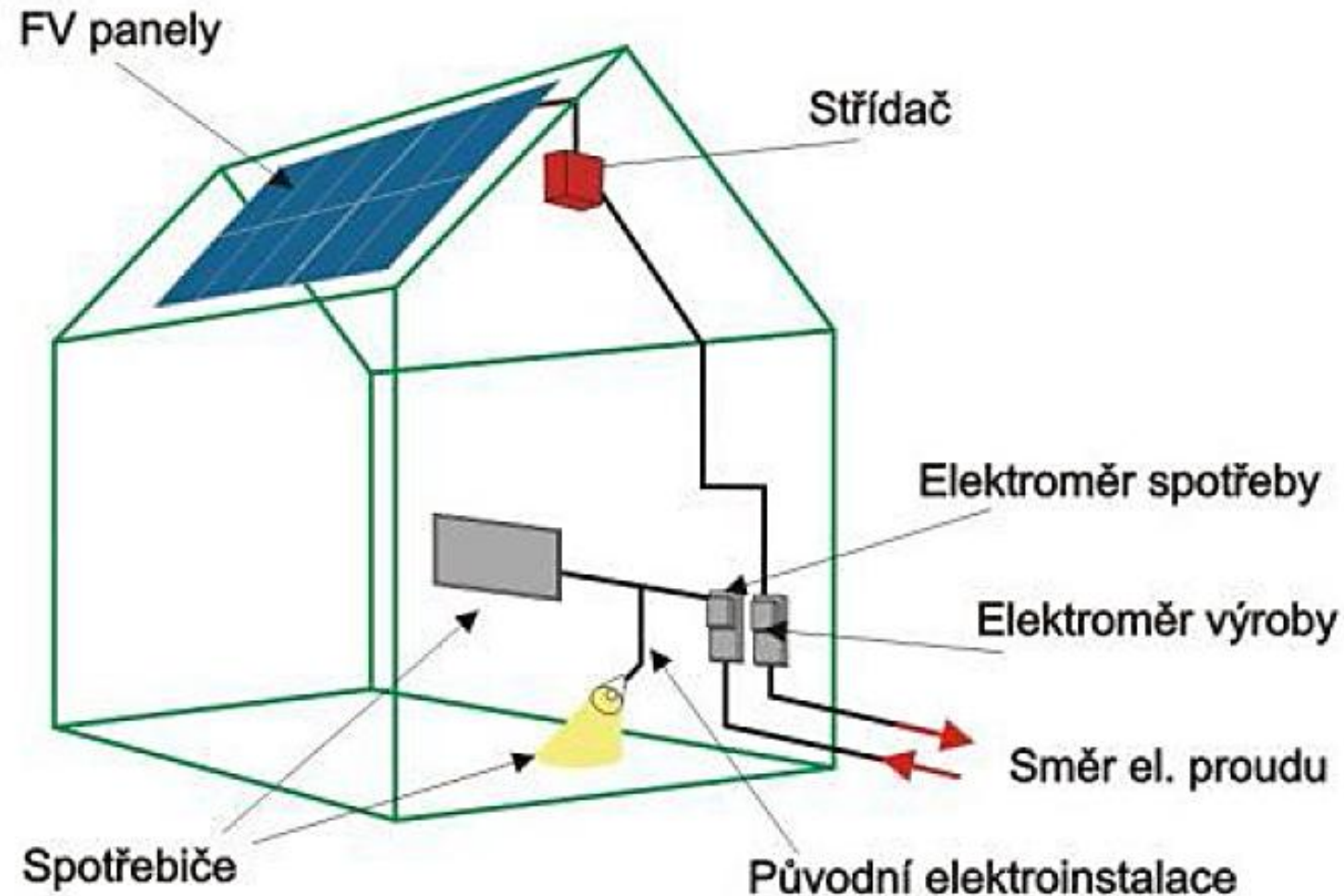
- **Fotovoltaické moduly** - Srdce systému, které přeměňuje sluneční záření na stejnosměrný (DC) proud. Jejich výkon se udává v jednotkách kilowatt-peak (kW_p)
- **Střídač (měnič)** - Zařízení, které mění DC proud z panelů na střídavý (AC) proud, použitelný pro domácí spotřebiče a pro dodávku do distribuční sítě
- **Bateriové úložiště** - Akumuluje přebytečnou elektřinu vyrobenou během dne, aby mohla být využita v době, kdy slunce nesvítí. Kapacita se udává v kilowatthodinách (kWh)
- **Chytré řízení** - Centrální "mozek" systému. Zpracovává data o výrobě, spotřebě, předpovědi počasí a cenách elektřiny, načež automaticky optimalizuje provoz domácnosti

Rozdělení fotovoltaických elektráren



Přímé připojení do sítě

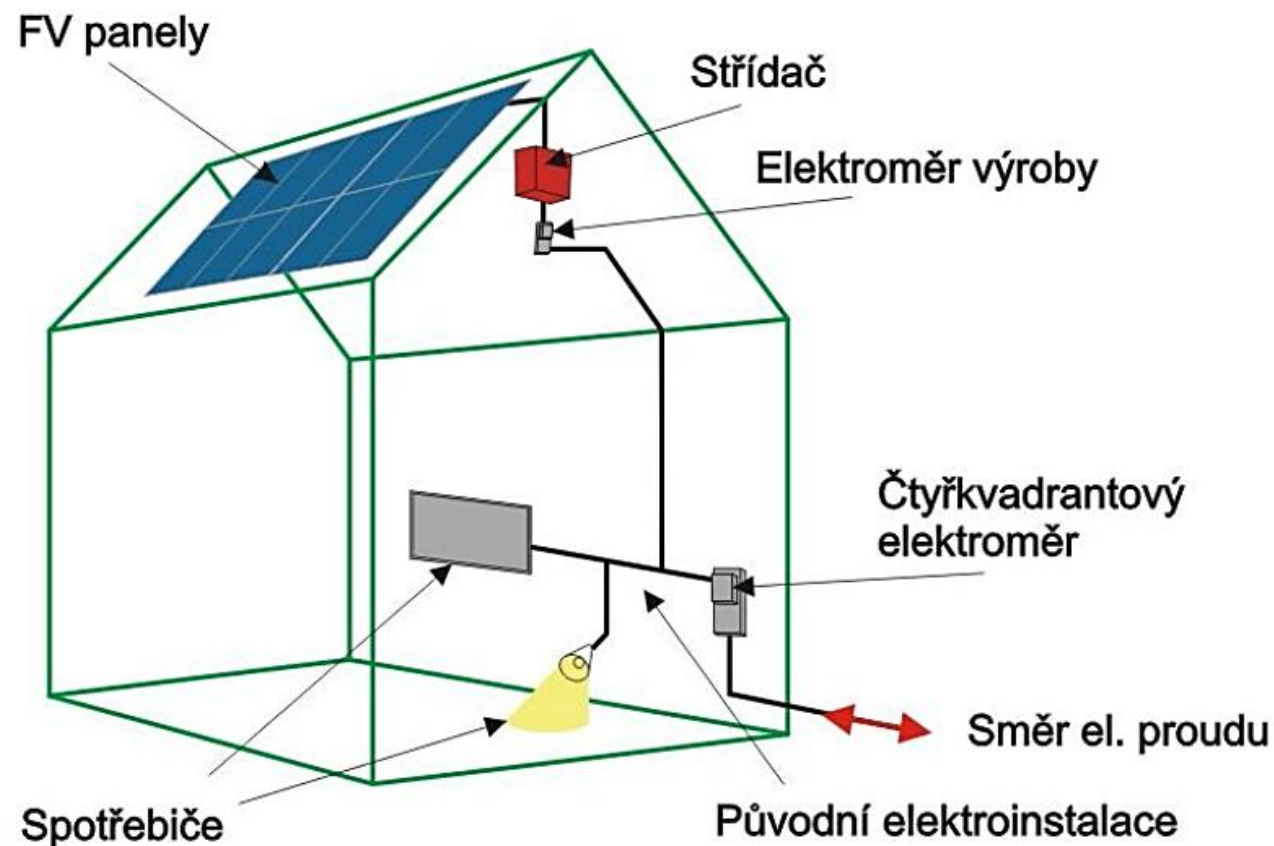
Nazývané dříve přímý výkup. Přes přímé připojení do distribuční sítě se jedná o přímý prodej elektřiny obchodníkovi. Veškerá vyrobená elektrická energie je dodávána prostřednictvím distribuční sítě k zákazníkům.



Připojení přes domácí síť (zelený bonus)

Připojuje se do stávajících el. rozvodů v objektu. Způsob je vhodný jestliže podstatnou část výroby elektřiny dokážeme přímo spotřebovat v objektu. Je to nejčastější způsob využití u rodinných a bytových domů nebo v případě podnikových elektráren.

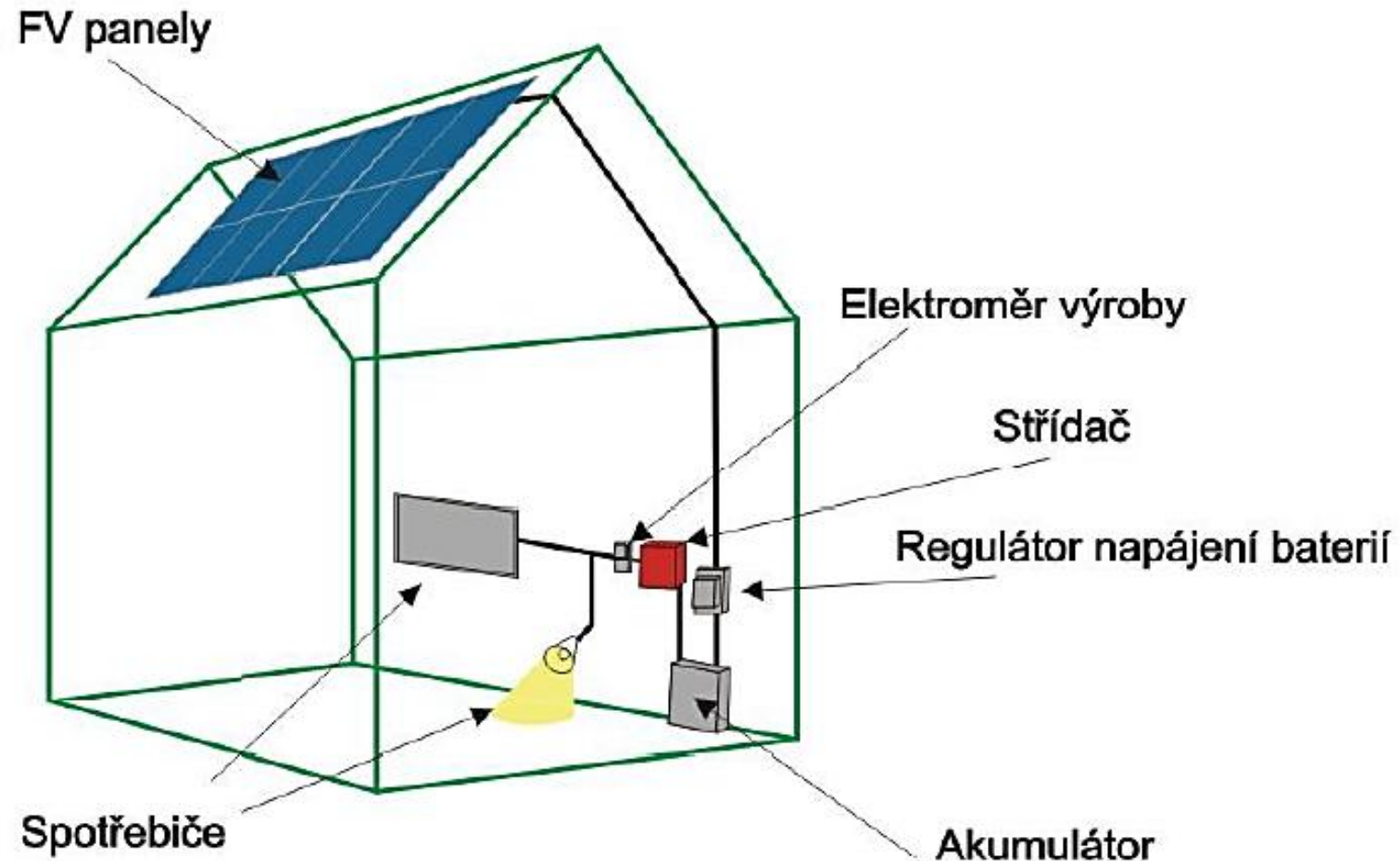
Nejjednodušší cesta k připojení bez nutnosti zřizovat nové odběrné místo.



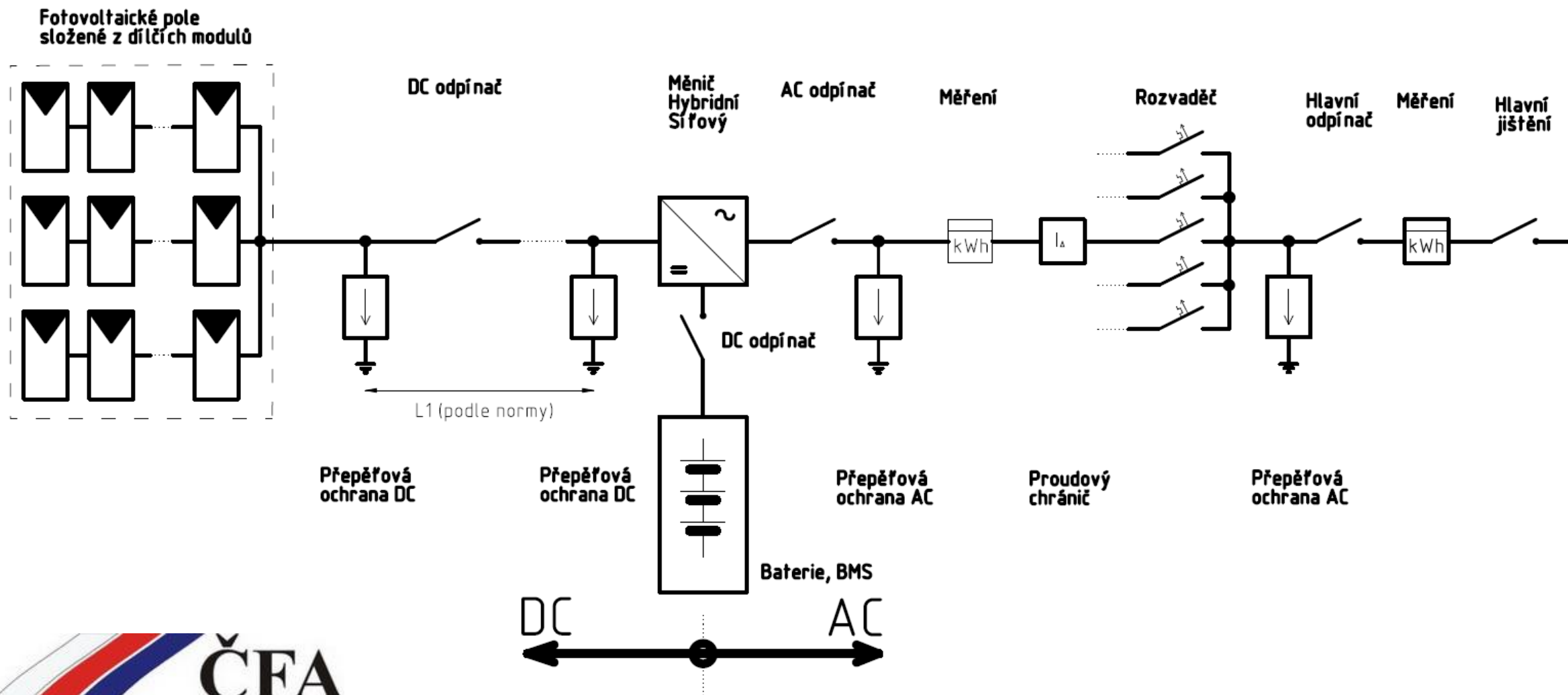
Ostrovní systémy

Někdy označované jako „off-grid“ systémy. Využívají se v lokalitách kde není možné připojení na distribuční síť – v odlehlých místech, horách apod.

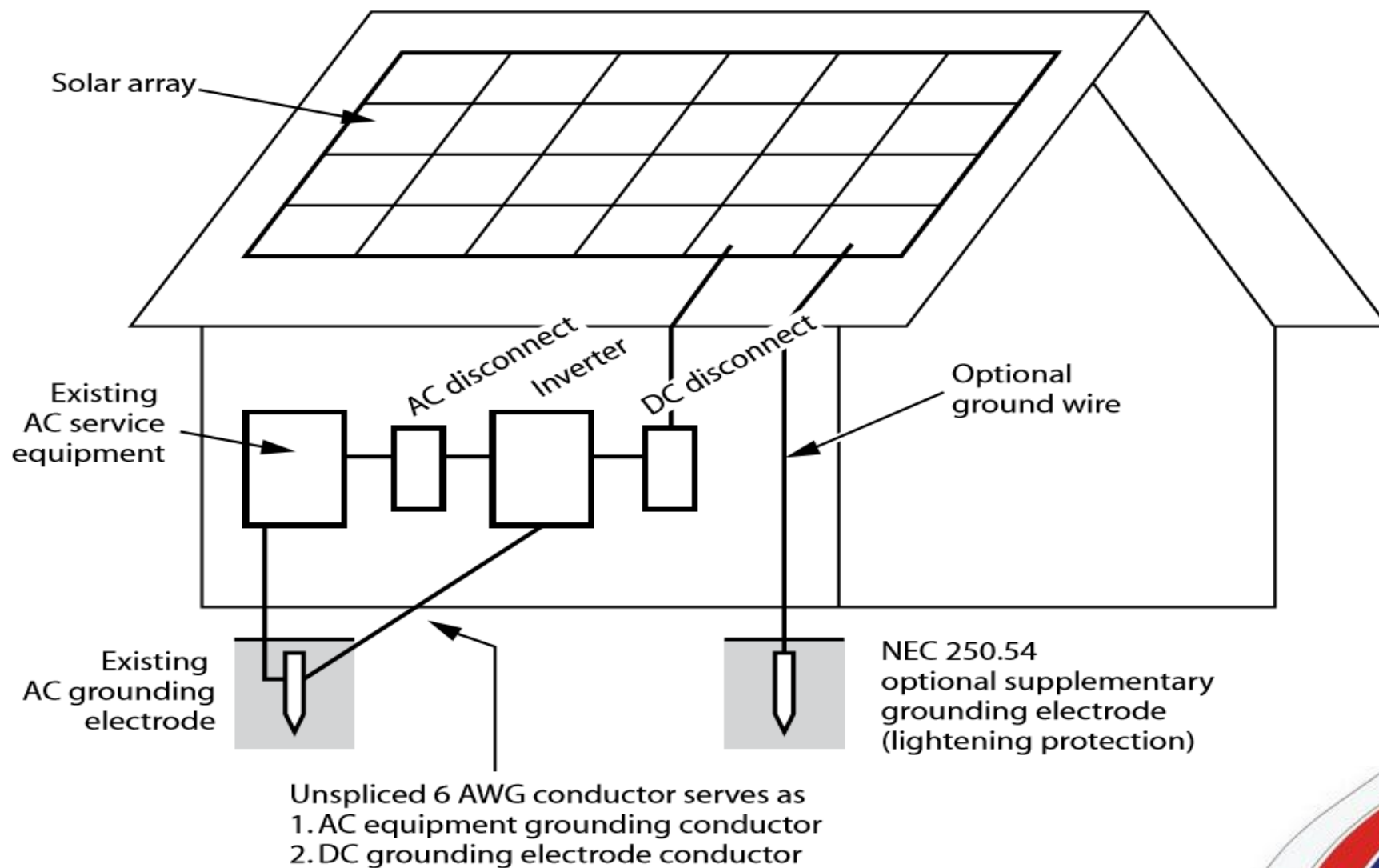
Zpravidla je veškerá vyrobená elektřina spotřebována v objektu nebo ukládána do akumulátorů.



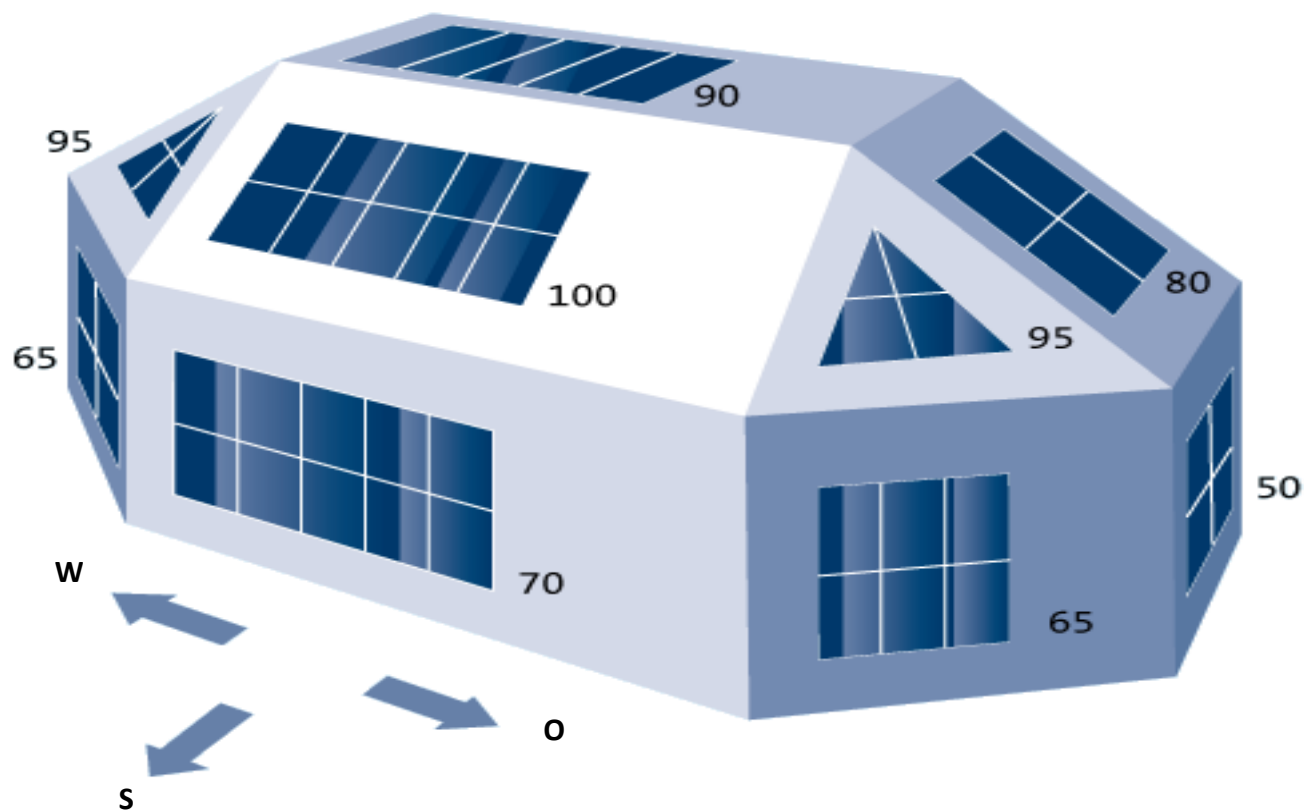
Základní blokové schéma akumulačního FVS



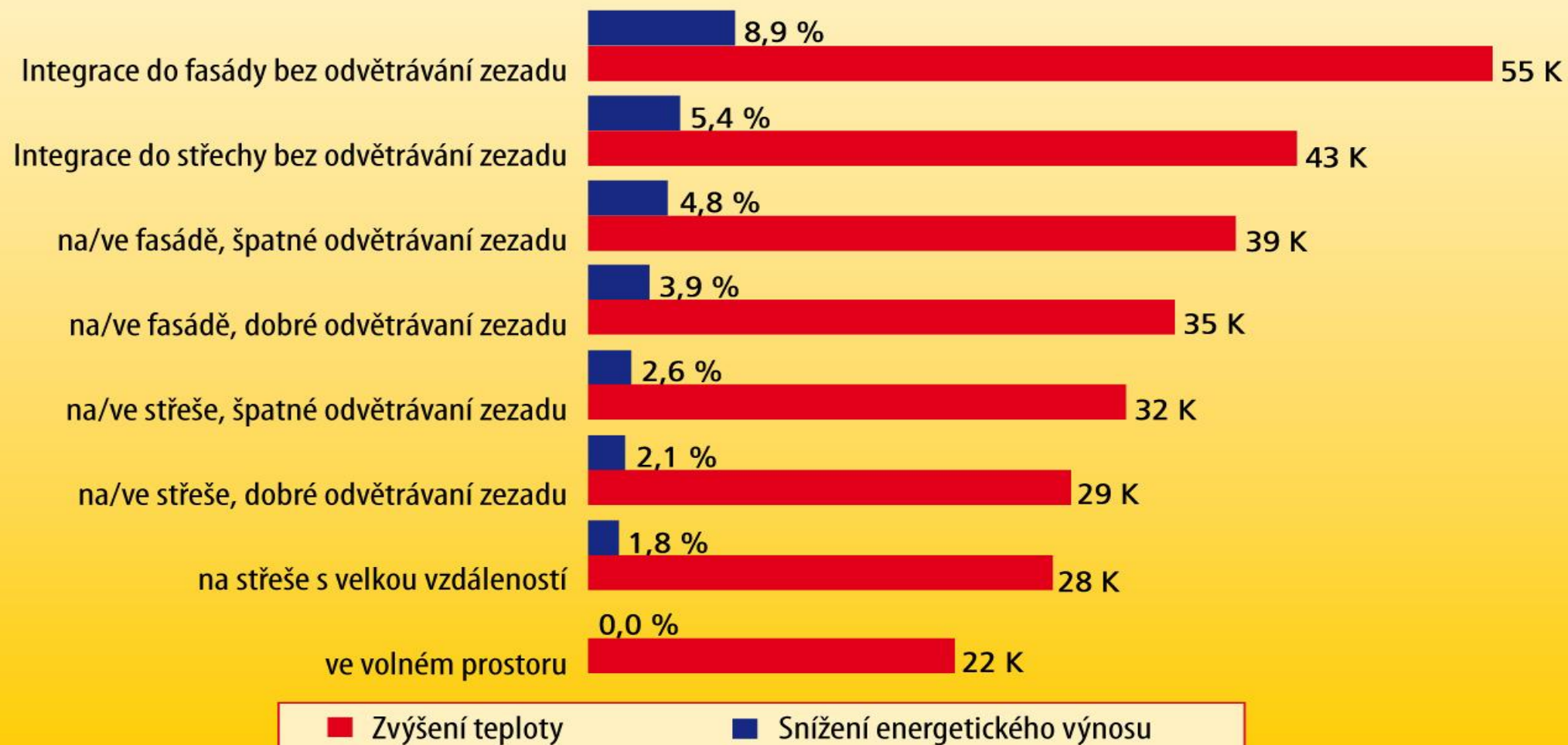
Blokové schéma FVS s umístěním



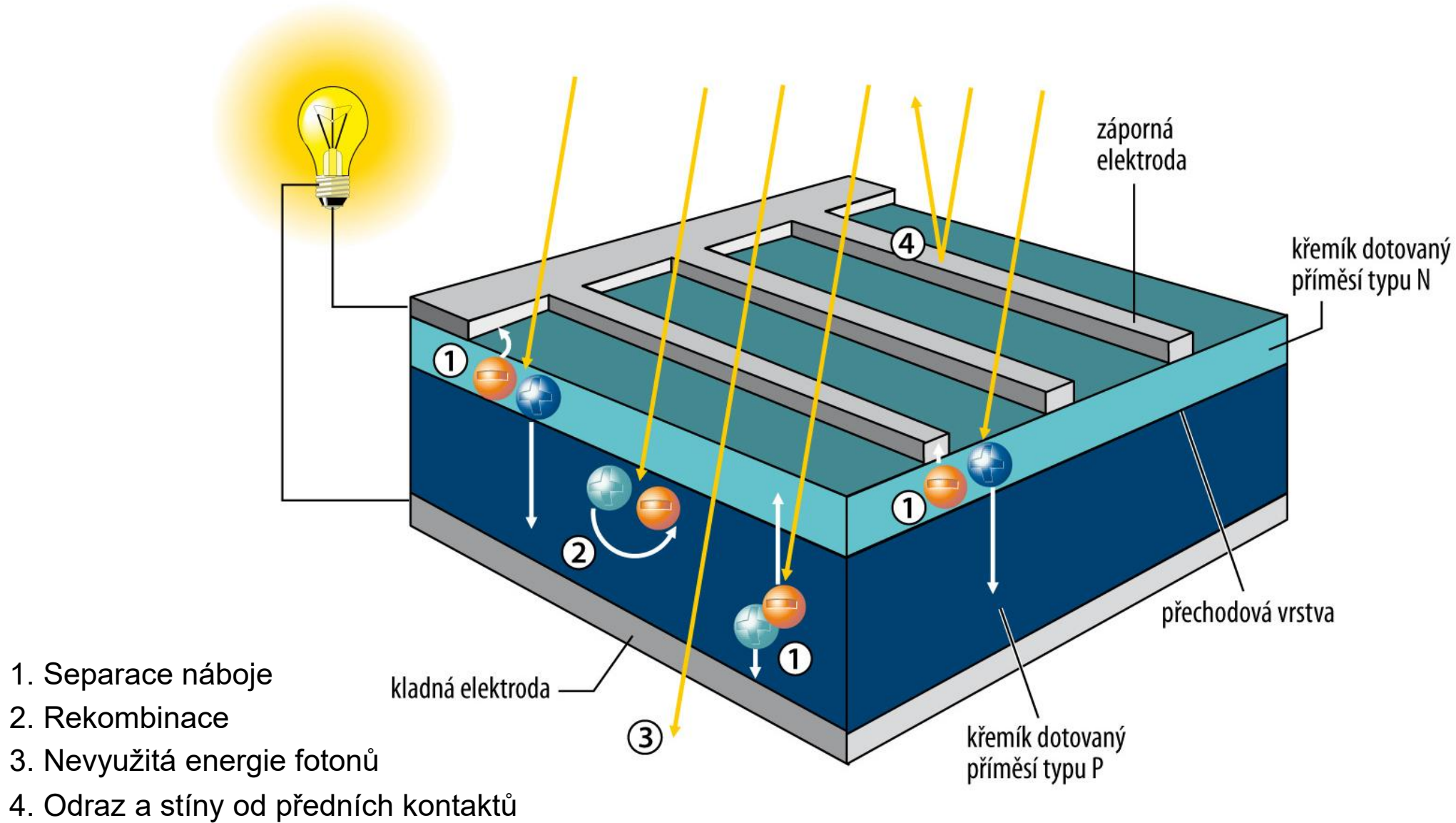
Závislost výnosnosti na orientaci a sklonu



Vliv různého umístění panelů na výši ročního výnosu

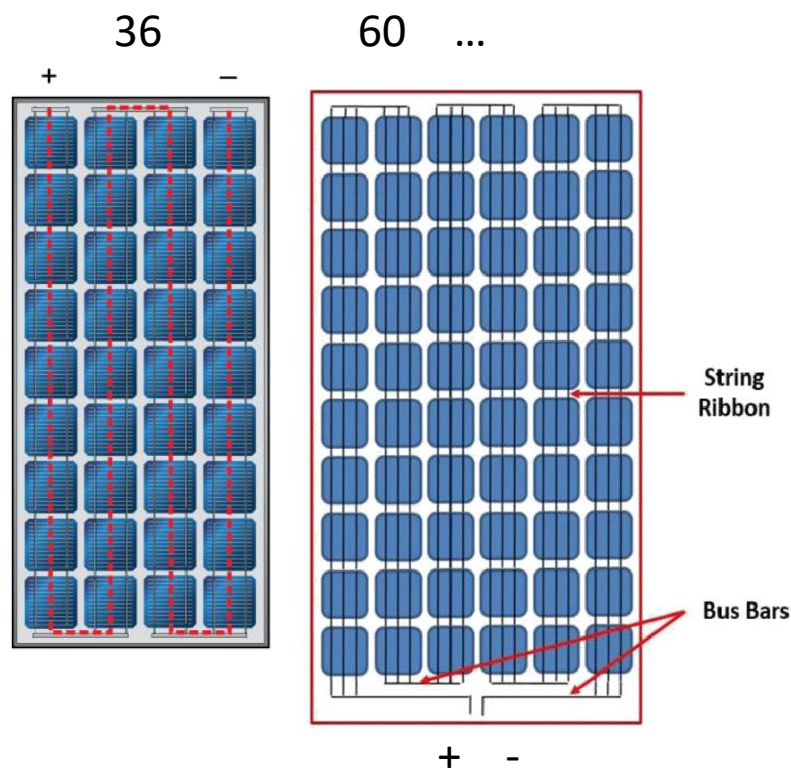
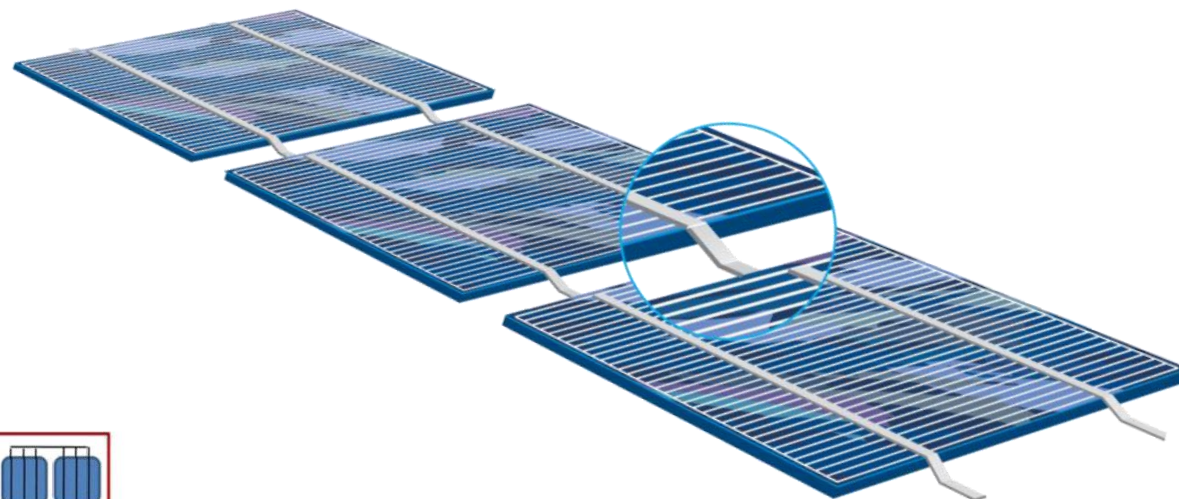


Fotovoltaický článek



Spojování článků do série

Prostringování: Pospájení článků do stringů (= stringy článků) často 36 až 72 článků zapojených do série příp. více stringů paralelně



Laminace a rámování

2. Laminace (nebo zapouzdření)

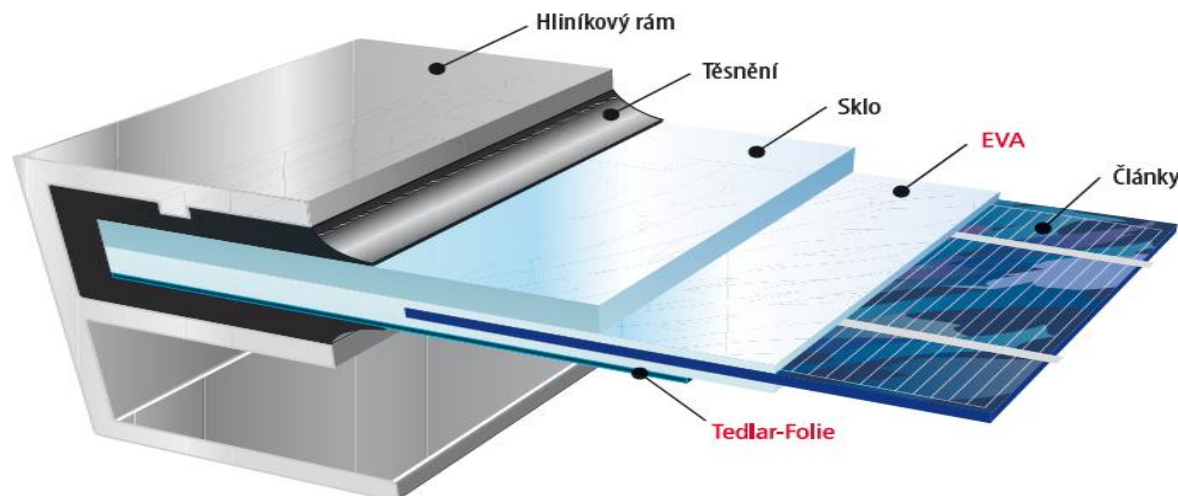
stringů mezi čelním sklem a fólií, příp. sklem na zadní straně

Kompozitní materiál:

u standardního modulu EVA = etylen-vinyl-acetát
další zapouzdřovací materiály:

PVB (zejména tenkovrstvé moduly), odlévací
pryskyřice, ionomery, PTFE (teflon), silikony

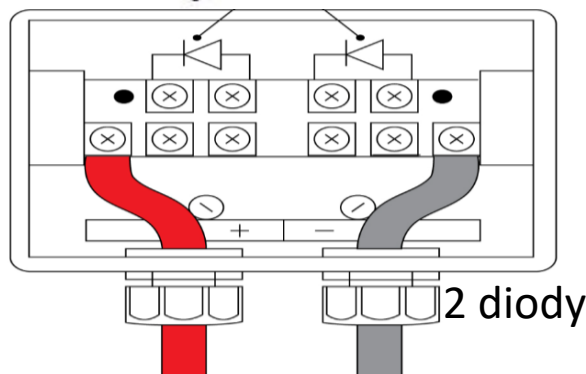
3. Rámování: volitelně



Elektrické připojení a zkouška

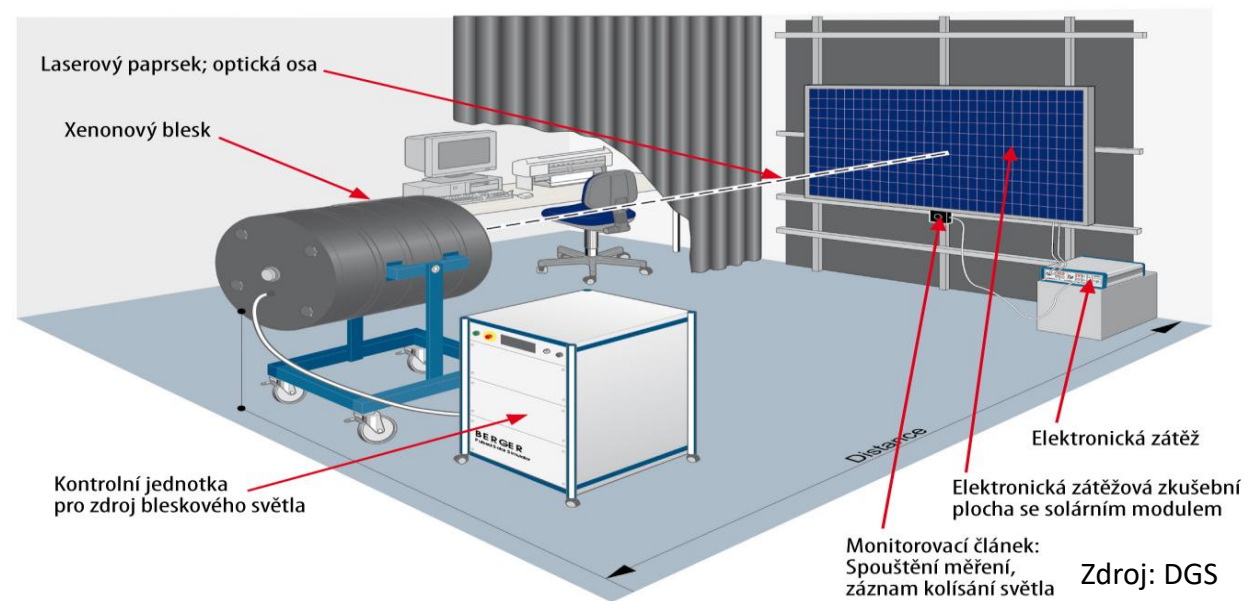
4. Elektrické připojení

přípojná krabice modulu s bypass diodami na zadní straně,
většinou připojovací kabely s konektorem



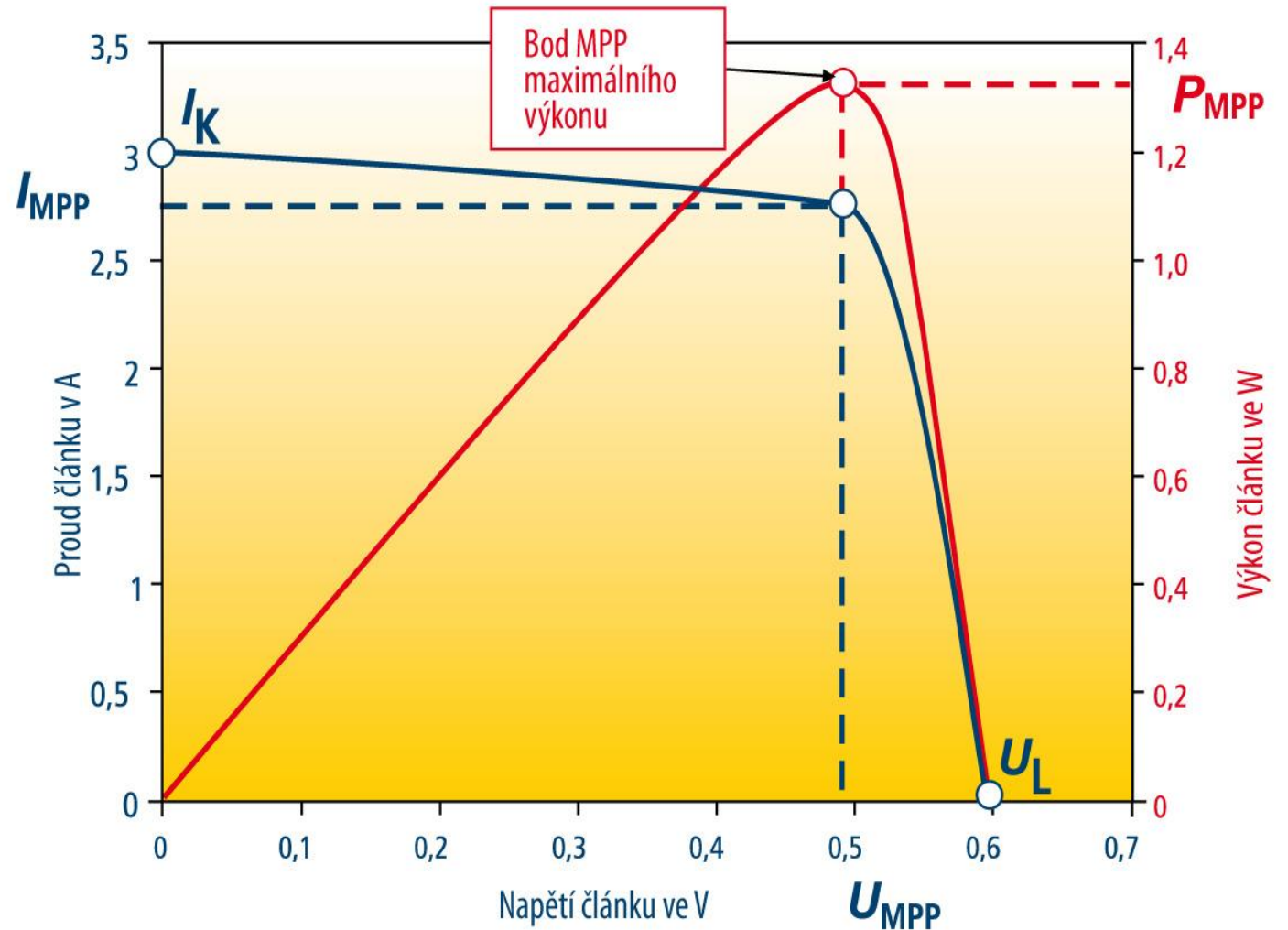
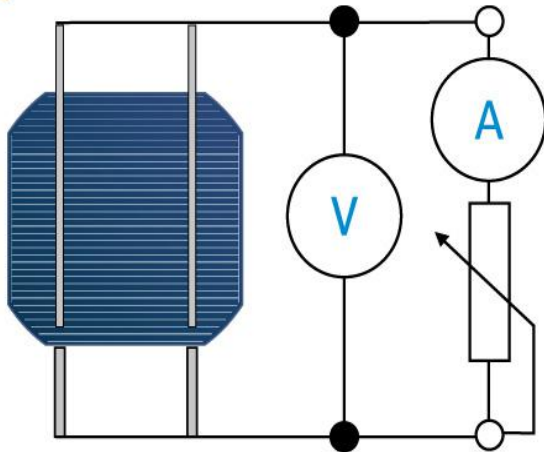
5. Kontrola, proměření pomocí zábleskového světla (Flasher)

Měření elektrických
charakteristických
hodnot každého modulu

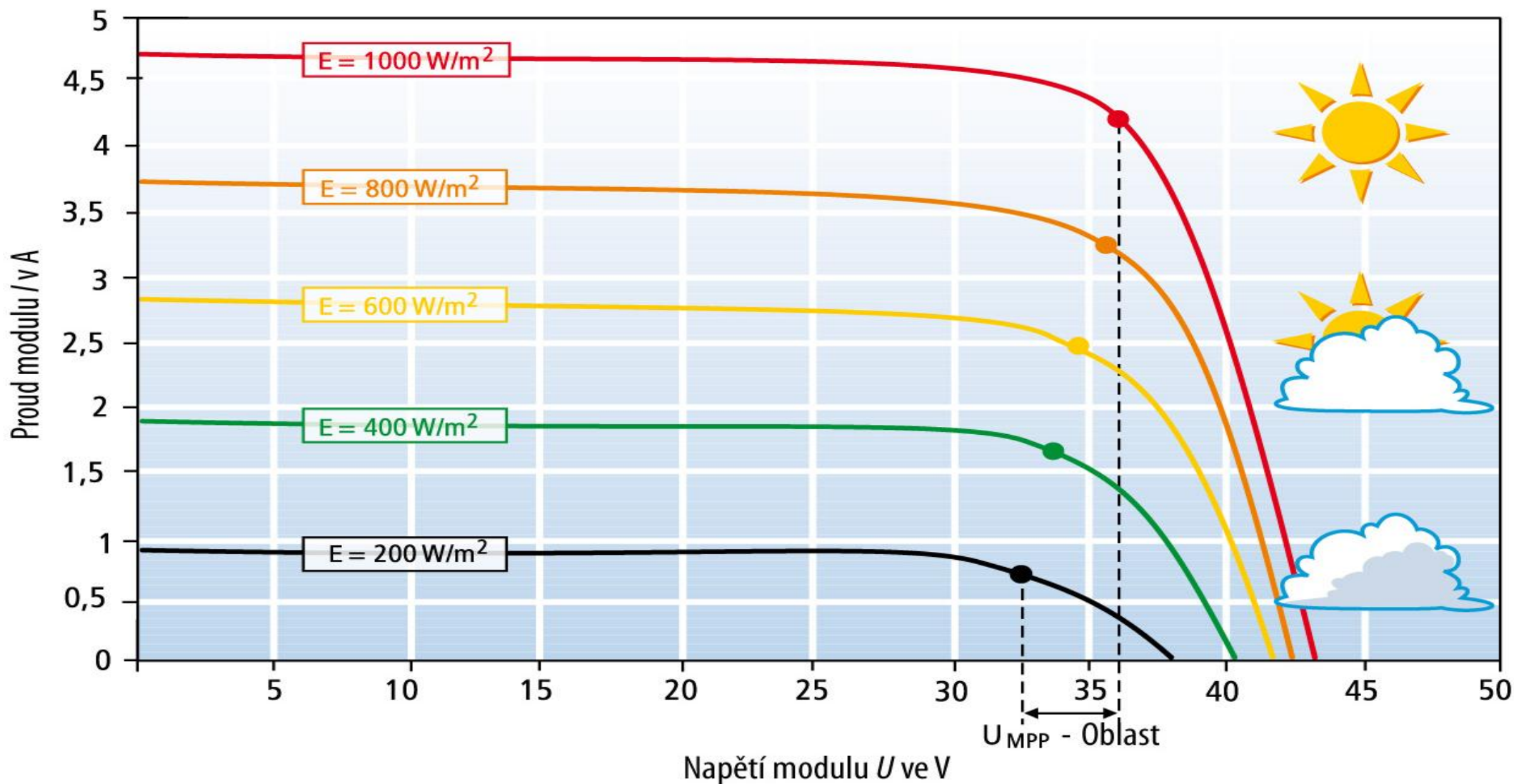


Základní voltampérová charakteristika fotovoltaického článku

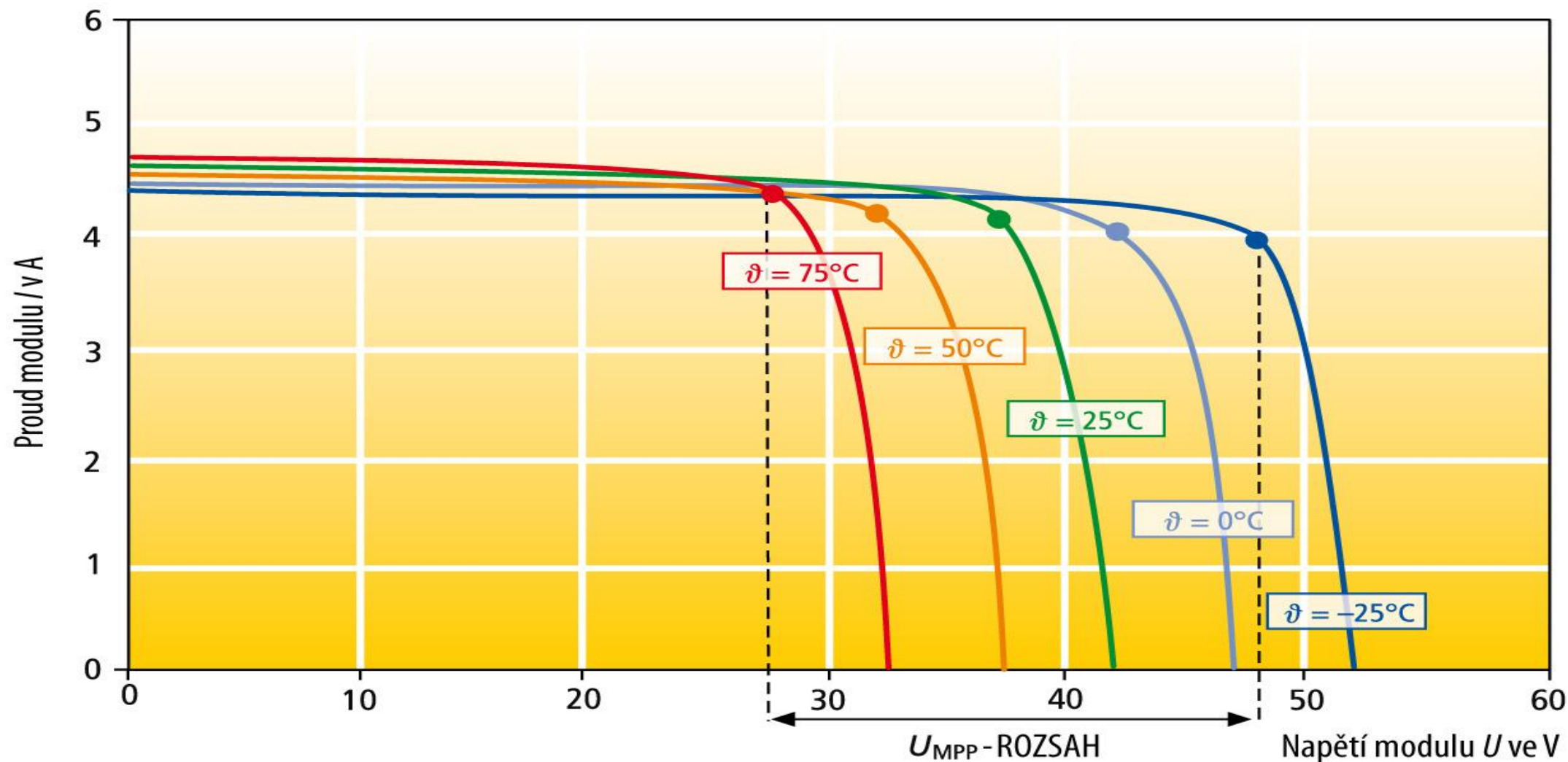
$T = 25^{\circ}\text{C}$
 $AM = 1,5$
 $E = 1.000 \text{ W/m}^2$



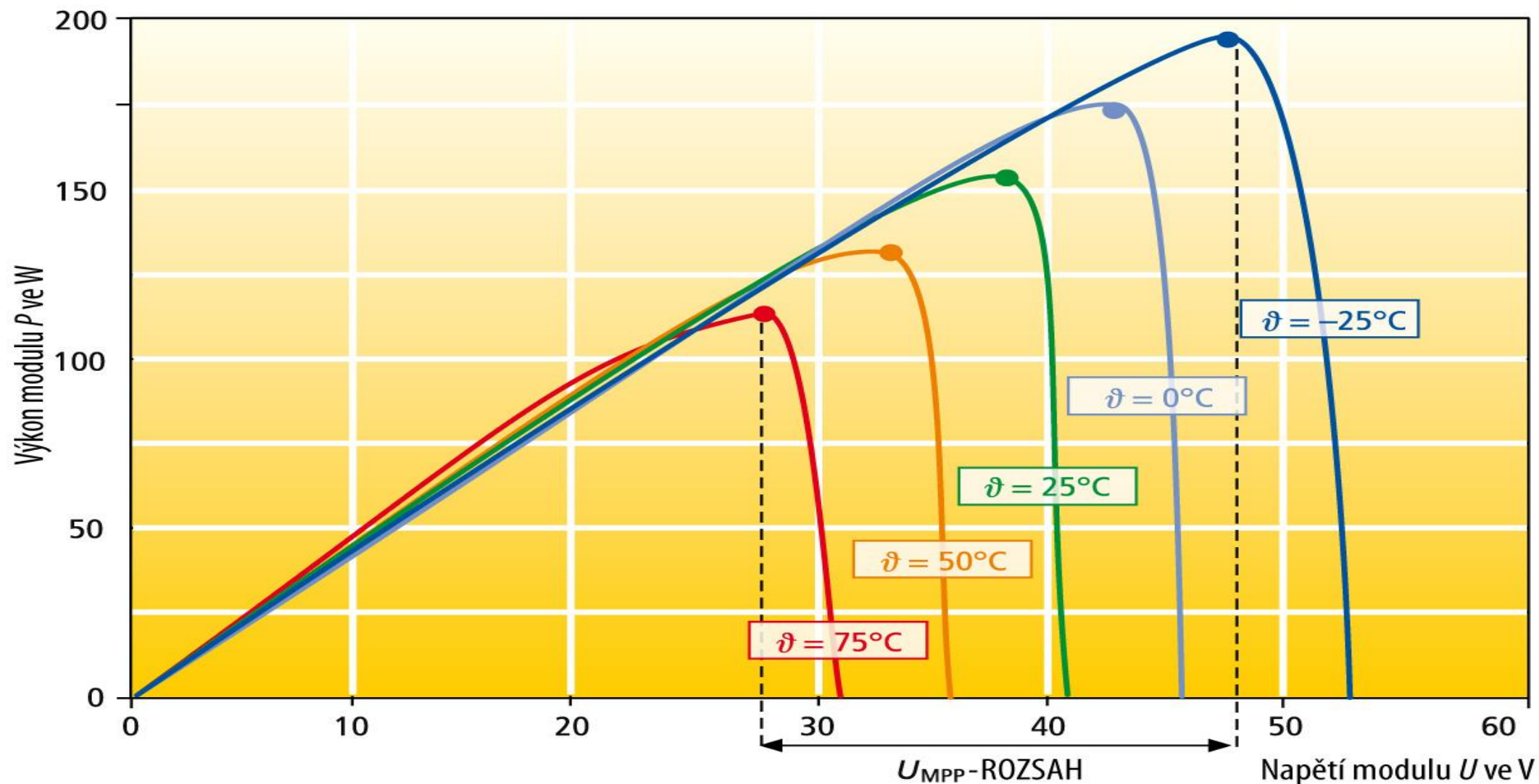
Výkon FV modulů v závislosti na osvětlení



Výkon FV modulů v závislosti na venkovní teplotě



Výkonové ch-ky při různých teplotách



Základní vlastnosti krystalických struktur

- Proud modulu I_k (a také $\sim I_{mp}$) má přímý proporcionální vztah k ozáření
- Napětí modulu U_0 (a také U_{mpp}) klesá spolu s rostoucí teplotou modulu
- Výkon modulu klesá se stoupající teplotou modulu (0,2 – 0,5 % / °K ... v závislosti na typu modulu)

Charakteristiky FV modulu Canadian Solar Inc.

ELECTRICAL DATA | STC*

CS6K	285P	290P	295P
Nominal Max. Power (Pmax)	285 W	290 W	295 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	31.4 V	31.6 V	31.8 V
Opt. Operating Current (Imp)	9.06 A	9.18 A	9.28 A
Open Circuit Voltage (Voc)	38.3 V	38.5 V	38.6 V
Short Circuit Current (Isc)	9.64 A	9.72 A	9.81 A
Module Efficiency	17.41%	17.72%	18.02%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C		
Max. System Voltage	1000 V (IEC) or 1000 V (UL)		
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 1703) or CLASS C (IEC 61730)		
Max. Series Fuse Rating	15 A		
Application Classification	Class A		
Power Tolerance	0 ~ + 5 W		

* Under Standard Test Conditions (STC) of irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6K	285P	290P	295P
Nominal Max. Power (Pmax)	210 W	214 W	218 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	28.9 V	29.1 V	29.3 V
Opt. Operating Current (Imp)	7.28 A	7.36 A	7.44 A
Open Circuit Voltage (Voc)	35.8 V	36.0 V	36.1 V
Short Circuit Current (Isc)	7.78 A	7.85 A	7.92 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), irradiance of 800 W/m², spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Poly-crystalline, 6 inch
Cell Arrangement	60 (6×10)
Dimensions	1650×992×40 mm (65.0×39.1×1.57 in)
Weight	18.2 kg (40.1 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame Material	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 diodes
Cable	4.0 mm ² (IEC), 12 AWG (UL), 1000 mm (39.4 in)
Connector	T4 series
Per Pallet	27 pieces, 538 kg (1186.1 lbs)
Per Container (40' HQ)	756 pieces

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

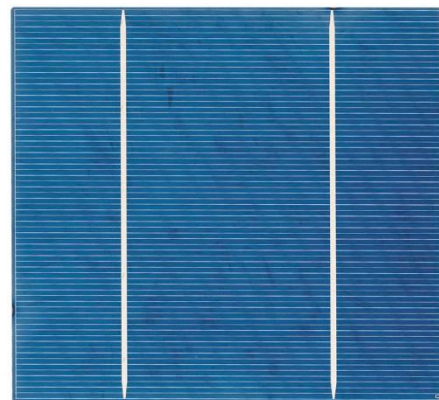
Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.39 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.29 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature (NMOT)	43 ± 2 °C

Struktura modulů s rámem/bez rámu



Solární panel

Dříve $\eta = 11 - 15 \%$
Dnes $\eta = 19 - 25 \%$



Si - Tloušťka

Dříve $300 \mu\text{m}$
Dnes $< 180 \mu\text{m}$

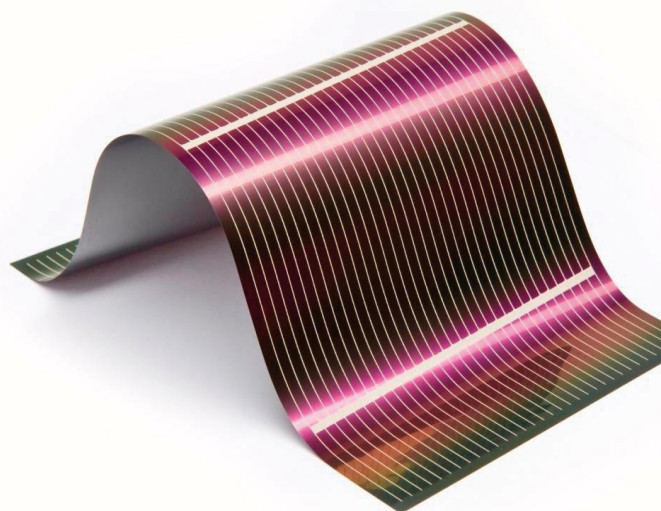
Solární článek

Si - Tloušťka
 $0.3-0.5 \mu\text{m}$

CIGS, CdTe tenkovrstvé

Dříve $\eta = 5 - 7 \%$

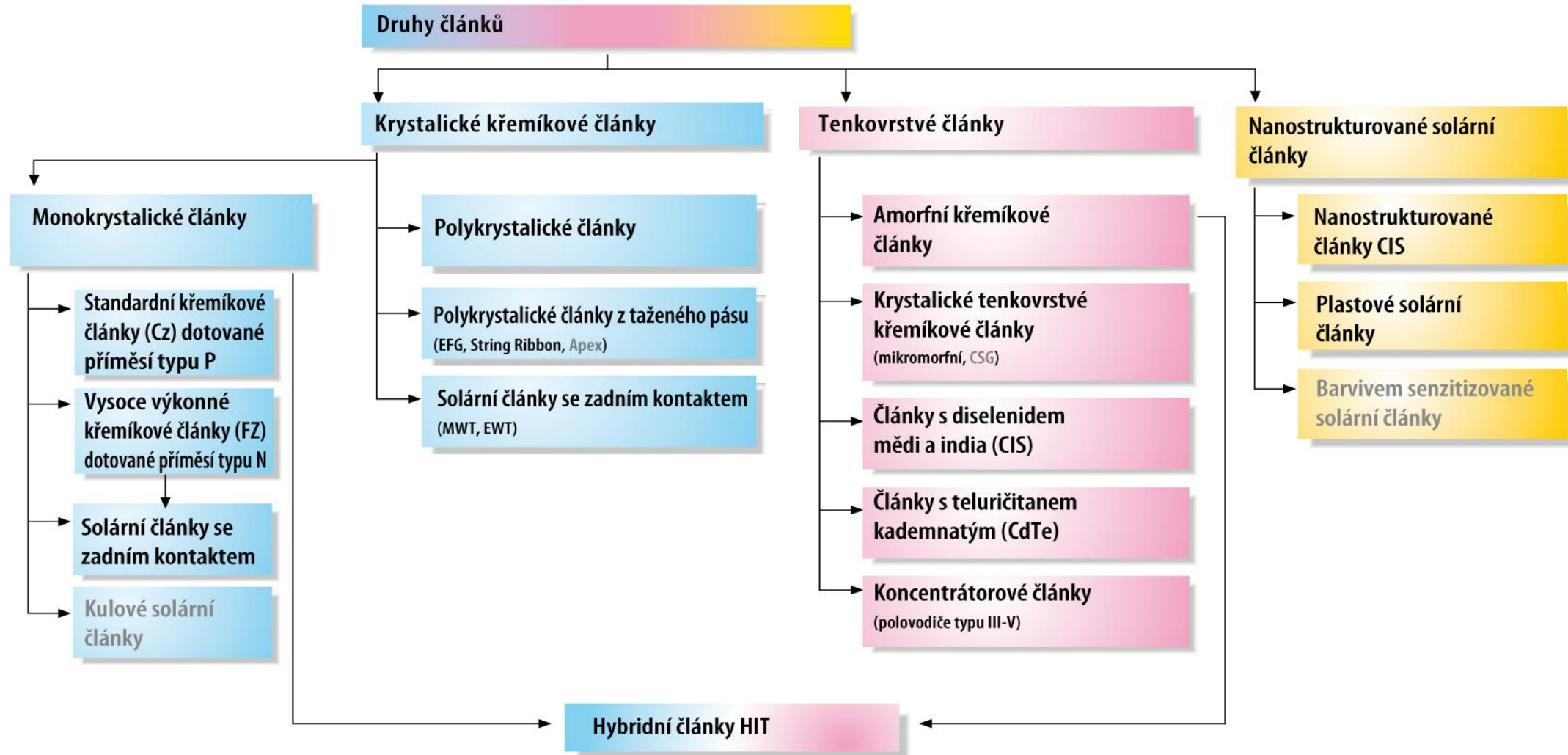
Dnes $\eta = 19 - 21 \%$



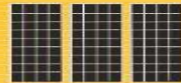
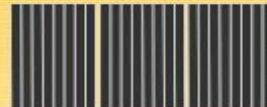
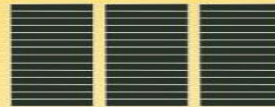
a-Si tenkovrstvý panel



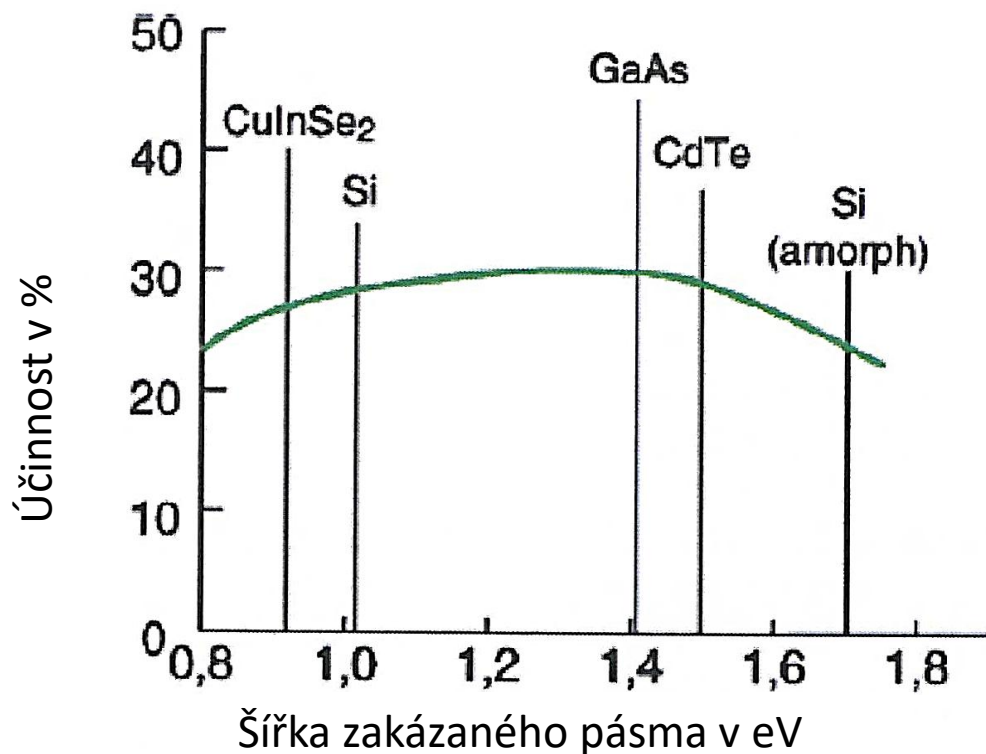
Druhy FV článků



Potřebná plocha pro různé typy FV

Materiál článku	Účinnost modulu	Potřebná plocha na 1 kWp
Křemíkové vysokovýkonové články (spojené na zadní straně, HIT) Monokrystalický křemík	18–21 %	5–6 m ² 
	14–19 %	5–7 m ² 
Polykrystalický křemík	12–18 %	6–8 m ² 
Tenkovrstvé: Měď-Indium-Diselenid (CIS)	9–16 %	7–12 m ² 
Cadmiumtellurid (CdTe)	8–18 %	6–13 m ² 
Mikromorfní křemík	7–12 %	8,5–15 m ² 
Amorfní křemík	4–7 %	15–26 m ² 

Meze teoretické účinnosti FV článků

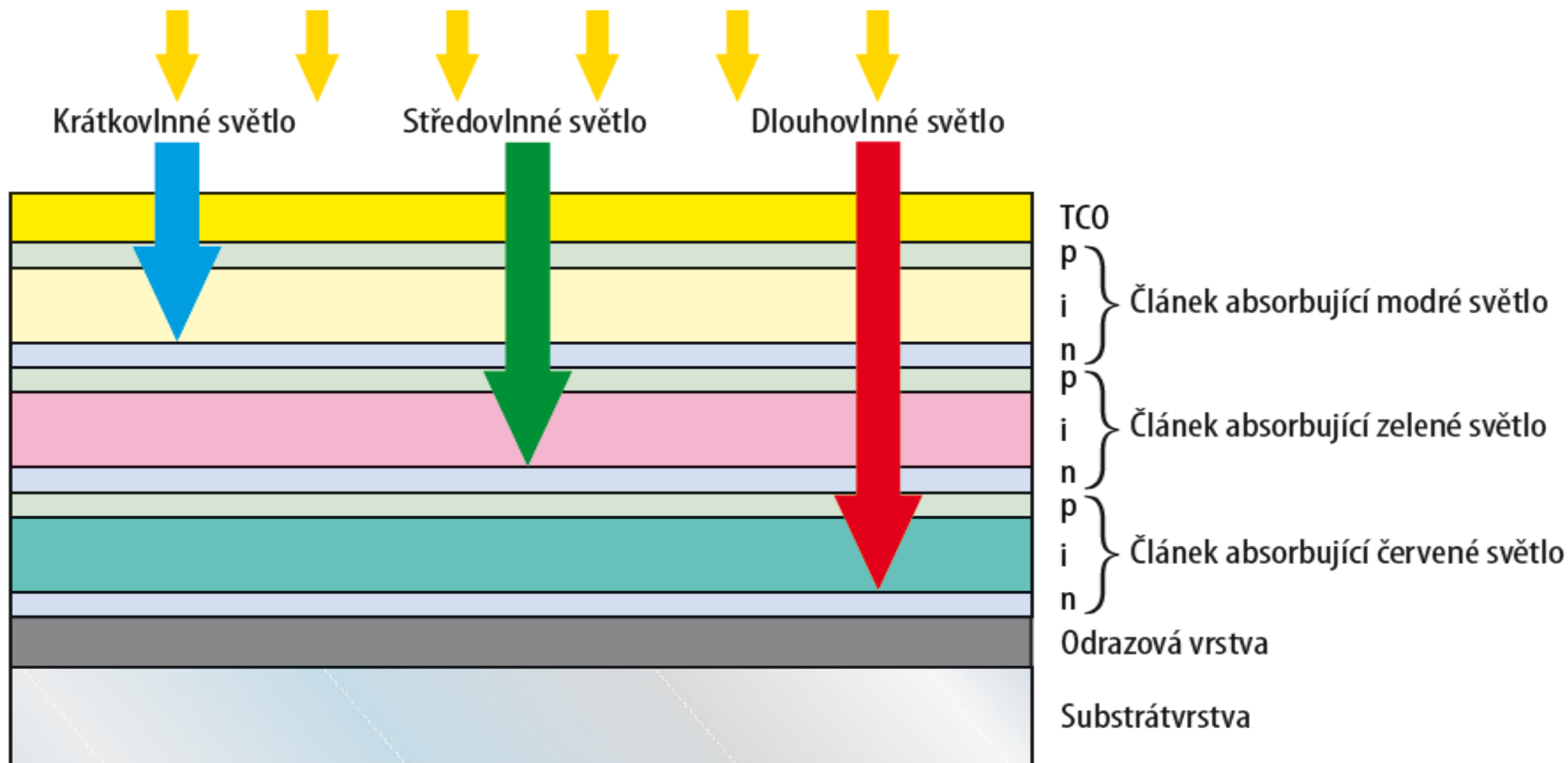


Maximální teoretická účinnost solárních článků při standardních testovacích podmínkách

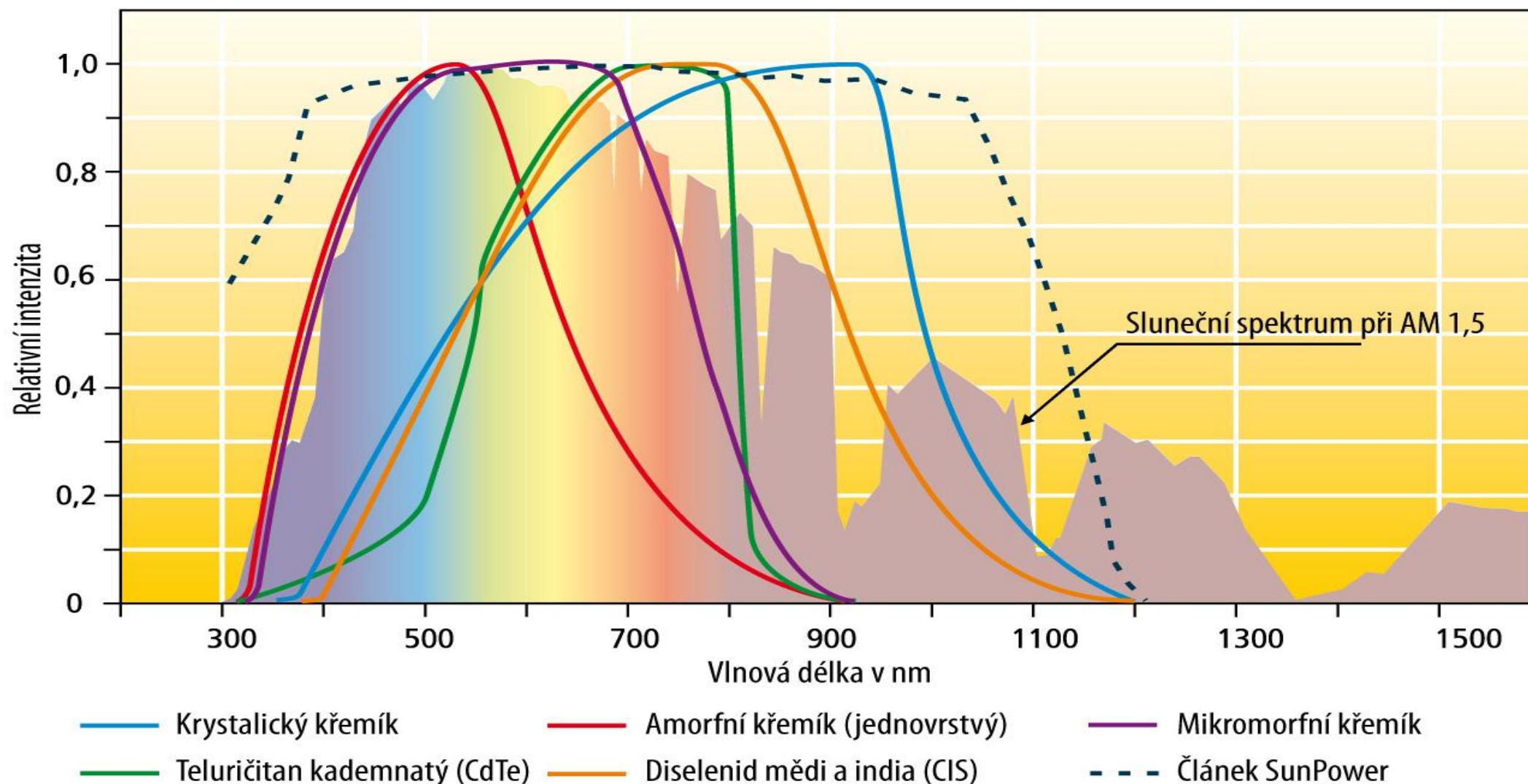
Omezení teoretické účinnosti:

- jednotlivé polovodiče jsou vhodné pouze pro určité spektrální oblasti
- podíl přebytku energie fotonů se mění na teplo
- optické ztráty, jako je zastínění kontaktů
- odrazy na povrchu
- znečištění materiálu

Jak lze dále zvýšit účinnost článků?

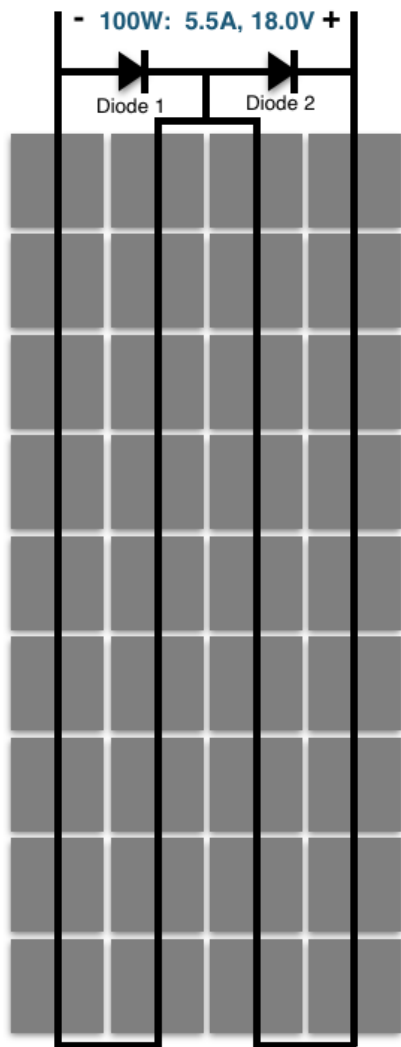


Spektrální citlivost různých druhů FV článků

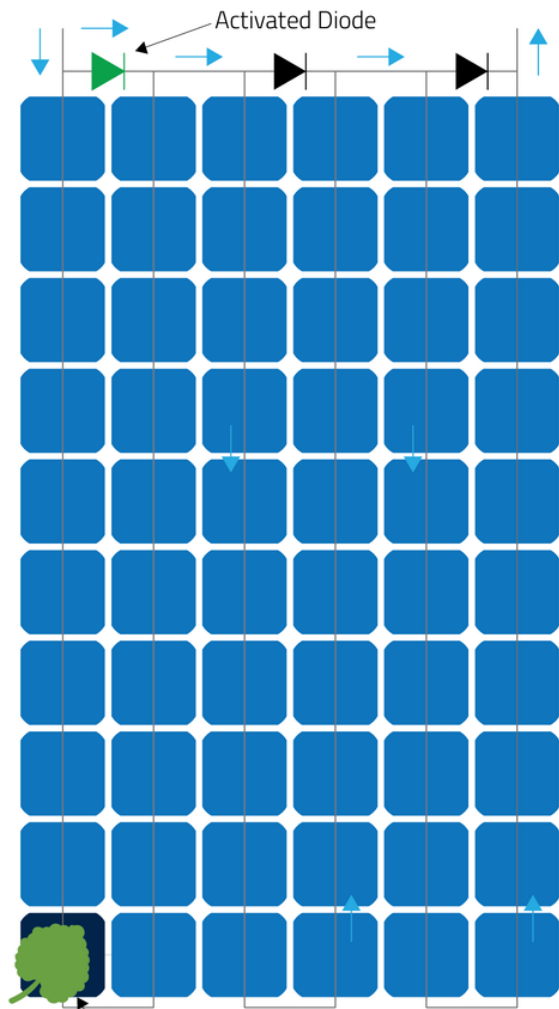


Druhy krystalických modulů

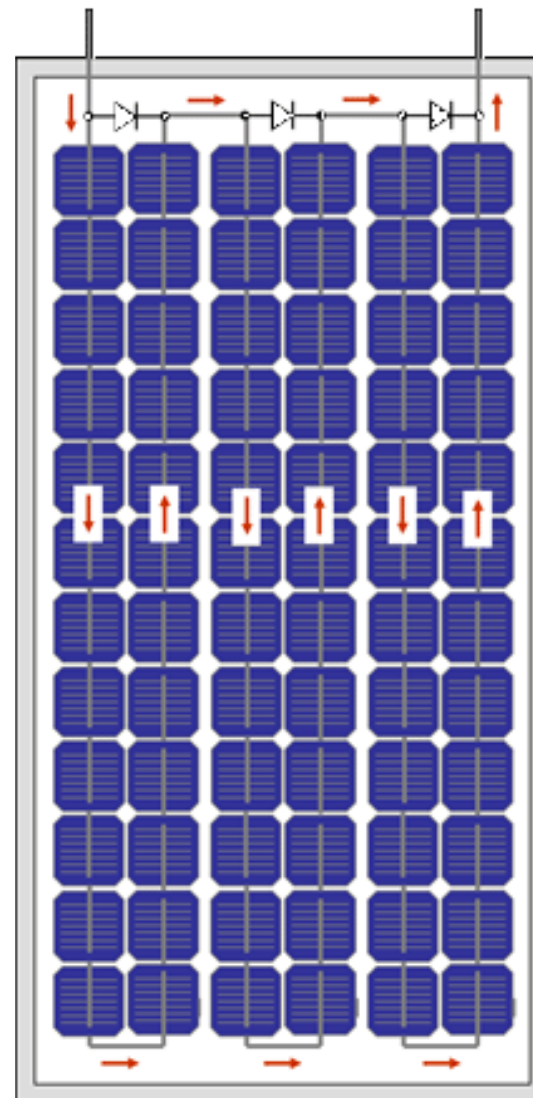
36 článků



60 článků



72 článků



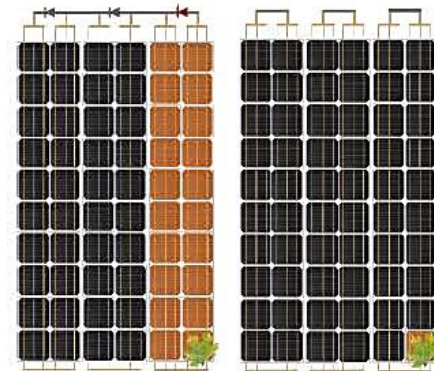
AE smart hot-spot free module

Shades



Illustration

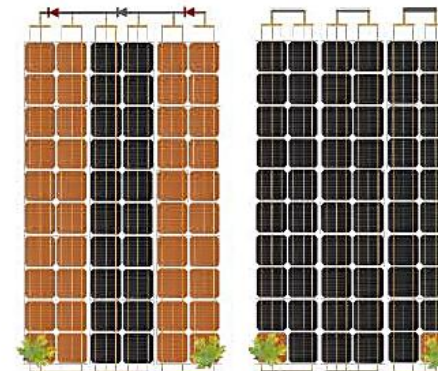
One Cell in One String



Standard

Hot-Spot Free

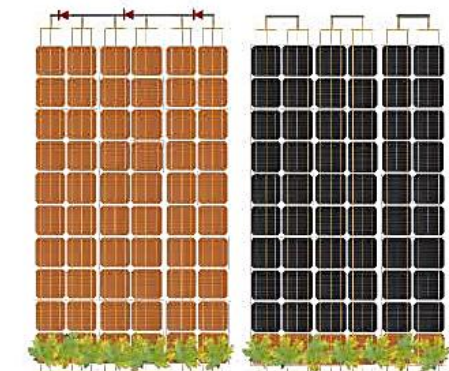
One Cell in Two Different Strings



Standard

Hot-Spot Free

Row of Cells Across Different Strings



Standard

Hot-Spot Free

Output from AE Smart Hot-Spot Free Module

95 %

Output from Standard Module

64 %

Additional efficiency in Power Generation

31 %

93 %

38 %

55 %

83 %

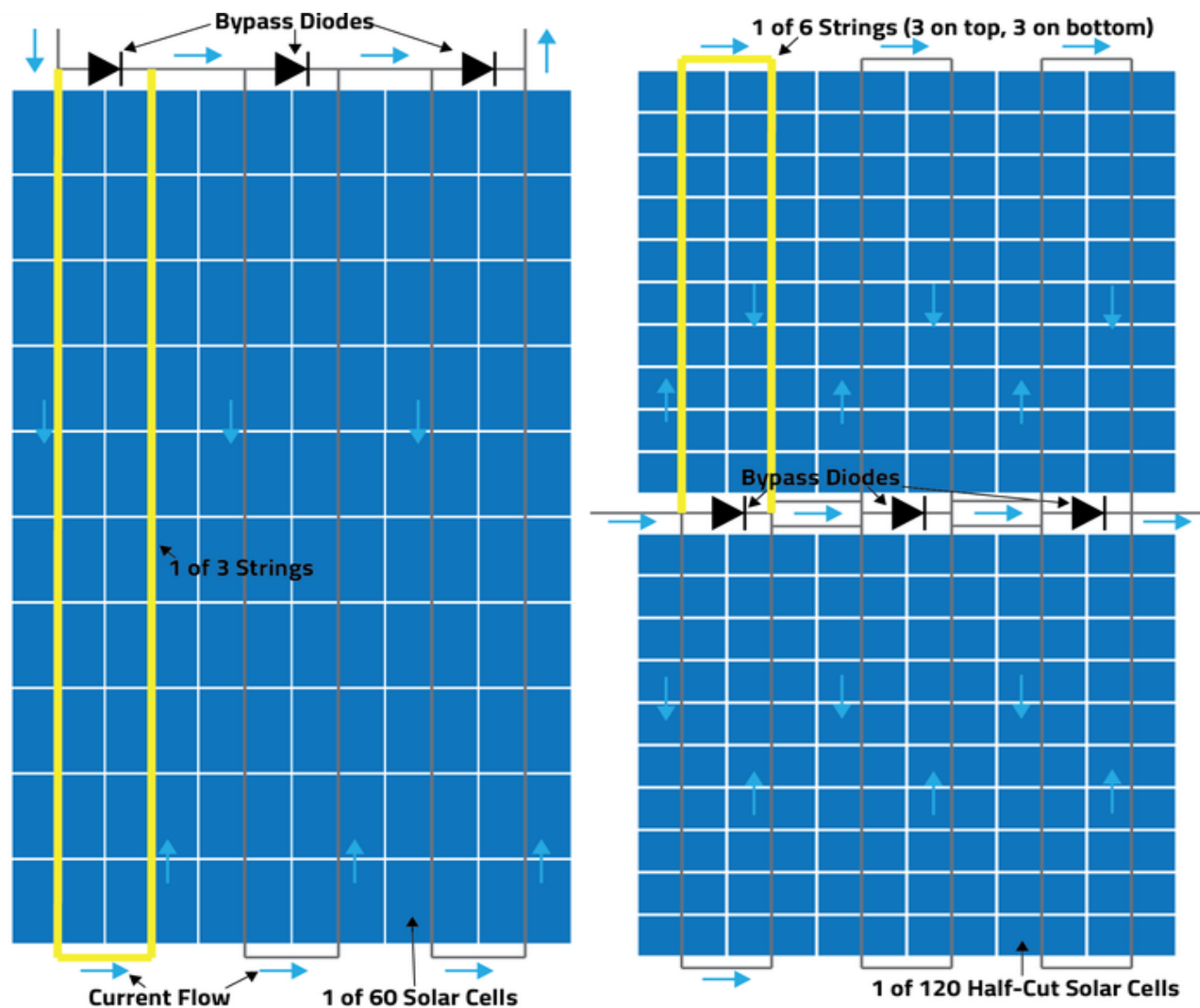
1 %

82 %

AE SOLAR SMART MODULE with HOT-SPOT FREE technology has a lower operating temperature, which not only eliminates a potential cause for back sheet degradation, but also prevents damage to silicon-based cells.

Enhanced lifetime of AE SOLAR SMART MODULES with HOT-SPOT FREE technology is up to 25 years over standard warranty term.

Half-cut modules



- Není zapotřebí plochy celého článku, dají se tím omezit krystalické poruchy a zvýšit účinnost modulu
- Stejný počet bypass diod
- Srovnatelná cena
- Dvakrát větší počet článků

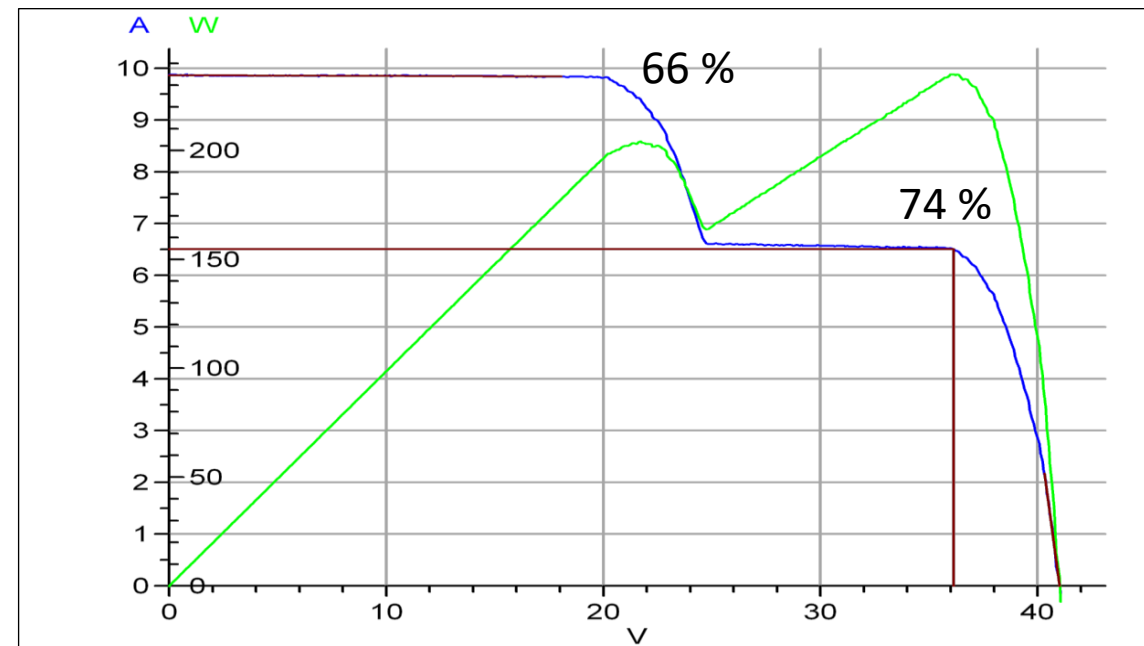
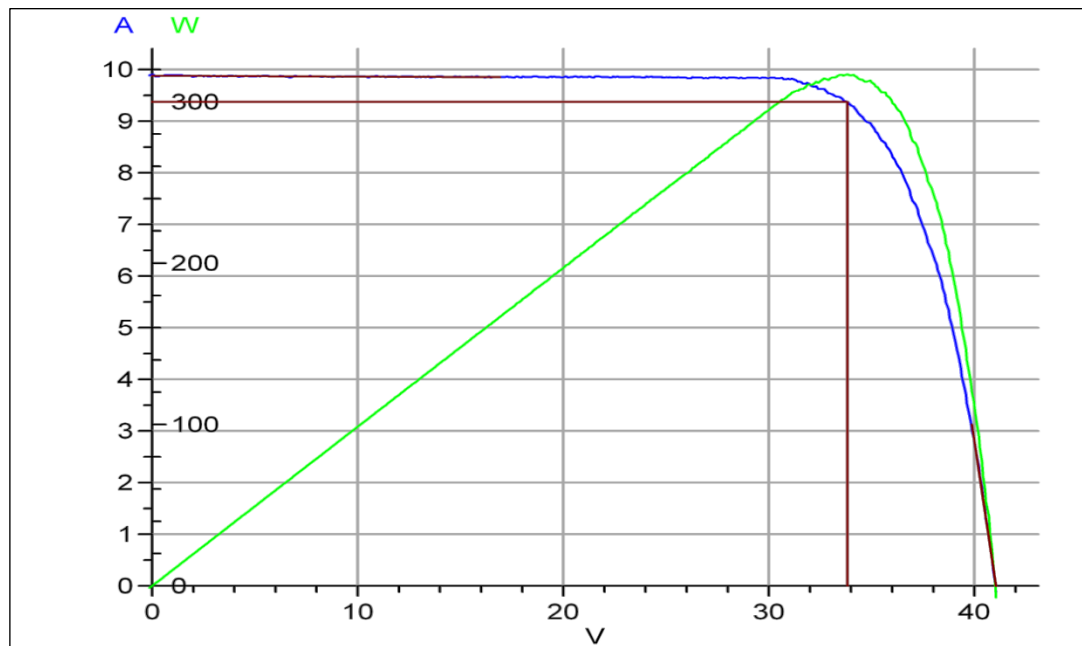


Úkol:
Jaký bude celkový proud Half-cut modulu ve srovnání s normálním?

Half-cut moduly

I_{sc}	9.882	A
U_{oc}	41.039	V
Eff.	18.46	%
FF	78.17	%
P_{mpp}	317.014	W
U_{mpp}	33.818	V
I_{mpp}	9.374	A
R_{ser}	0.4	Ohm
R_{sh}	613.2	Ohm

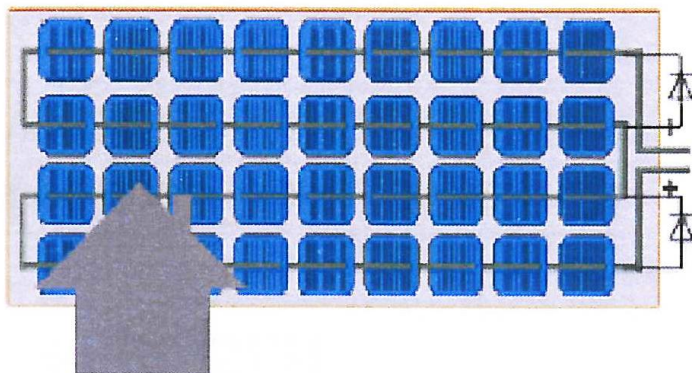
I_{sc}	9.864	A
U_{oc}	41.020	V
Eff.	13.68	%
FF	58.06	%
P_{mpp}	234.935	W
U_{mpp}	36.132	V
I_{mpp}	6.502	A
R_{ser}	0.3	Ohm
R_{sh}	884.0	Ohm



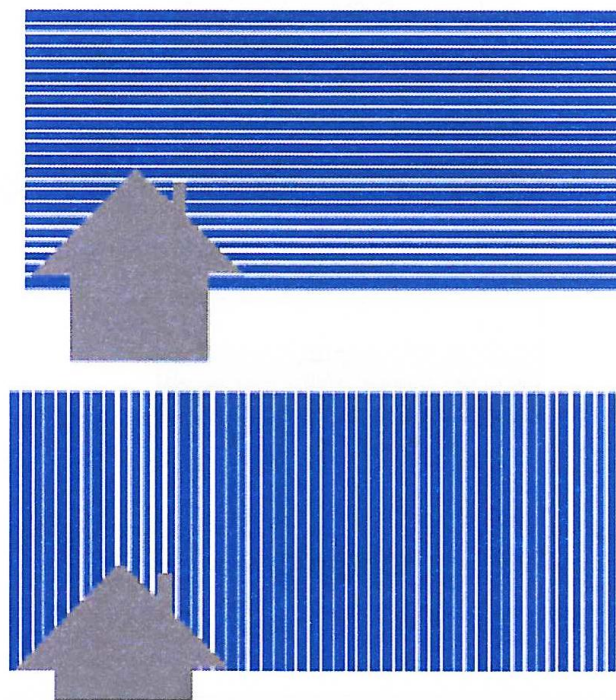
Chování při zastínění

Standardní křemíkový modul:
cca 50% ztráta

36 článkový modul (9 x 4)



Tenkovrstvý modul:
cca 10% ztráta



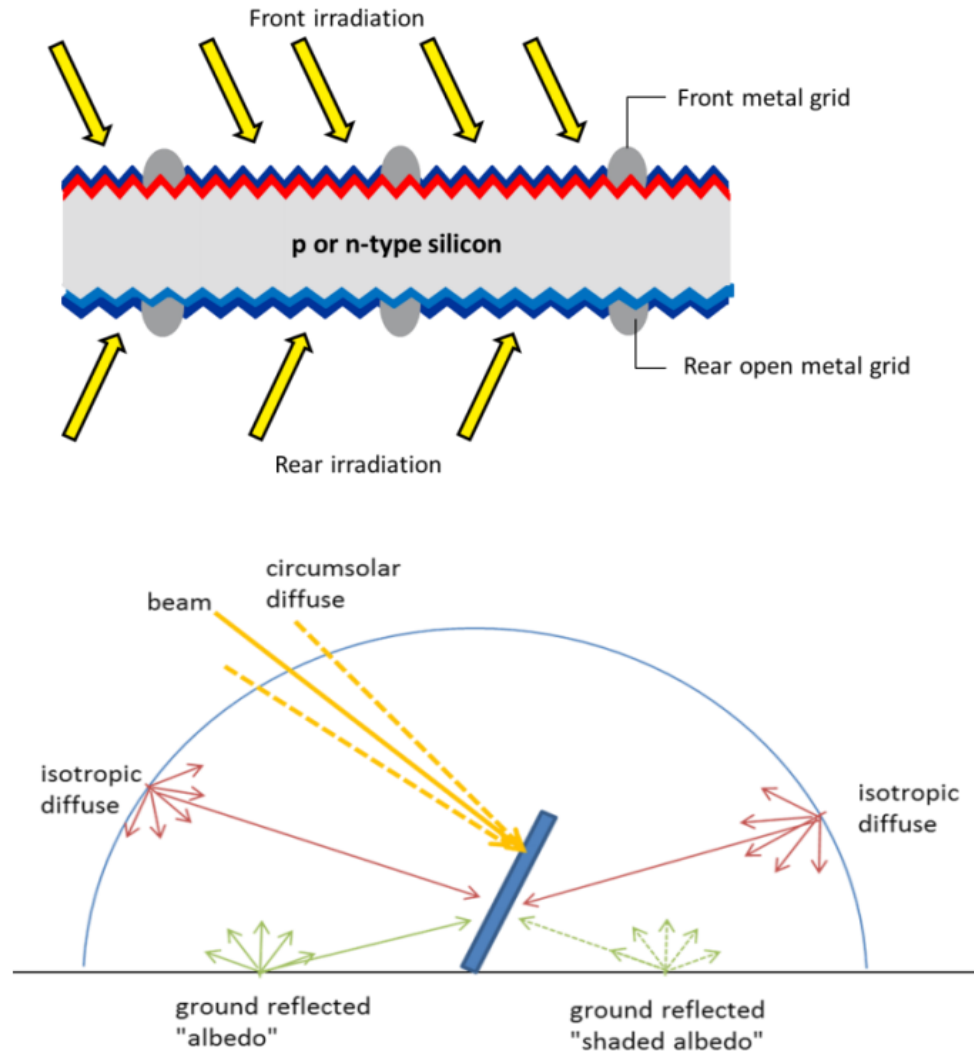
Rozdíl v chování při zastínění krystalických a tenkovrstvých struktur.

Novější technologie - Bifaciální články

Simultaneous and efficient conversion of light that illuminates the solar cell from the **front side** as well as from the **rear side** into electricity

A reflecting back sheet results in **increased monofacial module efficiency**

A transparent rear **generates additional energy**, between 5% and 90% of the energy generated by only the front side.



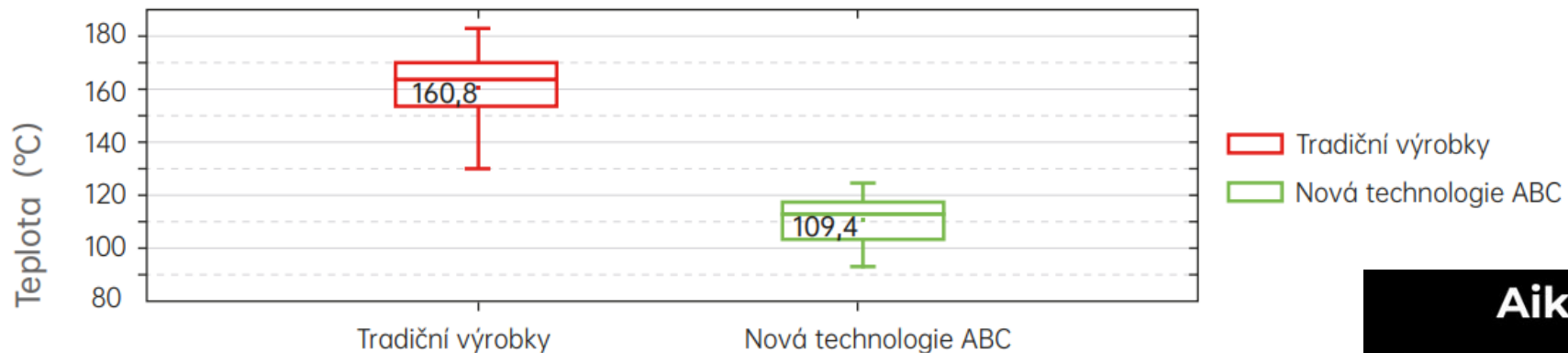
Uplatnění - Bifaciální články

agrofotovoltaika, fotovoltaické ploty, ostrovní systémy na moři, lodích, ostrovní systémy v horách, okna a okenní plochy, hlukové stěny ...



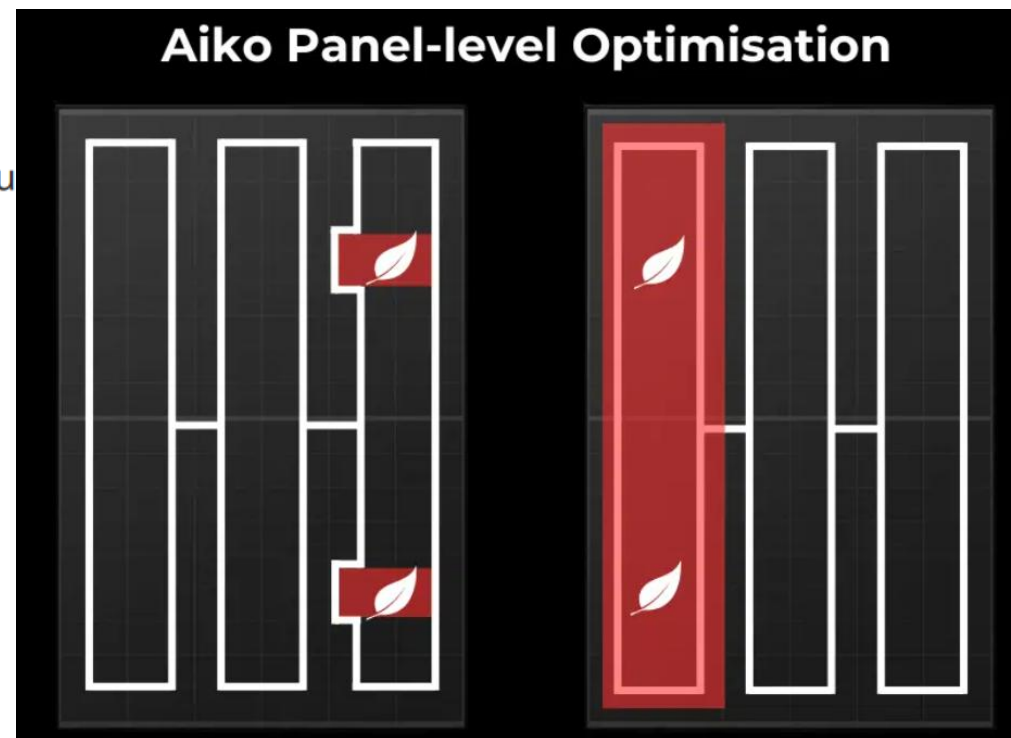
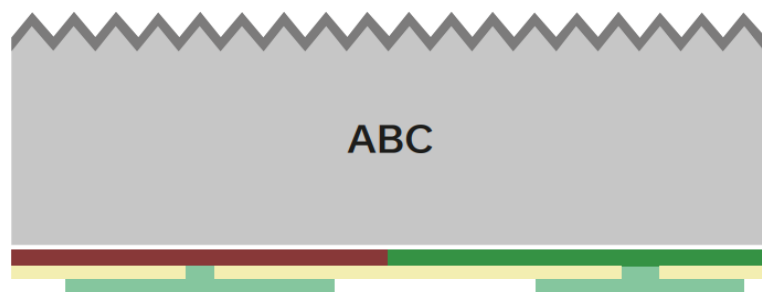
Nejnovější technologie – ABC AIKO

All Back Contact (ABC)



Výsledky zkoušky teploty horkého bodu po 1 hodině stabilního zastínění jednoho článku

Odráživost Ag elektrody v pásmu viditelného světla pro ABC < 0,6 %



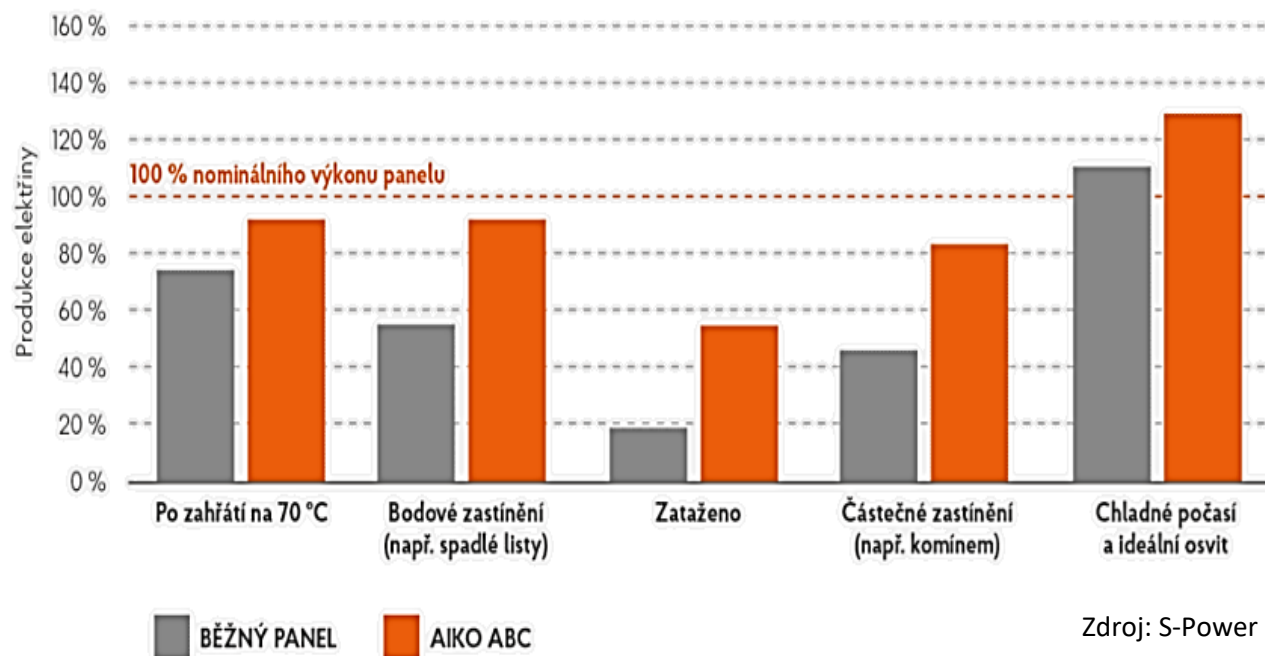
Nejnovější technologie – ABC AIKO

All Back Contact (ABC)

AIKO moduly mají **ověřenou účinnost 23,6 %**. Oproti modulům u jiných výrobců, které mívají účinnost cca 21 %, **jsou tedy o 10 až 15 % účinnější a mohou tedy vyrobit podstatně více energie při stejné ploše.**

Výhodou je rovněž nižší tepelný výkonový koeficient, což **v létě zvyšuje výrobu.**

Větší výkon článku, resp. modulu při zastínění. Důvodem je použití nové technologie článků, které mají v závěrném směru velice nízké napětí, a díky tomu i mnohem **nižší vznik hot-spotů**, díky nižší teplotě při zastínění článku.



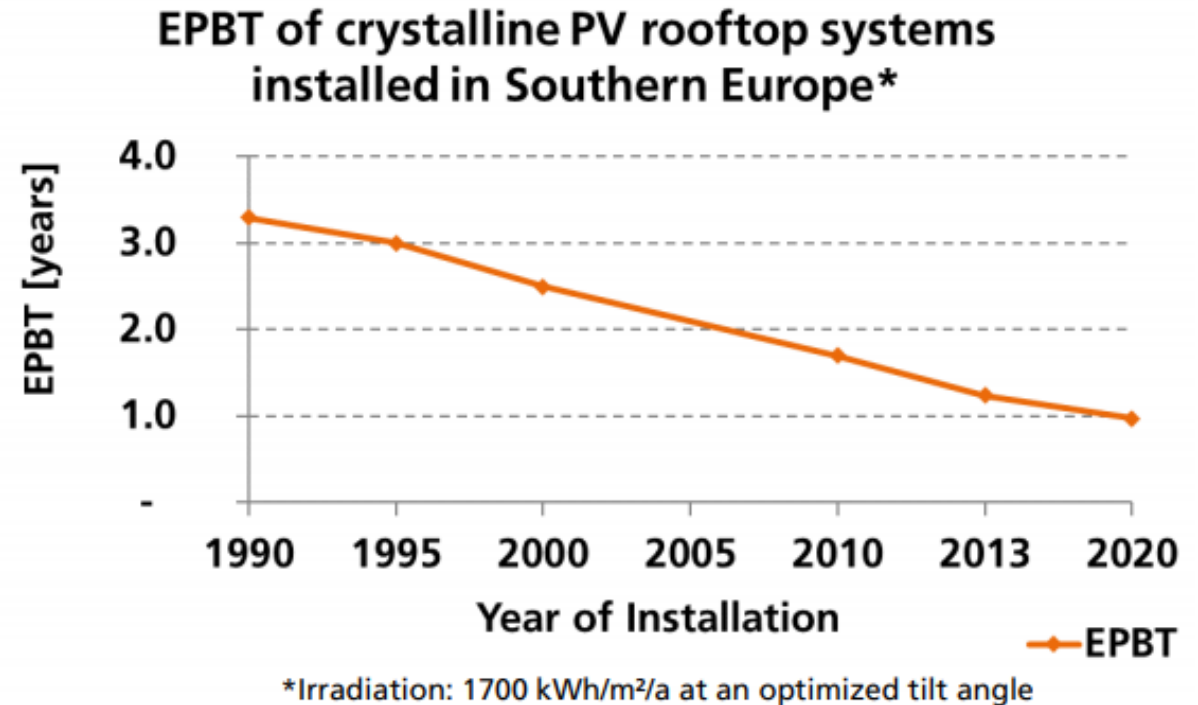
Sledované parametry	TECHNOLOGIE VÝROBY FV PANELU			
	PERC	TOPCON	HJT	ABC
Účinnost	21,5 %	22,5 %	22,5 %	23,6 %
Pokles výkonu po prvním roce provozu	2,0 %	1,5 %	1,0 %	< 1,0 %
Meziroční pokles výkonu	0,5 %	0,4 %	0,4 %	< 0,4 %
Pokles výkonu na každých 10 °C nad 25 °C	3,6 %	3,2 %	2,6 %	2,6 %

Doba energetické návratnosti výroby

Energy Payback Time - EPBT

Krystalické (křemíkové) technologie

- Depending on the technology and location of the PV system, the EPBT today ranges from 0.4 to 1.5 years.
- Rooftop PV systems produce net clean electricity for approx. 97 % of their lifetime, assuming a life span of 30 years or more.

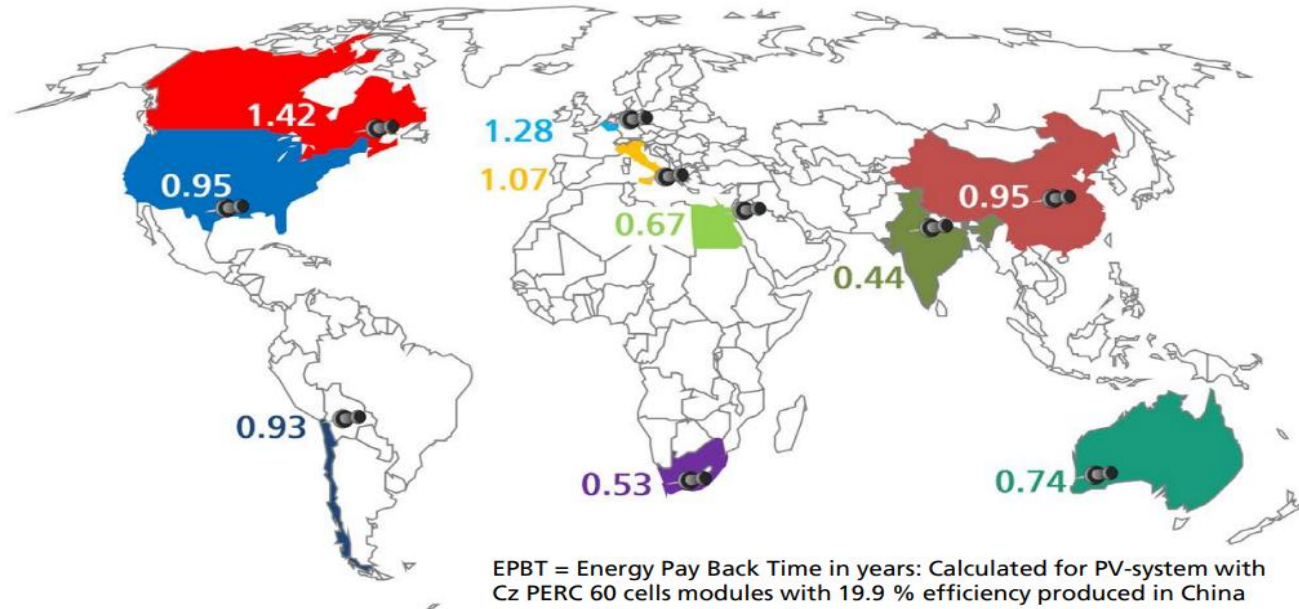


Doba energetické návratnosti výroby

Energy Payback Time - EPBT

Influencing factors and interpretation:

- EPBT: The lower, the better
- Irradiation: The higher, the better
- Grid efficiency: The higher, the better in countries where upstream production is located; (better energy mix to generate electrical power; less losses in the electrical transmission network). At downstream (where PV is installed) a low grid efficiency reduces the EPBT.

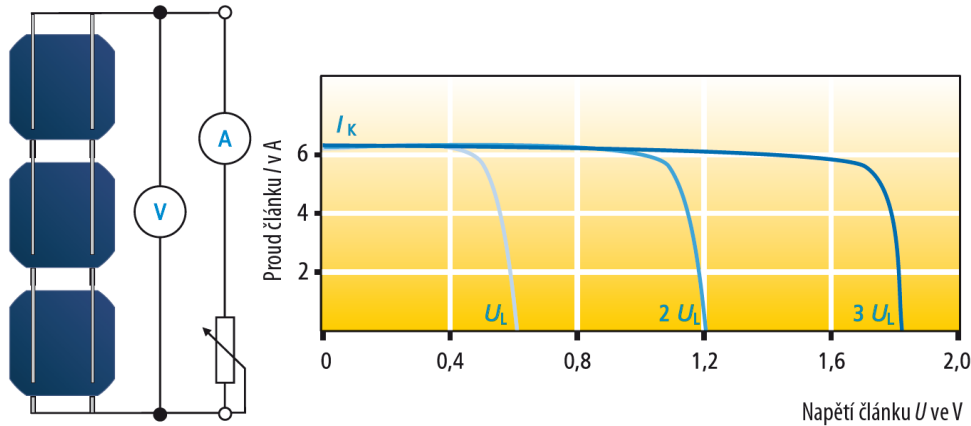


Data: Lorenz Friedrich, Fraunhofer ISE. Graph: PSE 2020

Location	Houston, TX	Arica, Arica y Parinacota	Ottawa	Brussels	Catania, Sicily	Cape Town	Cairo	Jaipur, Rajasthan	Lanzhou, Gansu	Perth, Western Australia
Country	USA	Chile	Canada	Belgium	Italy	South Africa	Egypt	India	China	Australia
Grid	US American	Canadian	Canadian					Indian	Chinese	
EPBT EU (a)	0.86	0.86	1.28	1.15	0.97	0.48	0.61	0.40	0.89	0.69
EPBT CN (a)	0.95	0.93	1.46	1.26	1.05	0.52	0.66	0.44	0.94	0.74
Irradiation	1913	2279	1566	1249	2048	2163	2416	2242	1799	2166
Grid Efficiency	9.2%	11.0%	11.9%	8.5%	11.2%	6.1%	8.2%	4.9%	8.9%	8.4%

Data: Lorenz Friedrich, Fraunhofer ISE. Design: PSE 2020

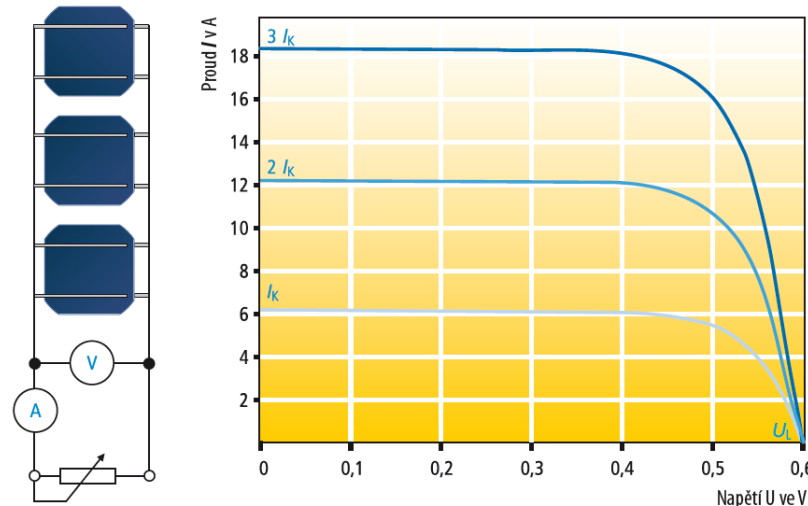
Sériové a paralelní zapojení modulů



Sériové zapojení

$$U_{\text{celkové}} = U_1 + U_2 + U_3 + \dots + U_n$$

$$I_{\text{celkový}} = I_1 = I_2 = I_3 = I_n = \text{konstantní}$$

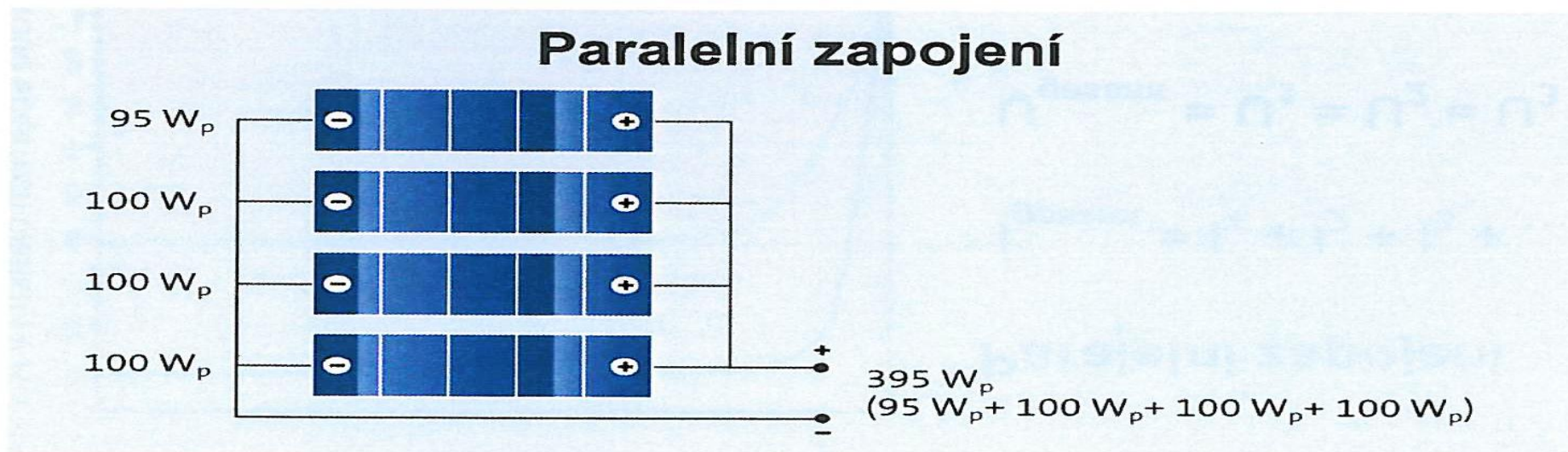
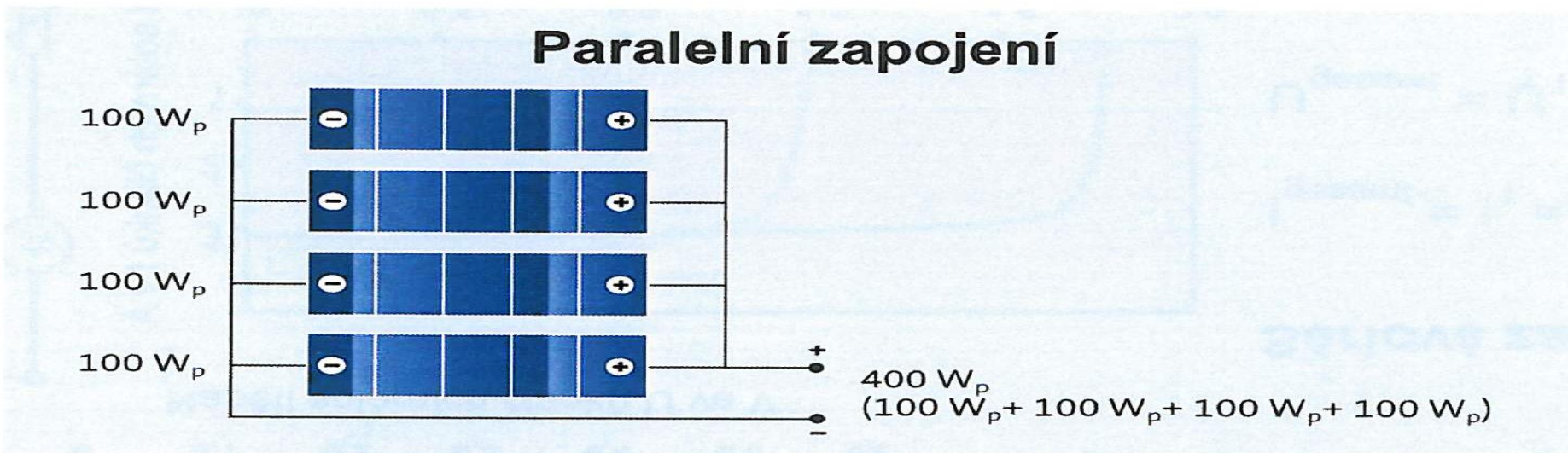


Paralelní zapojení

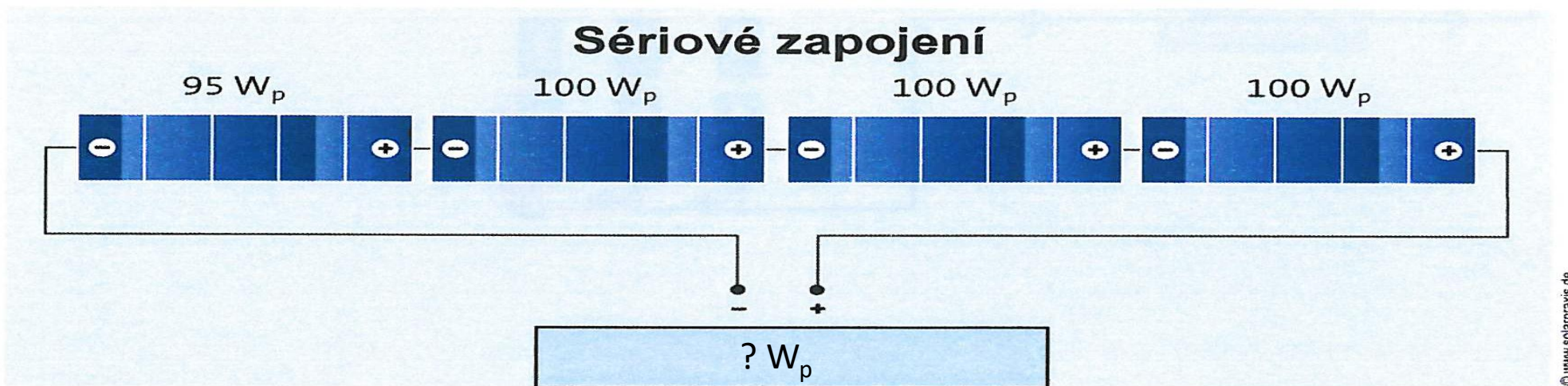
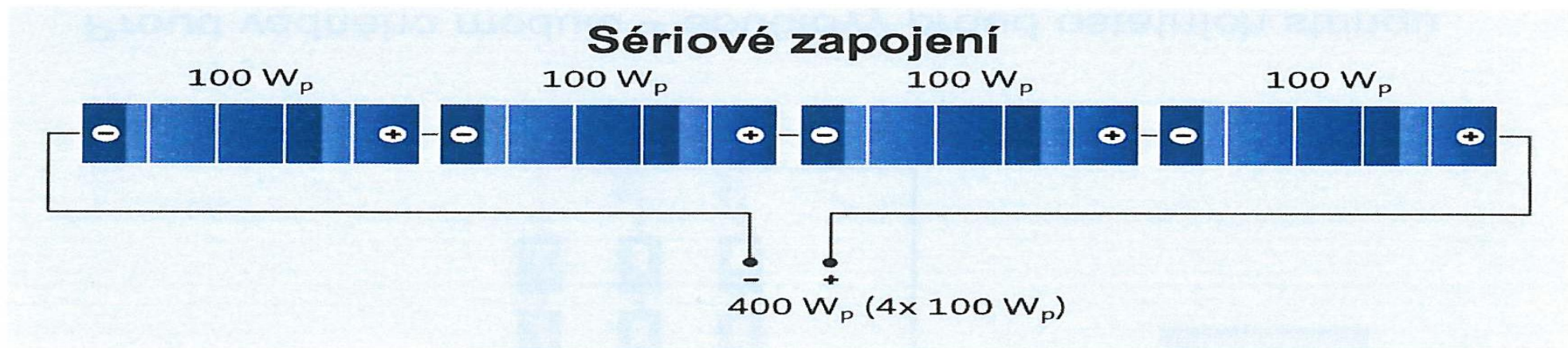
$$U_{\text{celkové}} = U_1 = U_2 = U_3 = U_n = \text{konstantní}$$

$$I_{\text{celkový}} = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

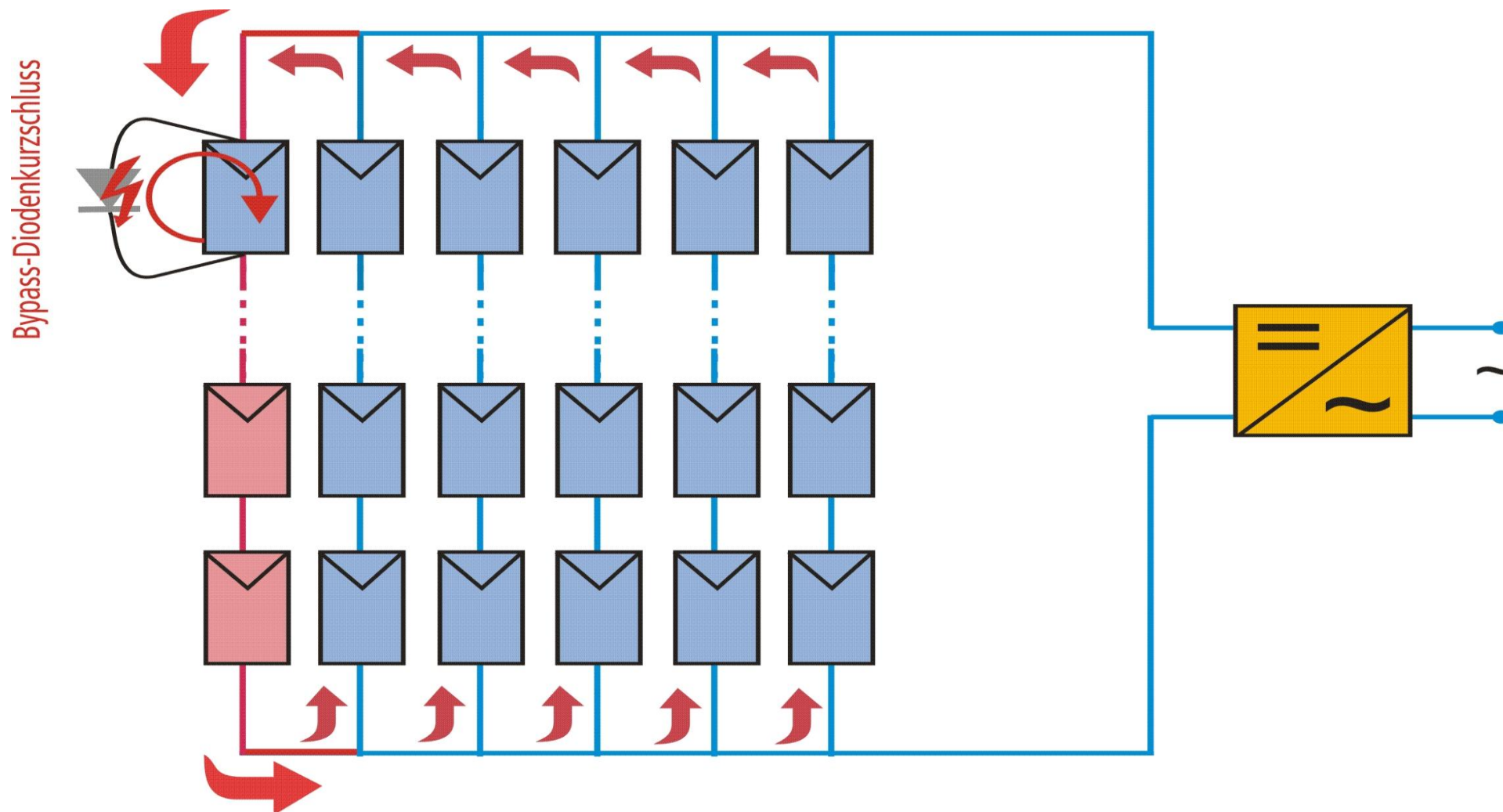
Paralelní zapojení modulů



Sériové zapojení modulů

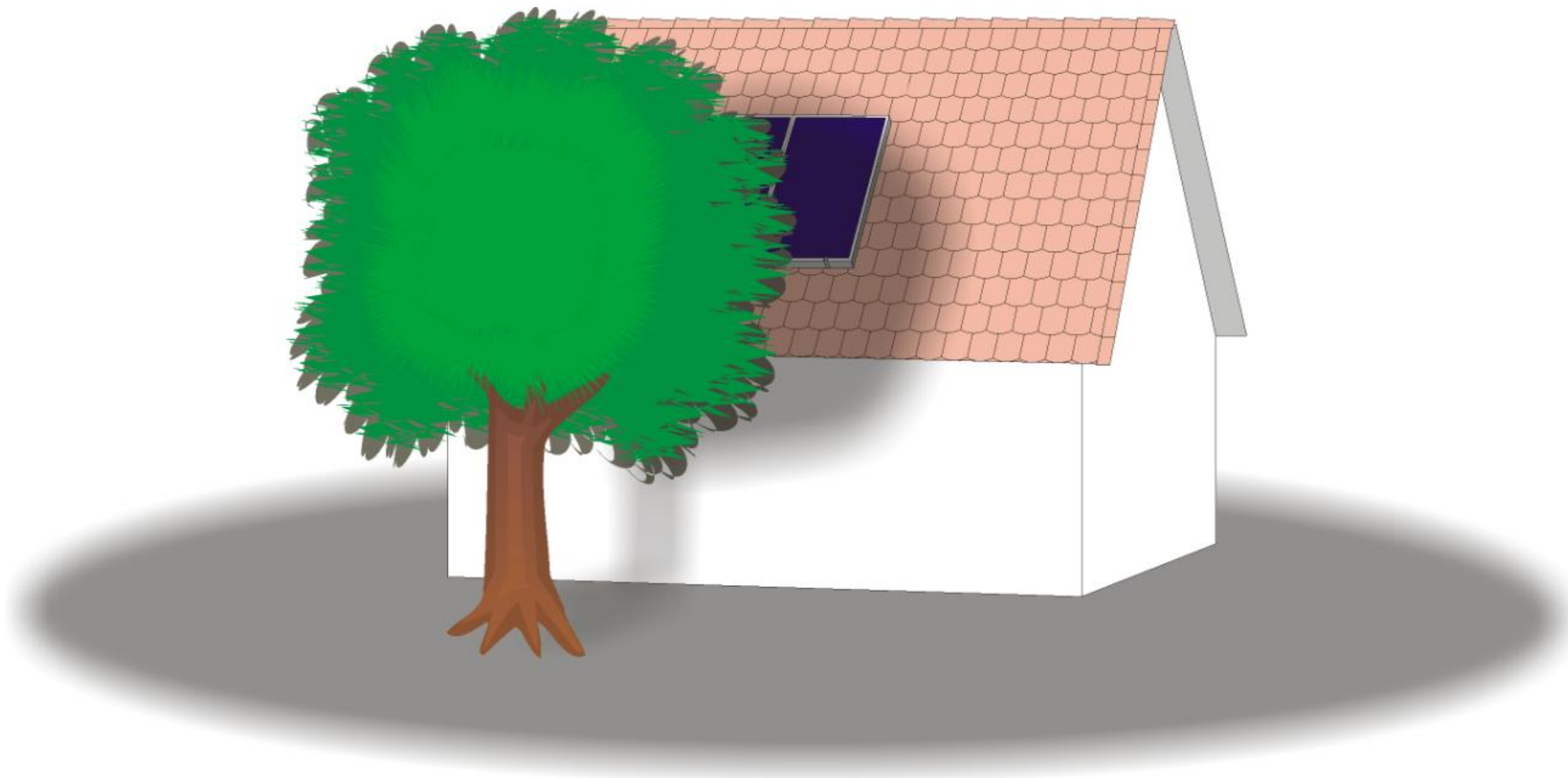


Zpětný proud FV modulů

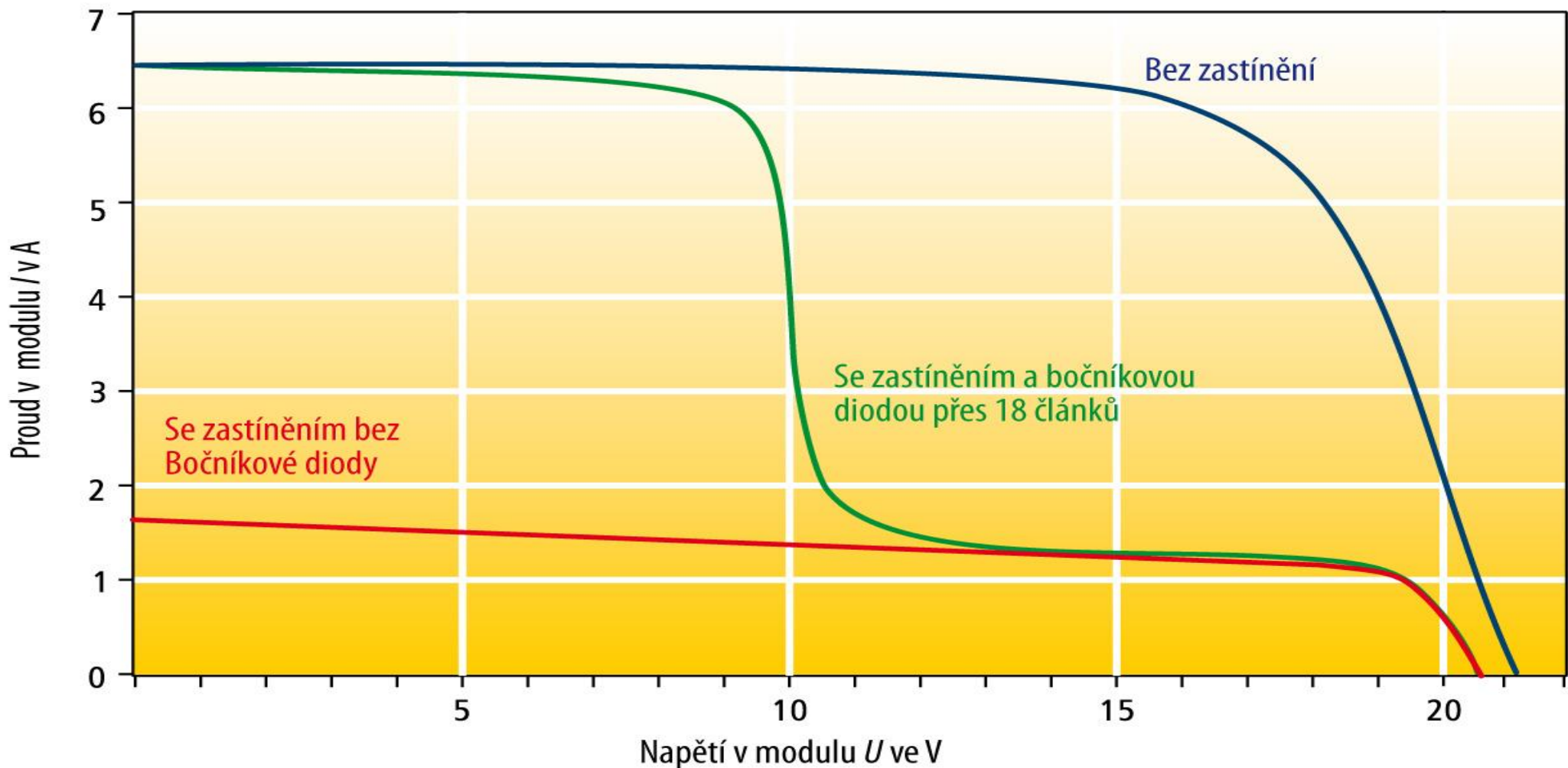


Proud vadného modulu = součtový proud ostatních stringů

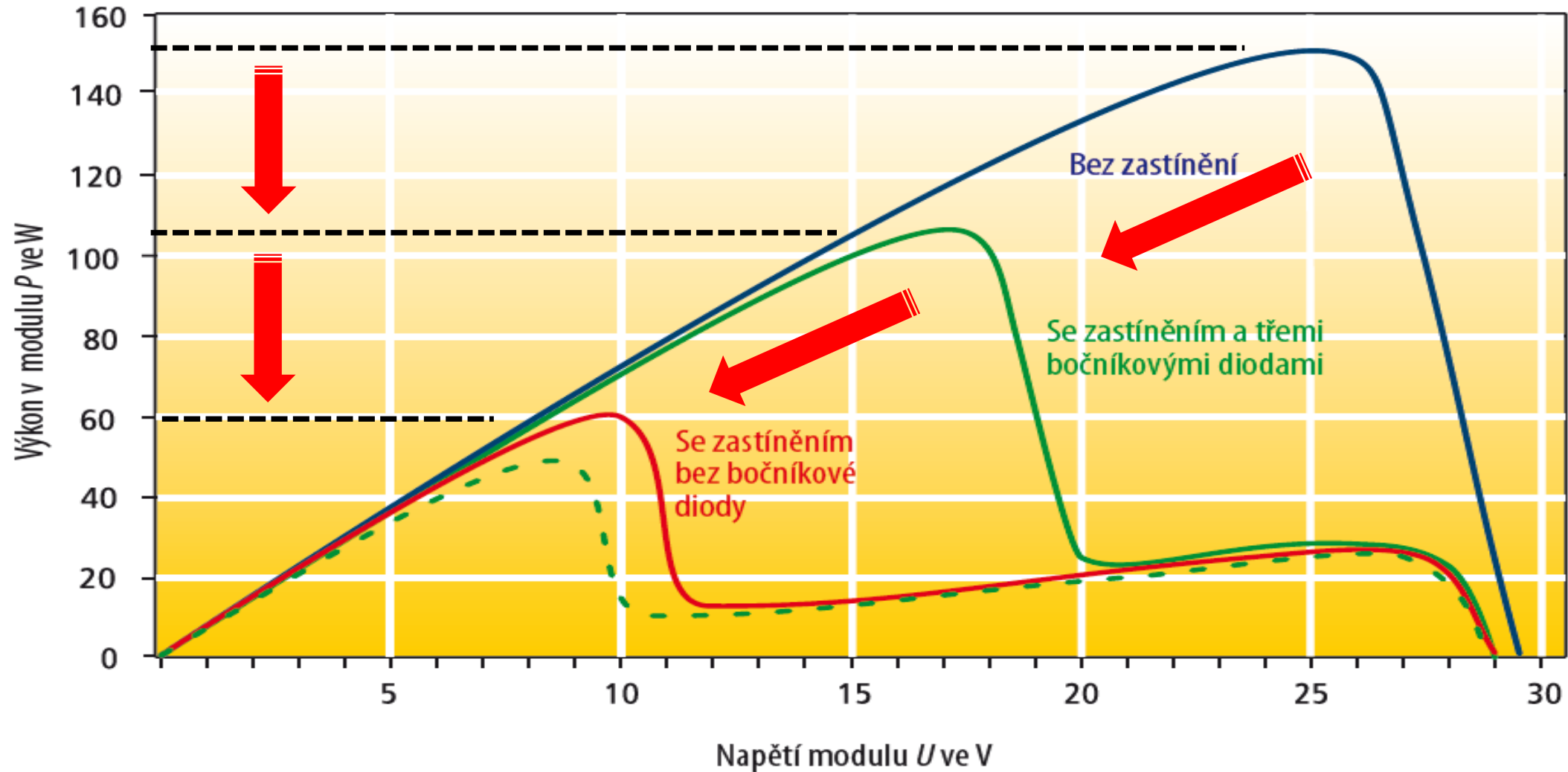
Částečné stínění



Částečné zastínění a jeho voltampérová charakteristika



Částečné zastínění a jeho výkonová charakteristika



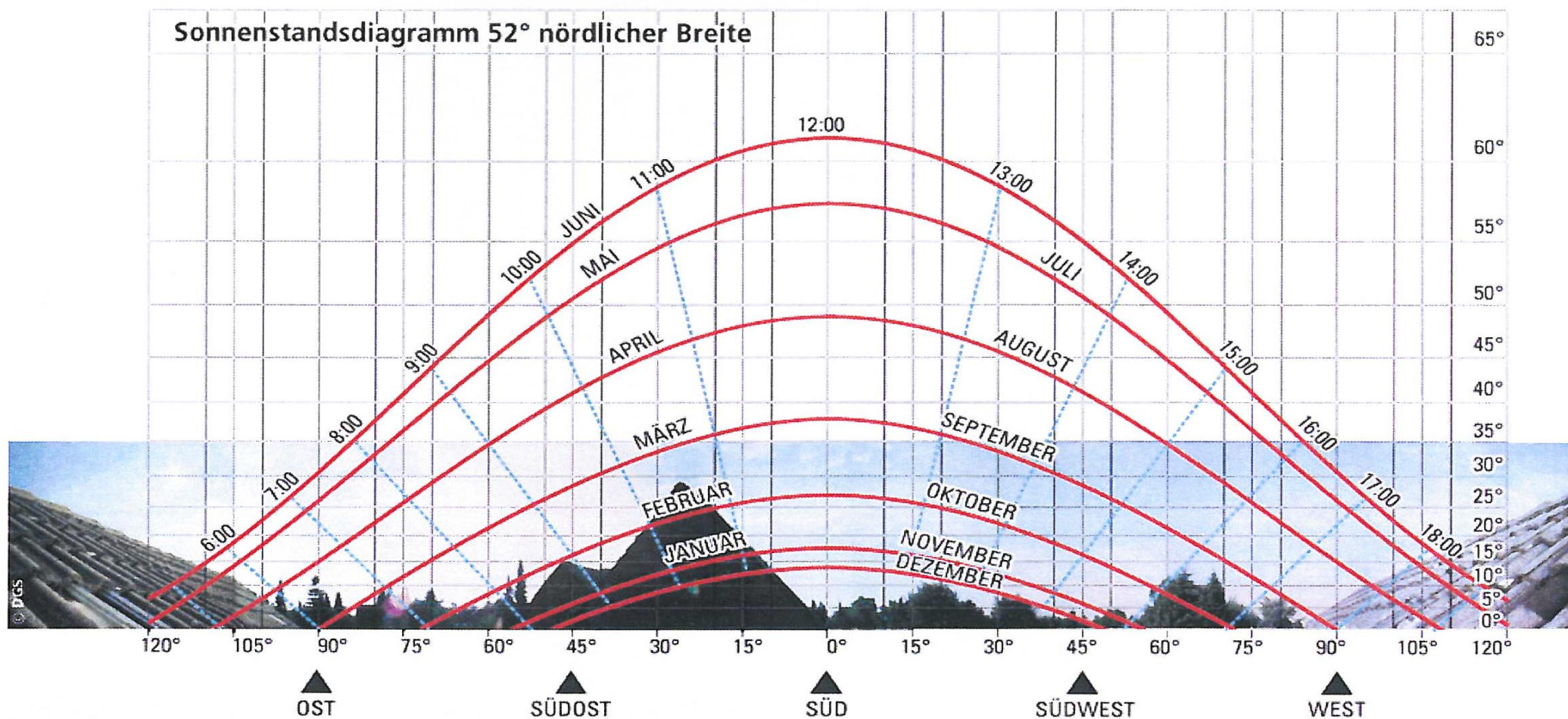
Pohyb stínů během dne

Jak na ně? Vadí – nevadí?

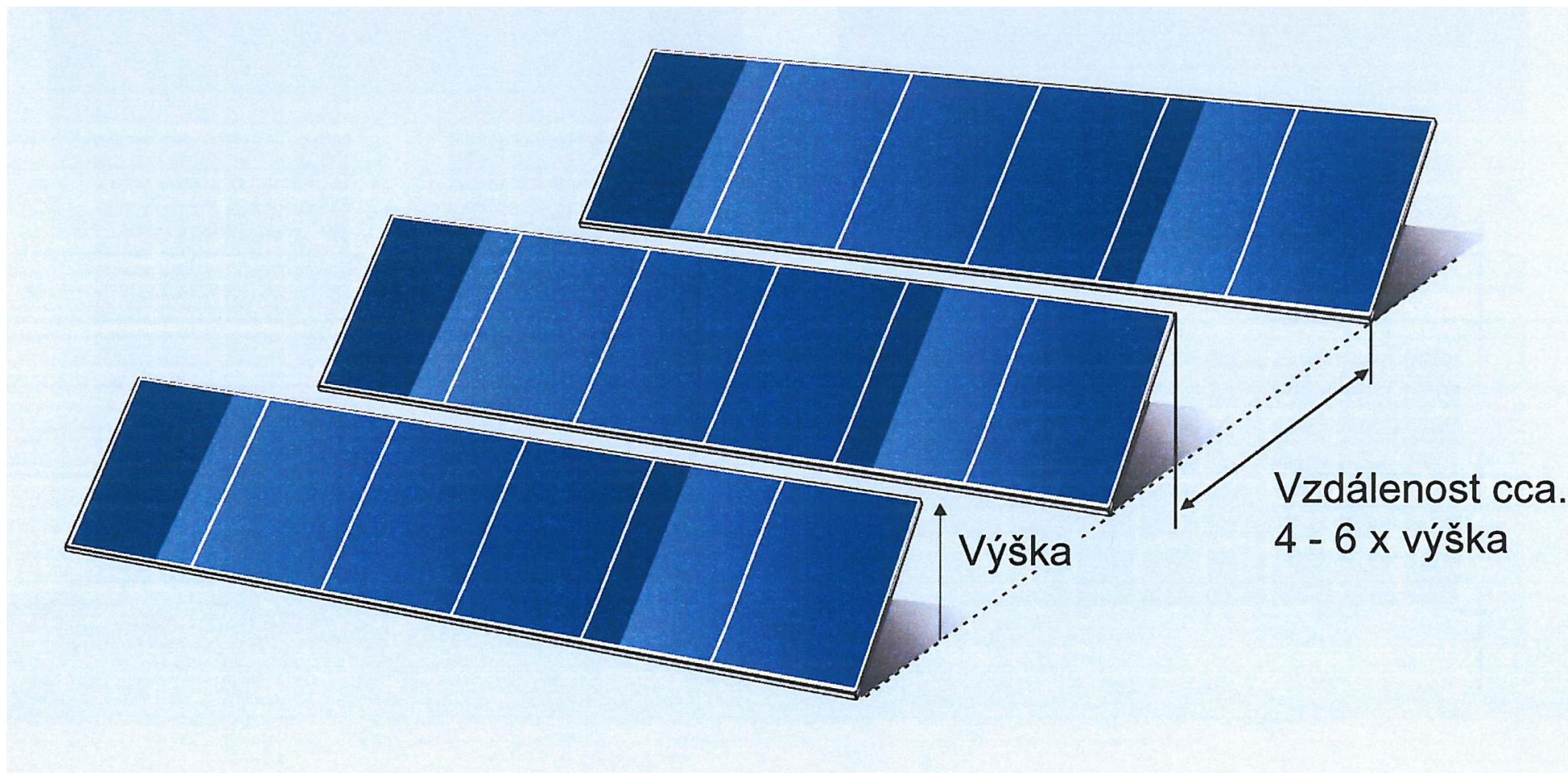


© www.solarpraxis.de / Dürschner

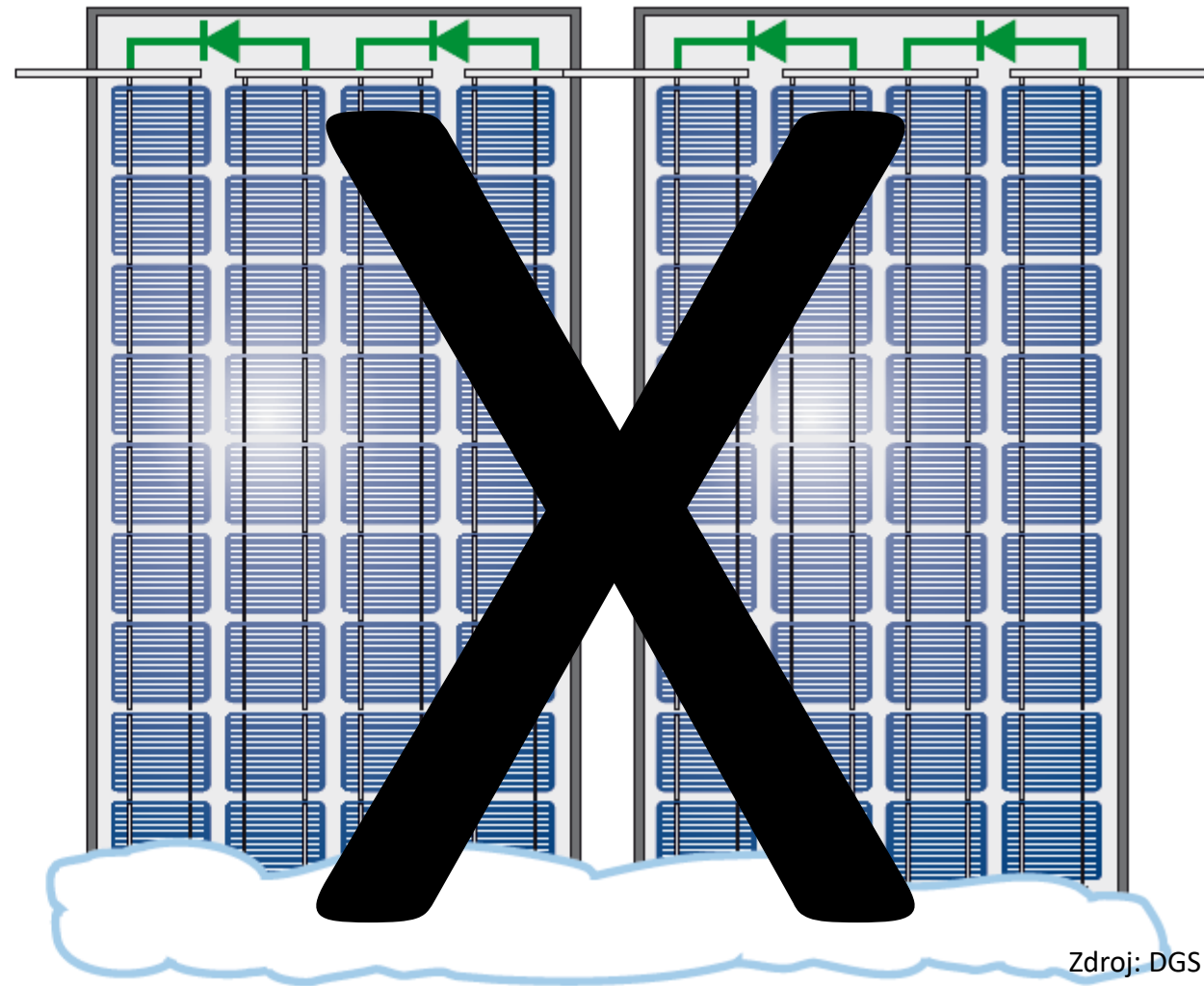
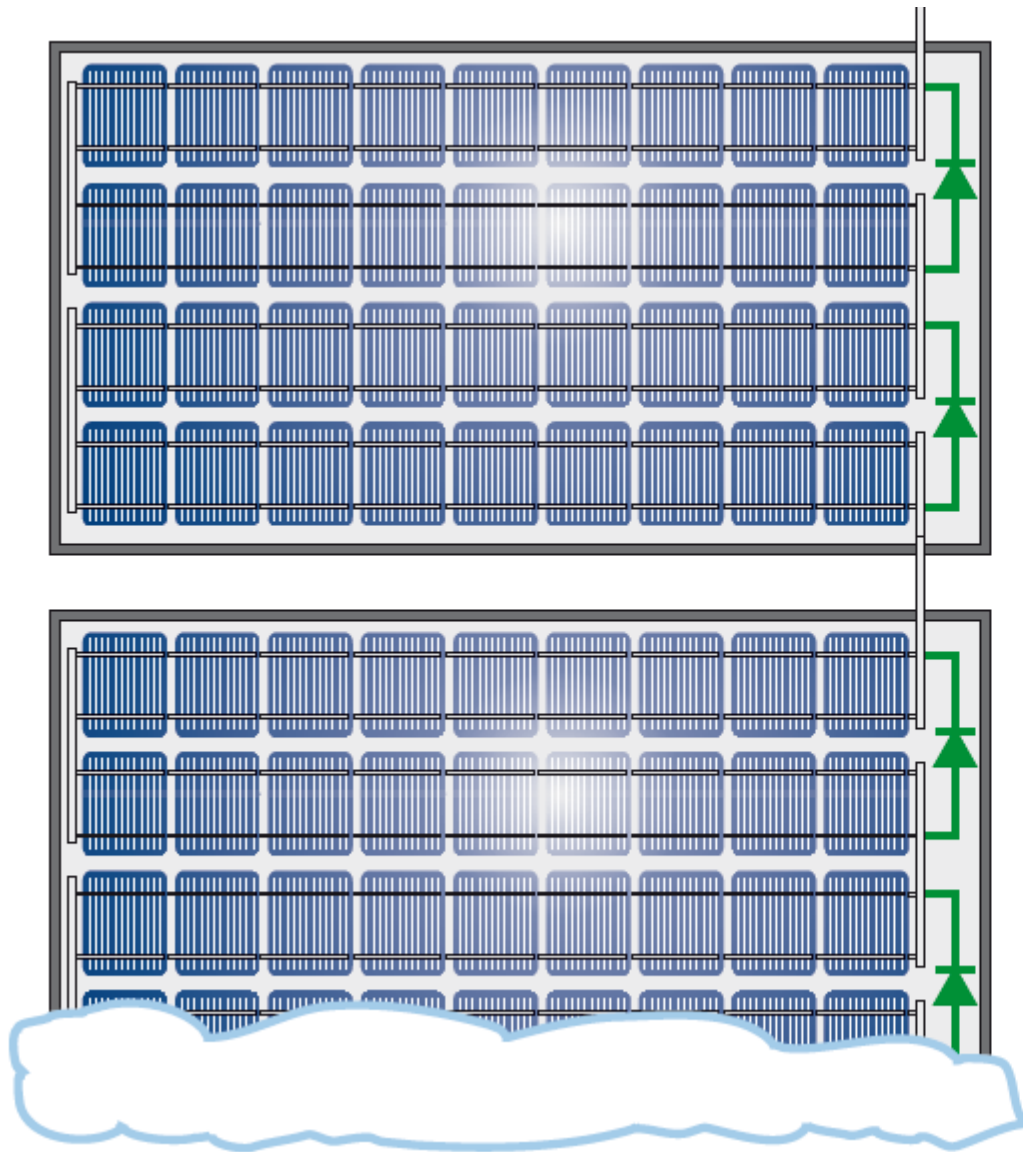
Panoramatické měření s diagramem polohy Slunce



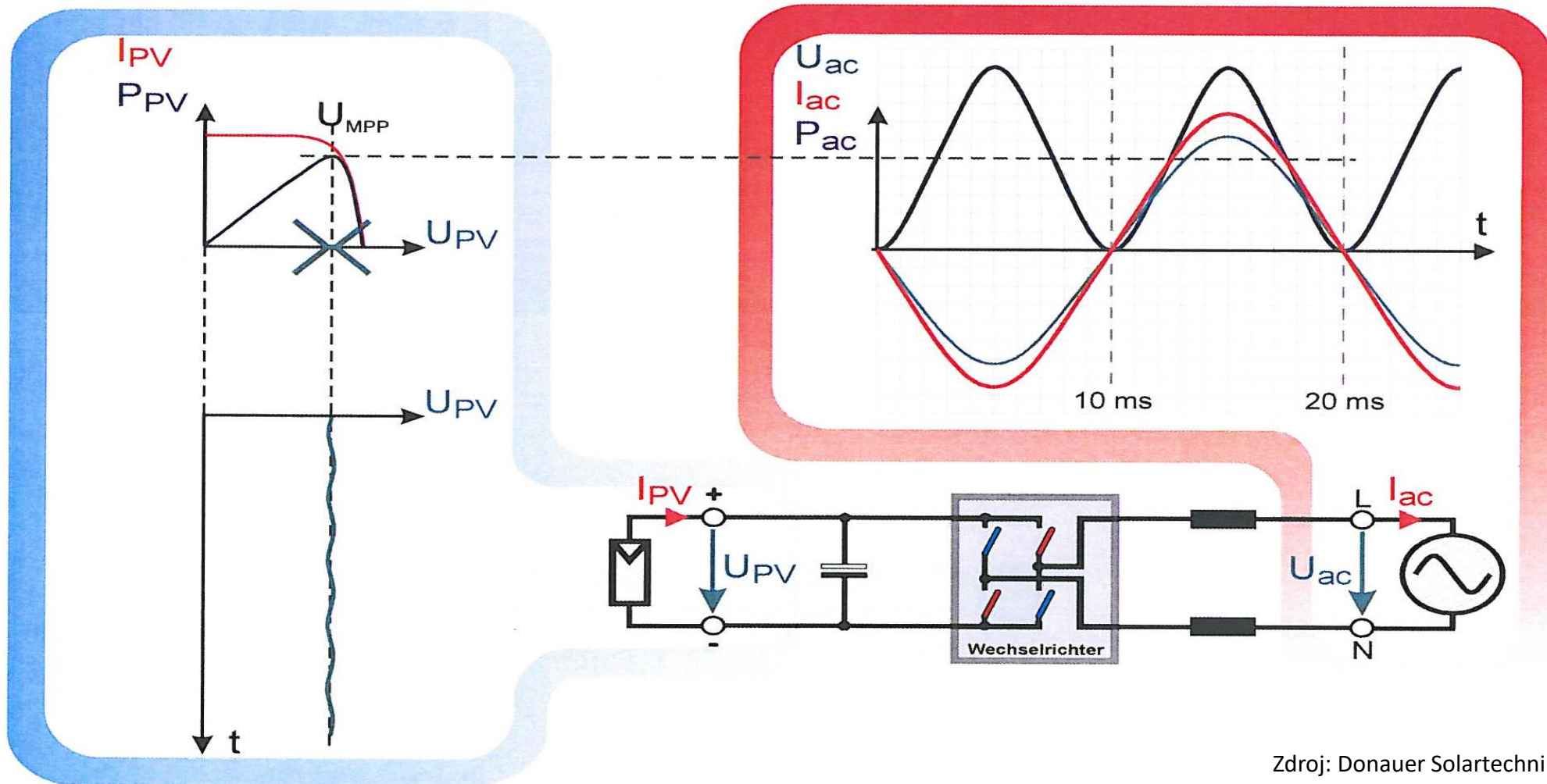
Vzdálenost řad modulů při instalaci na plochých střechách



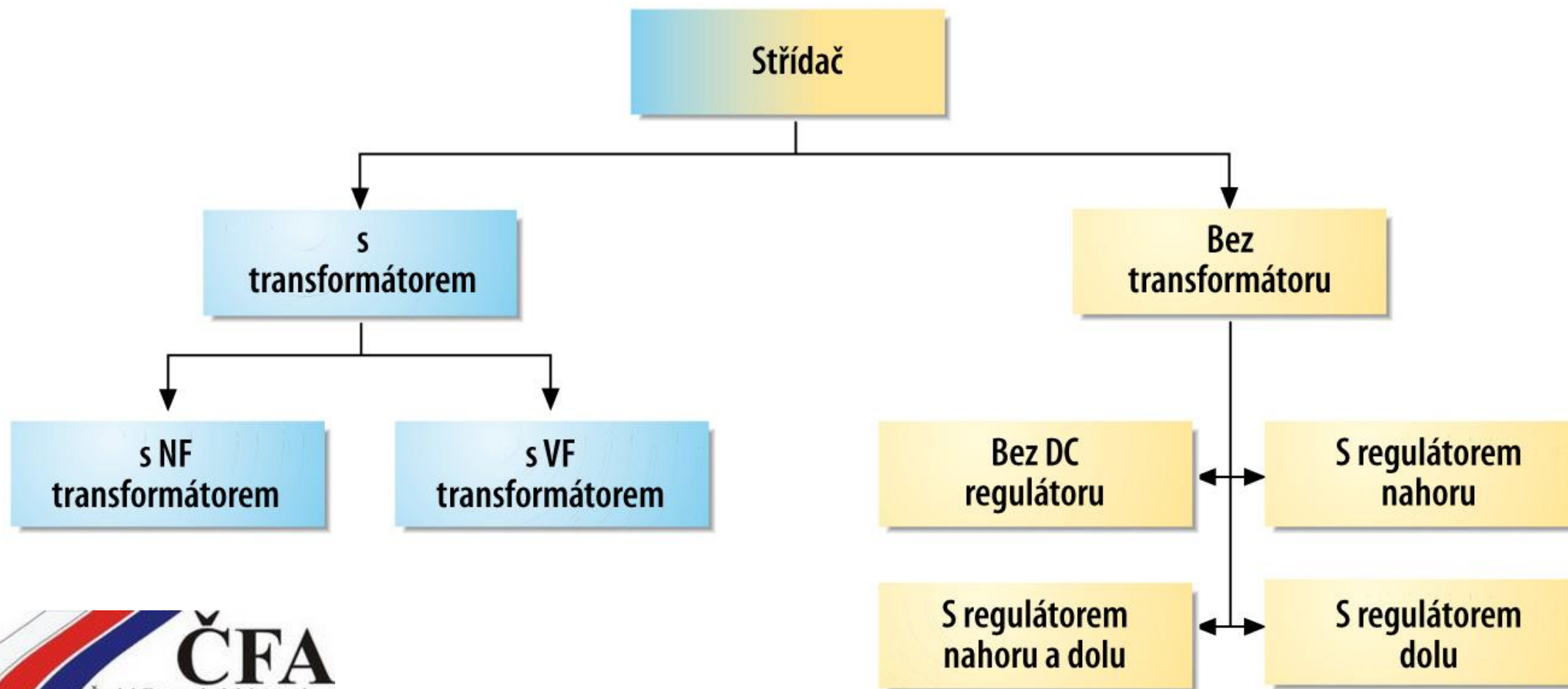
Částečné zastínění



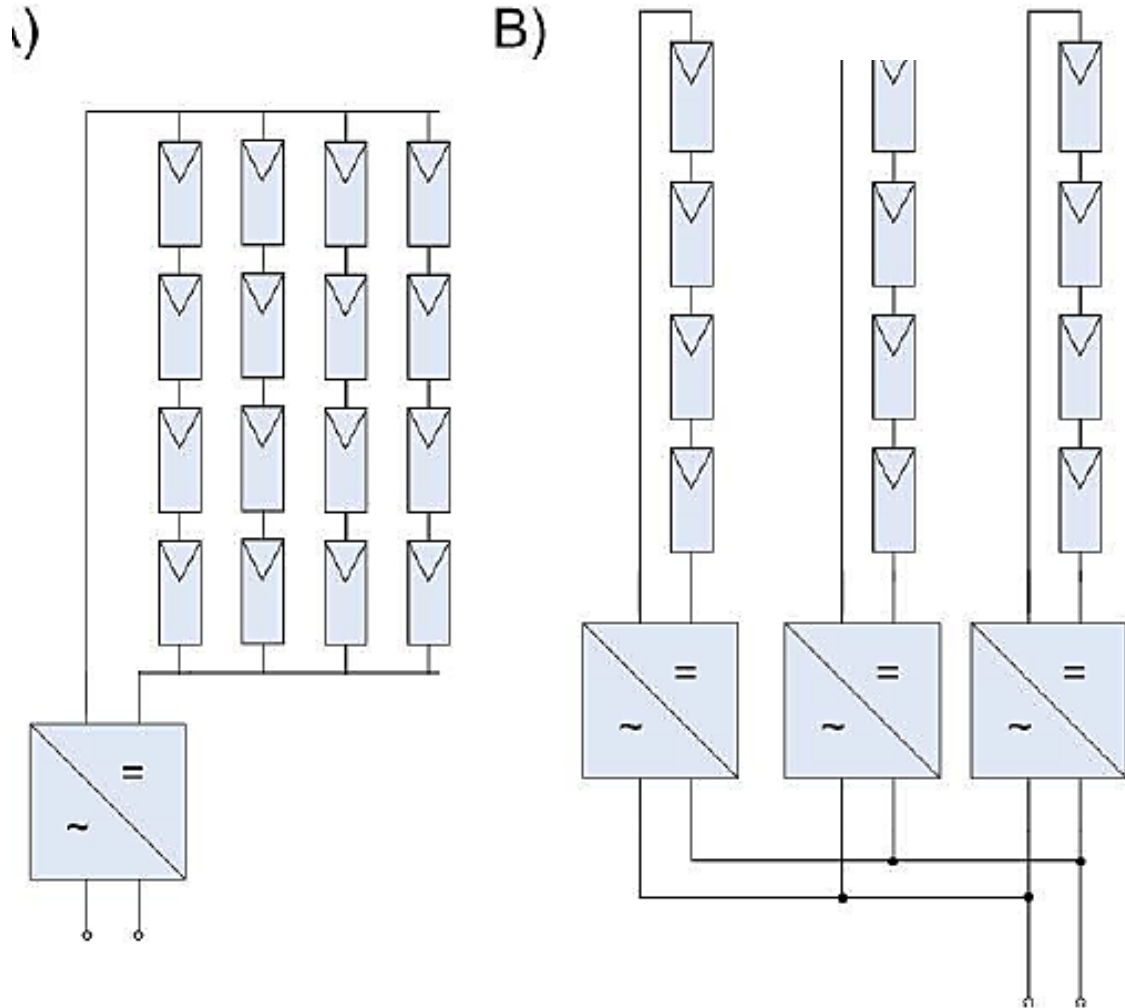
Základní funkce střídače



Druhy střídačů podle technologie

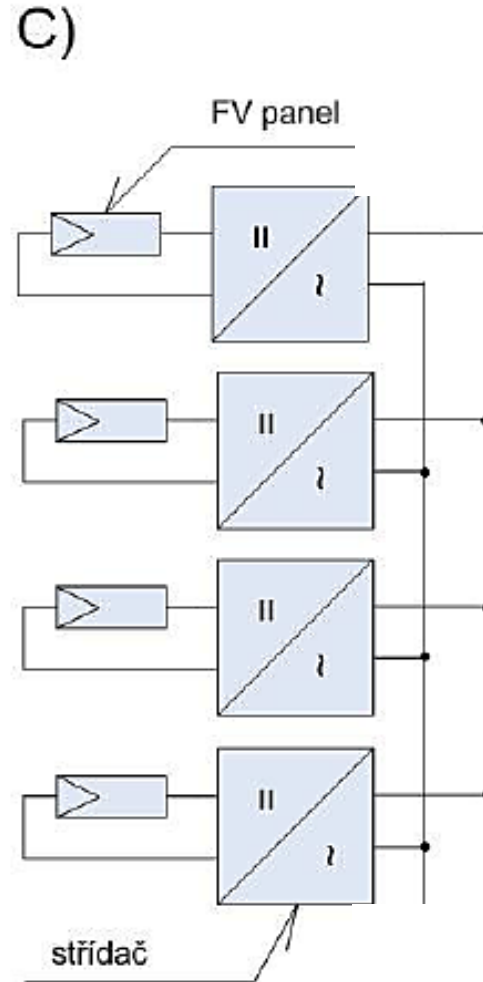


Druhy střídačů podle výkonu

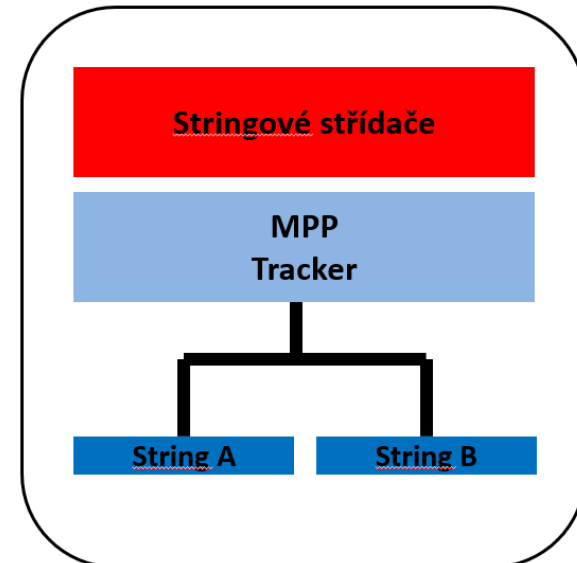
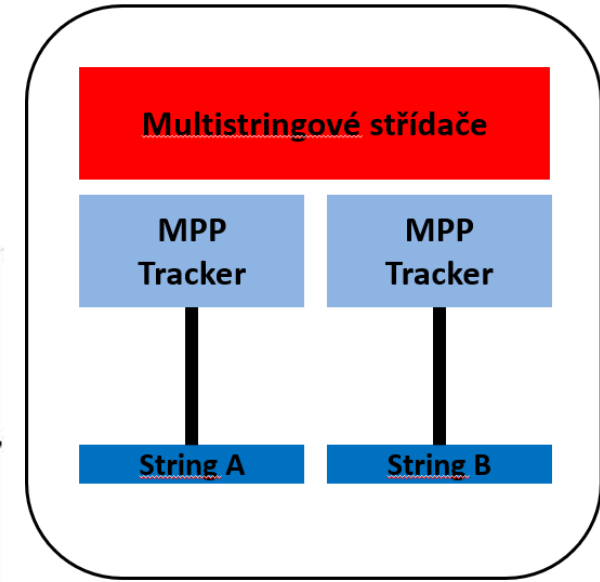


Centrální střídač

Stringové střídače



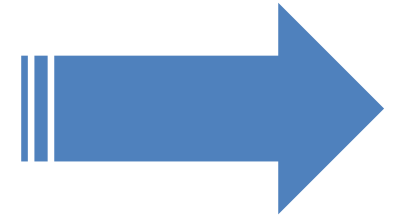
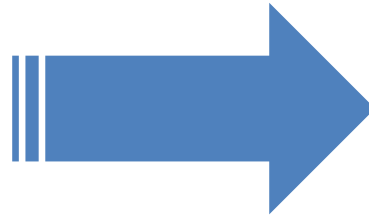
Modulové střídače



Dimenzování střídače

Výkon generátoru

$P_{DC\ gen}$ [Watt, W_p]



Výkon DC

P_{DC} [Watt, W]

Max. výkon DC

$P_{DC\ max}$ [Watt, W]

Maximální

účinnost [%]

Evropský stupeň

účinnosti [%]

Výkon AC

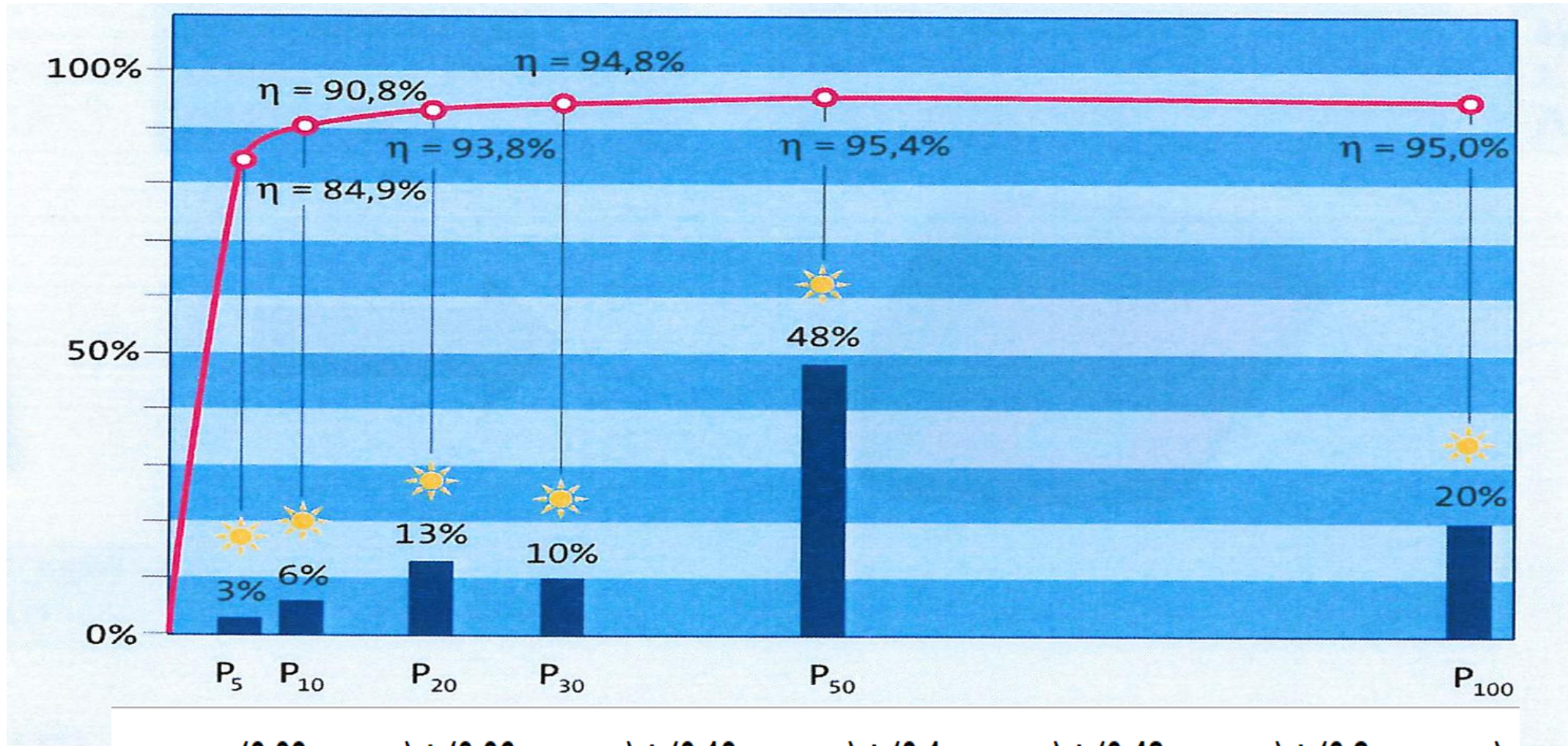
P_{AC} [Watt, W]

Max. výkon AC

$P_{AC\ max}$ [Watt, W]

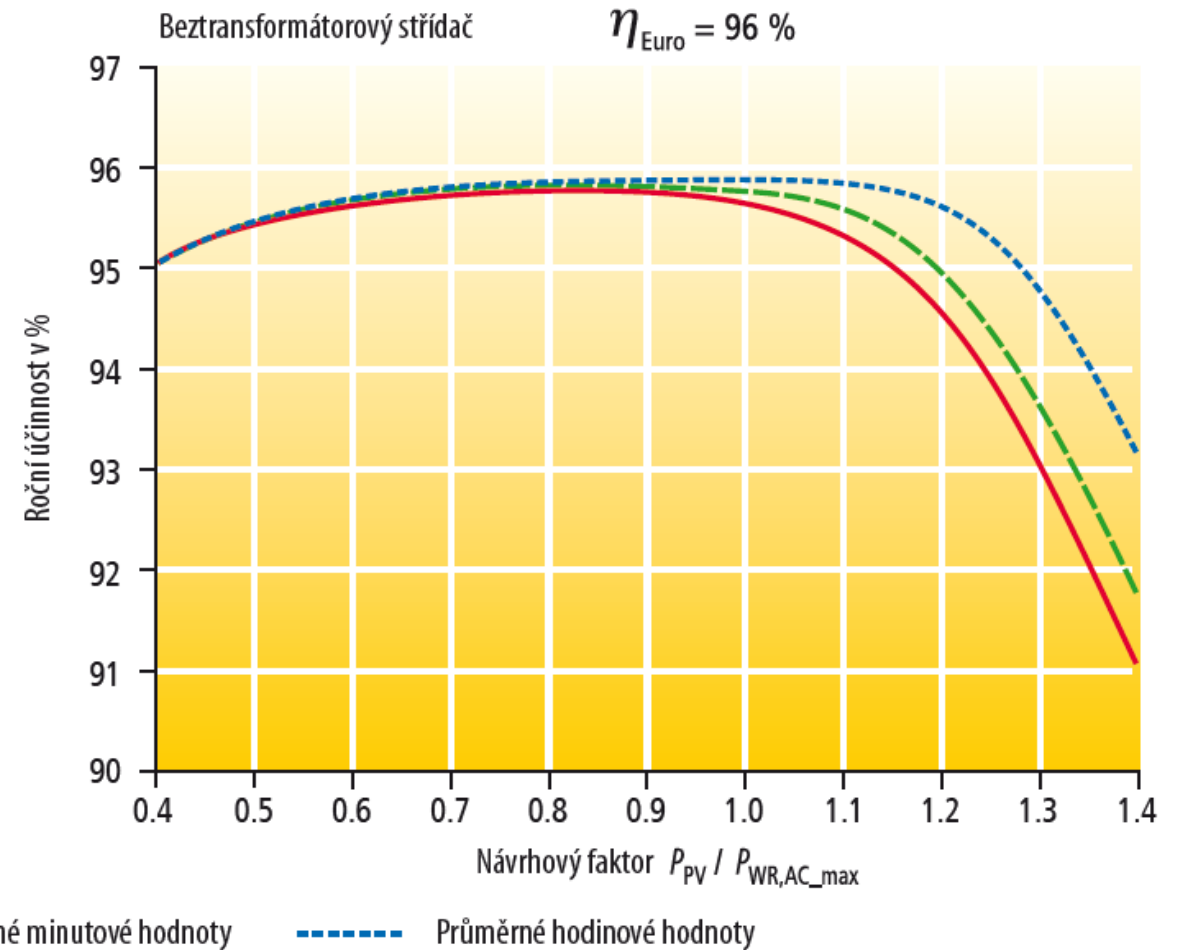
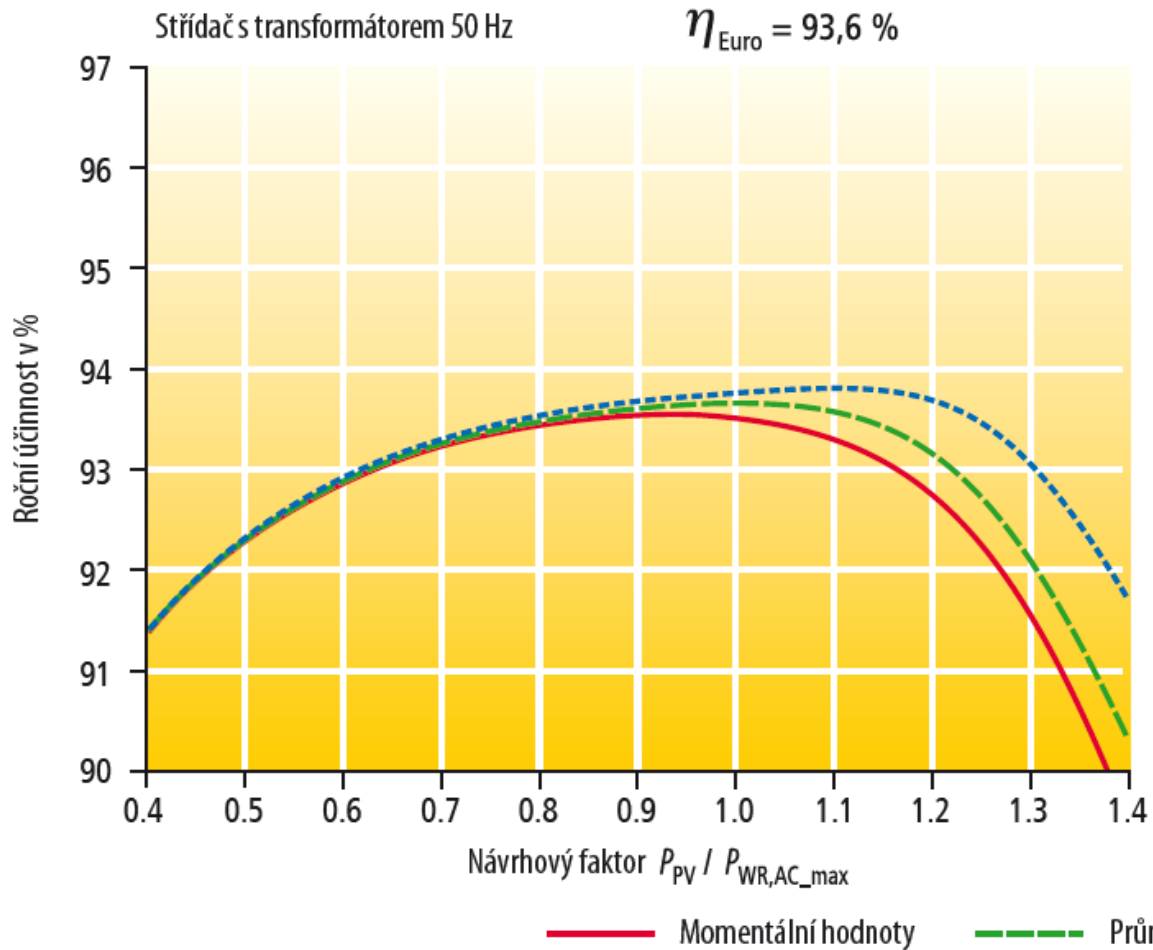
Stupeň účinnosti střídače

EURO účinnost střídače



$$\eta_{\text{euro}} = (0,03 \eta_{5\%P_n}) + (0,06 \eta_{10\%P_n}) + (0,13 \eta_{20\%P_n}) + (0,1 \eta_{30\%P_n}) + (0,48 \eta_{50\%P_n}) + (0,2 \eta_{100\%P_n})$$

Účinnost střídače v závislosti na návrhovém faktoru



Střídač s transformátorem

Princip

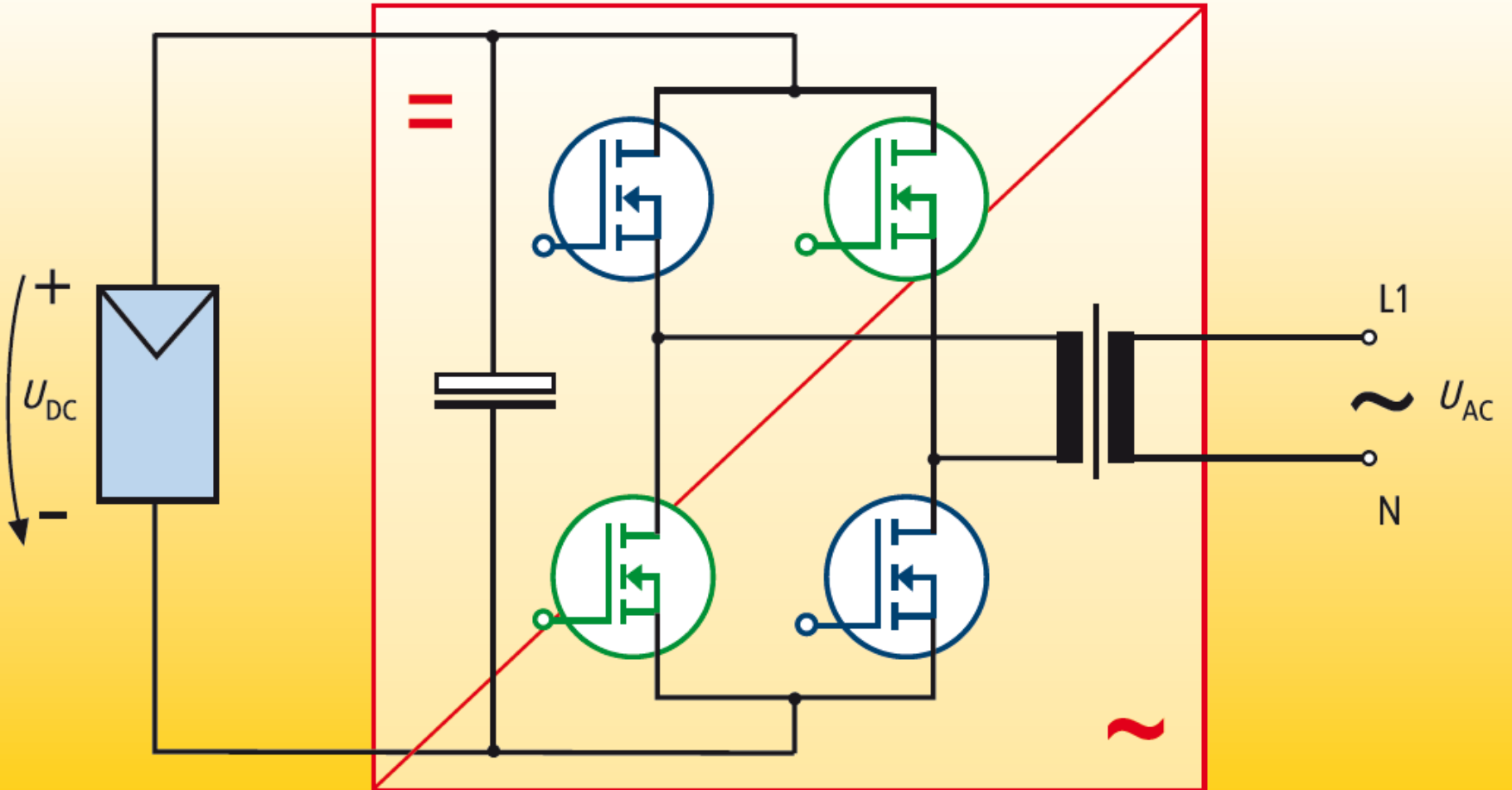
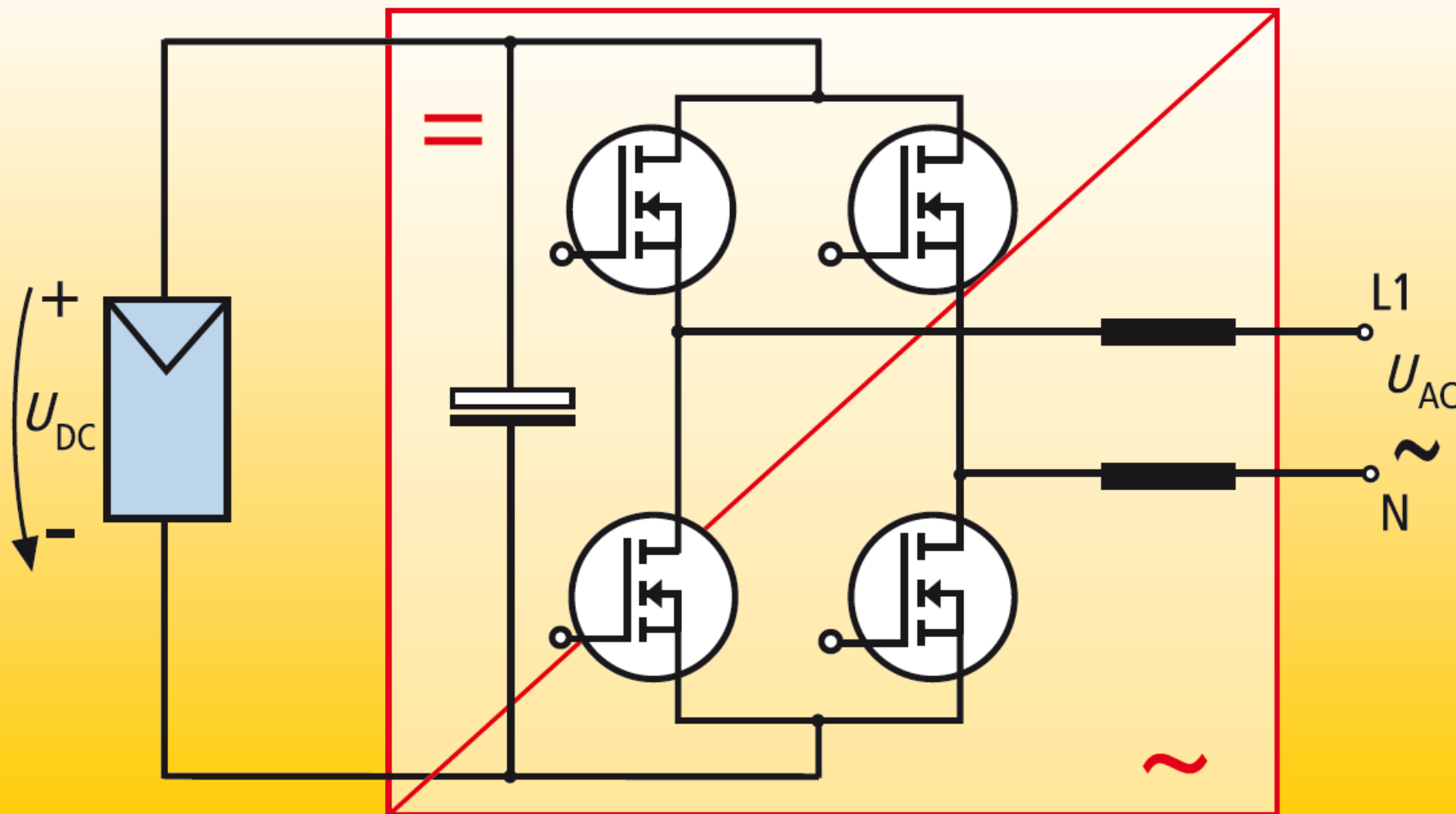


Schéma střídače bez transformátoru



VÝHODY

- Velmi lehký, kompaktní střídač
- Vysoká účinnost

NEVÝHODY

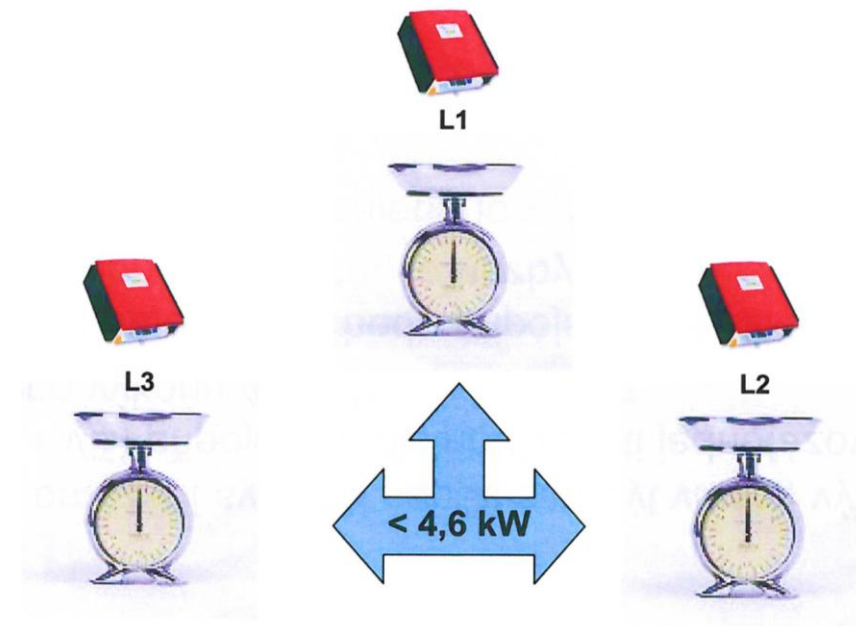
- Velký vložený kondenzátor

Upozornění - jednofázové připojení

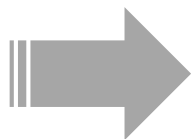
3,7 kW (z výpočtu $230 \times 16 = 3\,680 \text{ W}$)

Z důvodu omezení symetrií napětí smí být vlastní výrobní zařízení (FVE) připojena k distribuční síti jednofázově pouze do jmenovitého výkonu 4,6 kW.

Pokud je k připojovacímu bodu připojeno několik jednofázových vlastních výrobních zařízení, je nezbytné pokusit se zajistit rovnoměrné rozdělení napájeného výkonu na tři vnější vodiče.



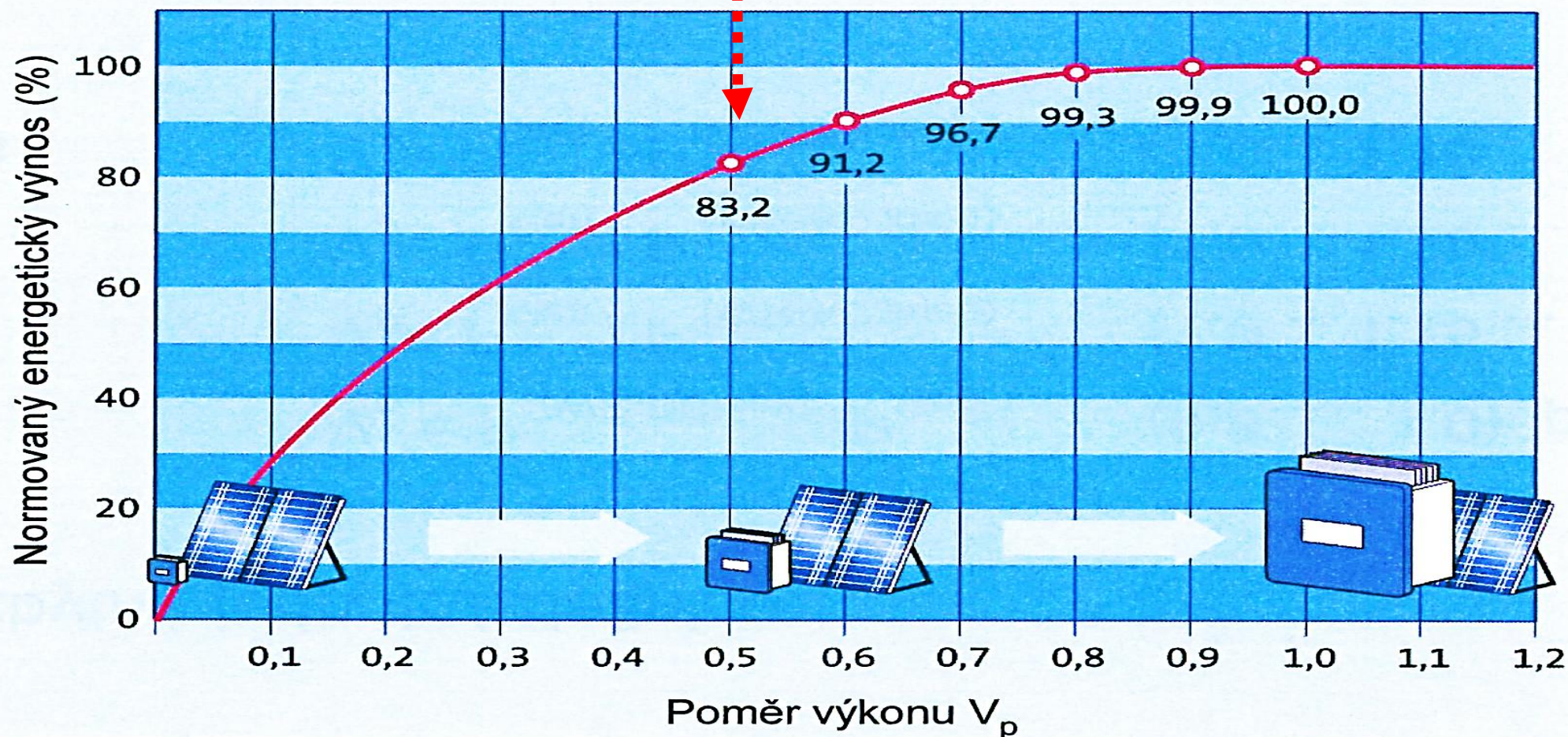
U fotočládkových zařízení připojovaných do sítí NN je omezen výkon při jednofázovém připojení v jednom přípojném bodě na 3,7 kVA/fázi, nesymetrie u fázových vodičů nesmí za normálního provozního stavu překročit 3,7 kVA.



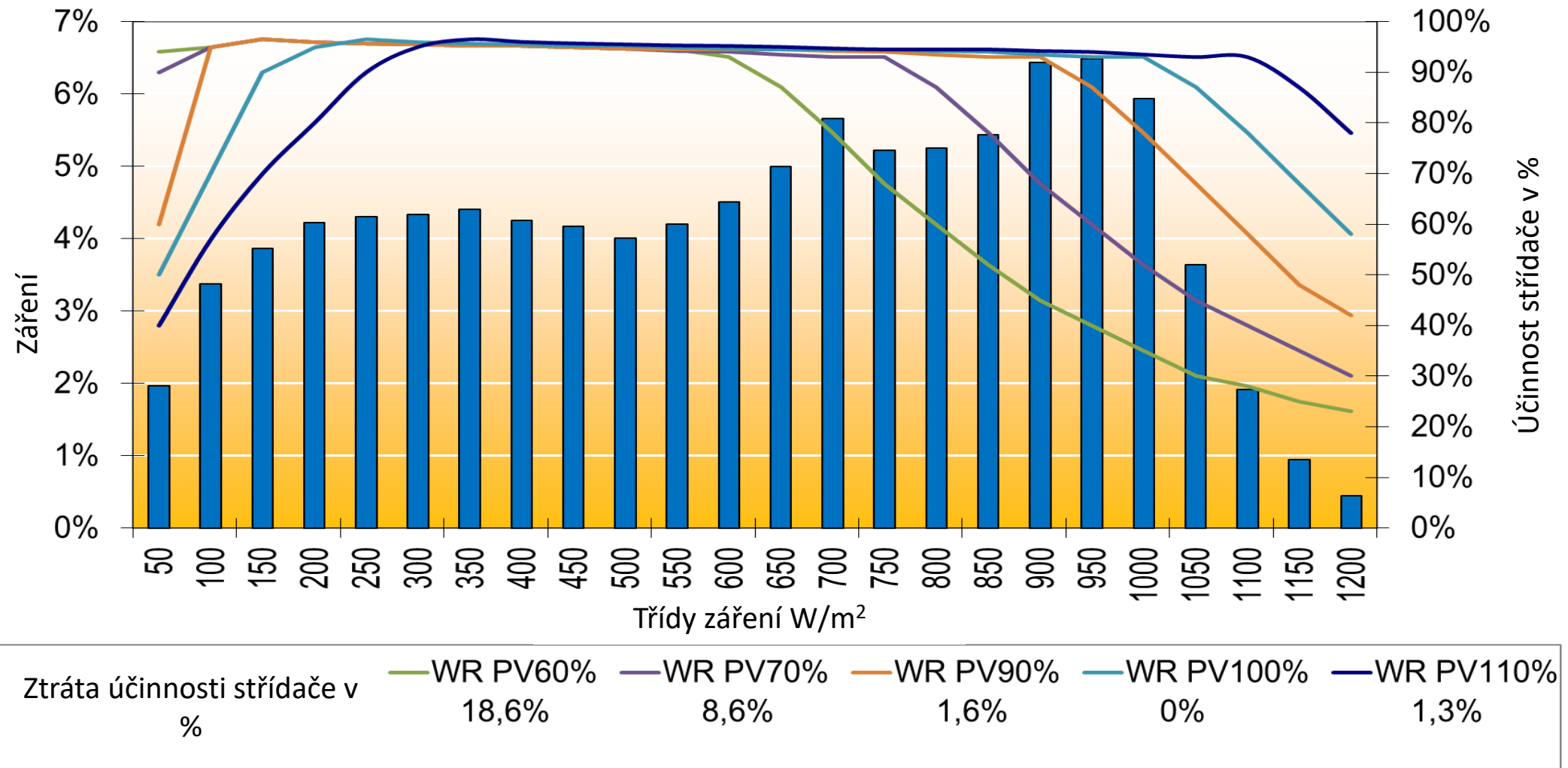
Při překročení výkonu $> 3,7 \text{ kW}$ je nutné aplikovat dvoufázový nebo třífázový střídač, nebo alternativně více jednofázových střídačů, každý připojený do jiné fáze

Správné dimenzování střídače ovlivňuje výnosnost systému

Při dimenzování 50 % => **17% ztráta výnosu**



Správné dimenzování střídače ovlivňuje výnosnost systému

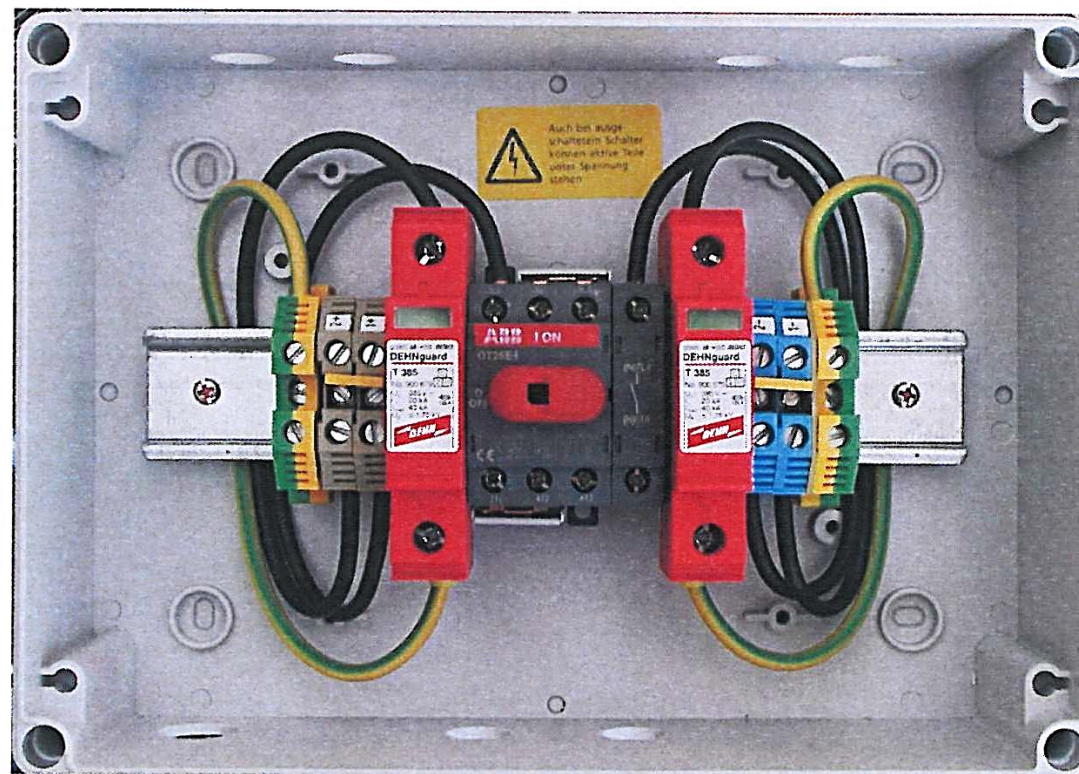
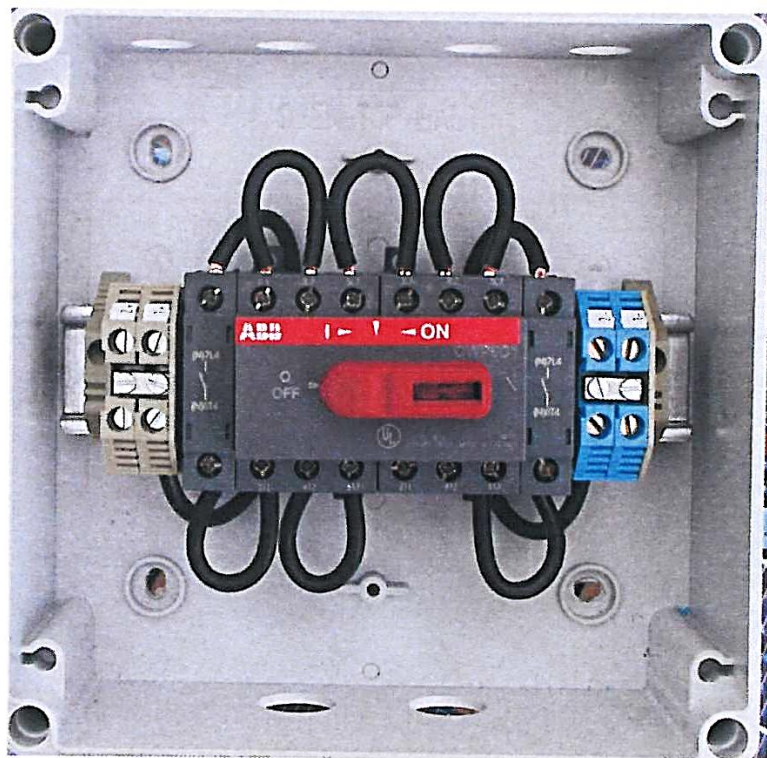


Odpojení FV stringů externím mechanickým odpojovačem



- využívalo se dříve, než byl vytvořen odpojovač ve střídači - jako standard
- dnes, z důvodu změny požárních pravidel a projektovacích předpisů, se k externím odpojovačům vracíme

Odpojovač DC bez a s přepětovou ochranou



- nejčastější případ provedení DC rozvaděče : DC jistič + přepětová ochrana

Konektory, konektorové spojky



Vlastnosti MC typ 4:

- Rozsah teplot: -40 °C až +90 °C
- Systémové napětí: Až 1000 V
- Dimenzovaný proud DC: Až 30 A
- Zesílená izolace, třída ochrany II
- Krytí IP67 po zapojení
- Ochrana proti dotyku v nezapojeném stavu
- Odolnost proti záření UV a povětrnostním vlivům

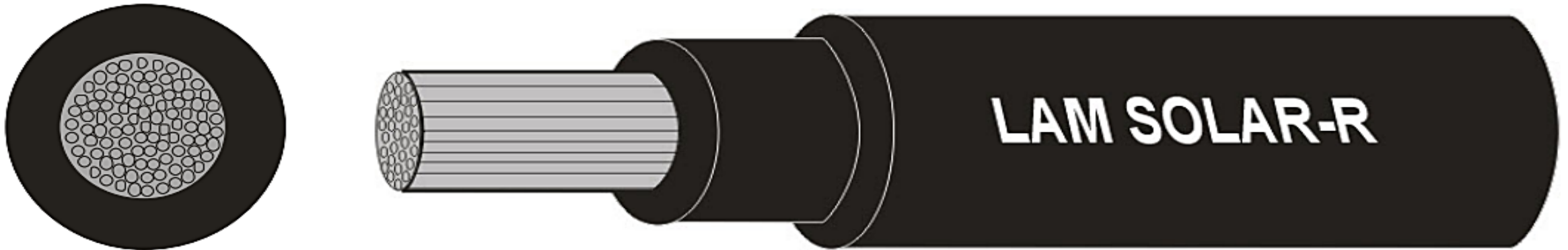
Vlastnosti MC typ 3

(dnes se s nimi setkáme jen u starších FV instalacích a opravách)

- Rozsah teplot: -40 °C až +90 °C
- Systémové napětí: Až 1000 V
- Dimenzovaný proud DC: Až 20 A
- Zesílená izolace, třída ochrany II
- Krytí IP67 po zapojení
- Ochrana proti dotyku v nezapojeném stavu
- Odolnost proti záření UV a povětrnostním

Fotovoltaické vodiče a kabely

SILOVÝ KABEL PRO FOTOVOLTAICKÉ SYSTÉMY



Konstrukce

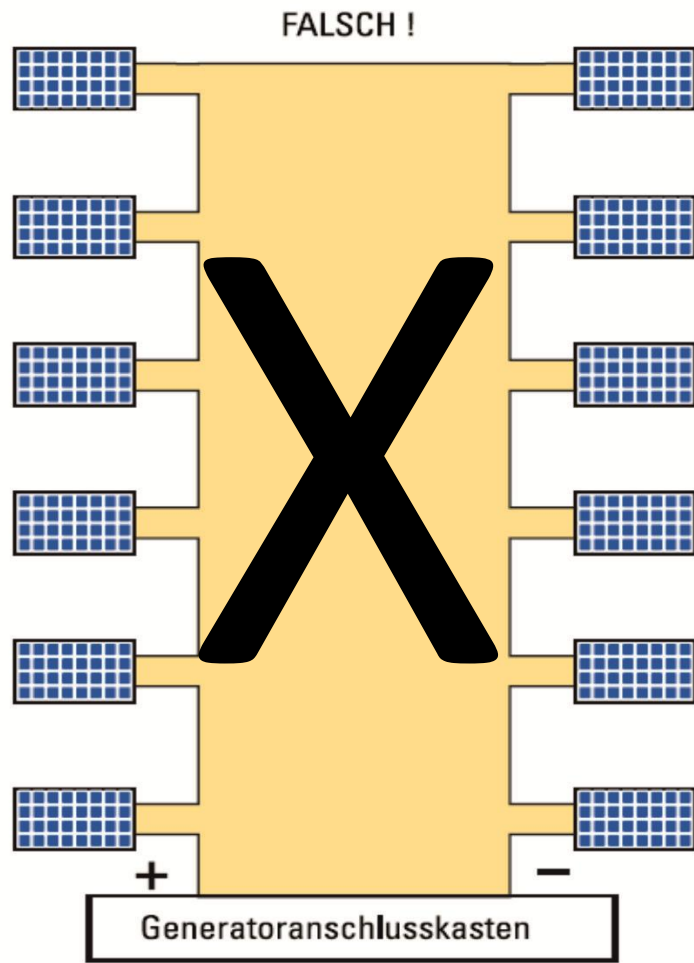
1. CuSn, Cu vodič tř.5
2. Izolace z flexibilní zesítené směsi EPR se zvýšenou teplotní odolností
3. LAM SOLAR - R - plášť ze speciální bezhalogenové flexibilní zesítené směsi s vysokou termomechanickou odolností FRNC
4. LAM SOLAR - H - plášť ze speciální teplotně odolné PVC směsi
5. Alternativně opletení kabelu FeZn drátky ke zvýšení mechanické odolnosti

Použití

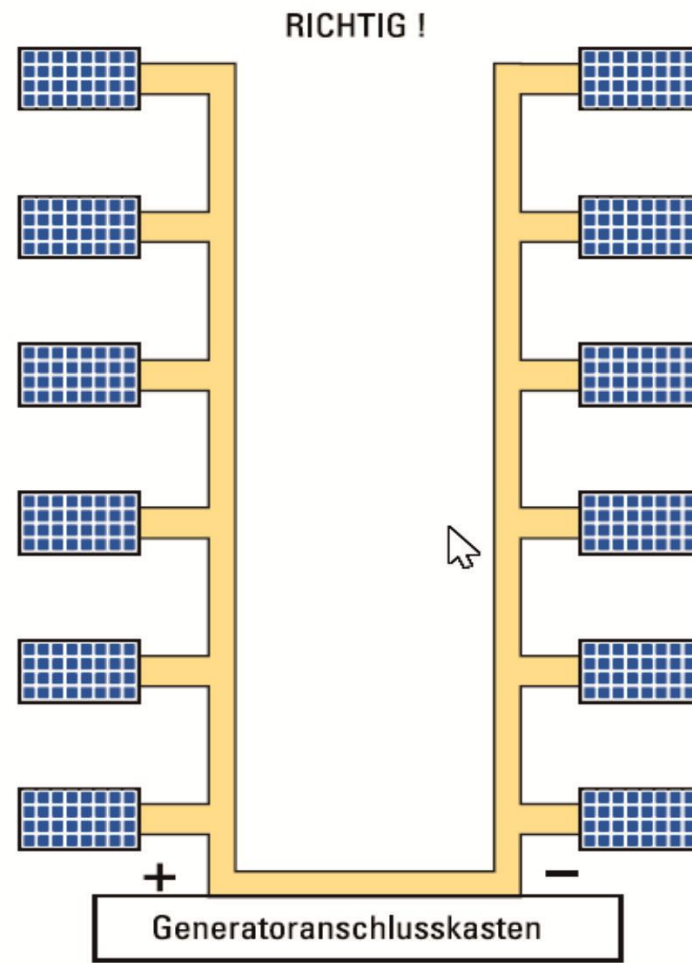
Kabel je vhodný k propojování solárních panelů a pro fotovoltaické systémy. Kabely jsou odolné vůči negativním vlivům UV záření, ozónu a především vůči teplotním vlivům venkovního prostředí.

Upozornění: Každá z výše uvedených variant může být opatřena ochranným opletem FeZn drátky.

Správné propojení panelů



GAK
Připojovací rozvaděč FV generátoru



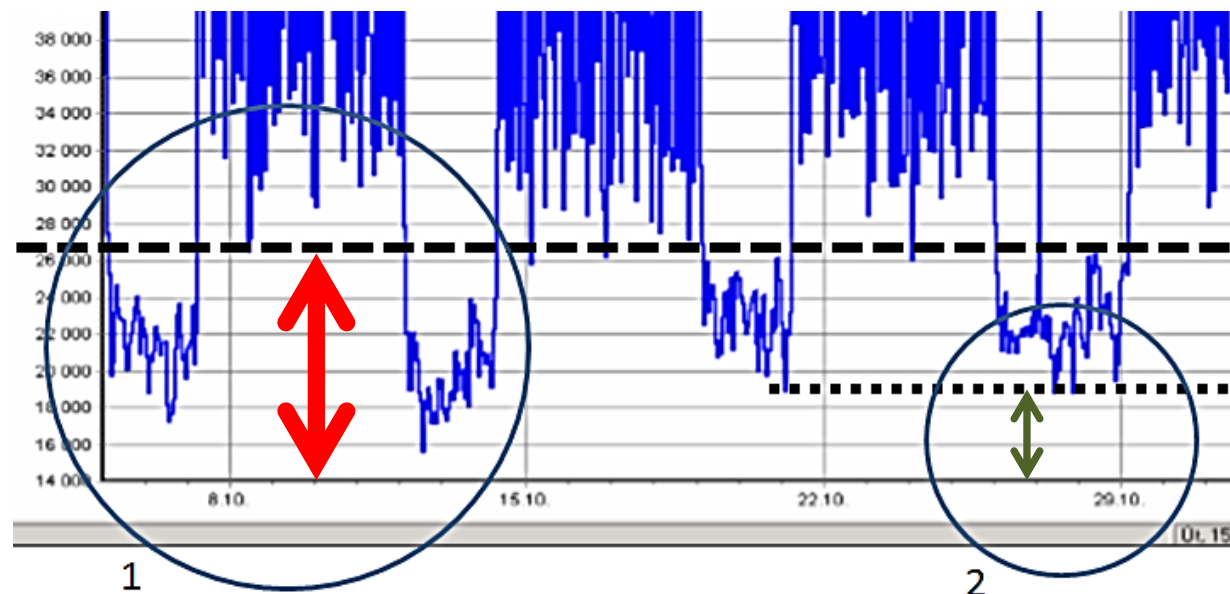
GAK
Připojovací rozvaděč FV generátoru

Jak určit potřebný výkon FVE

- **Analýza spotřeby** - Základním výchozím bodem je roční spotřeba elektřiny domácnosti a její rozložení v průběhu dne i roku. Čtyřčlenná domácnost v Česku má obvyklou roční spotřebu 6000 až 8000 kWh (6 – 8 MWh)
- **Výpočet výkonu** - Spotřeba 6000 - 8000 kWh by teoreticky mohla být pokryta instalací o výkonu 6 až 8 kW_p.
- **Ověření prostoru** - S jedním modulem o výkonu okolo 430 W_p je potřeba na každý 1 kW_p asi 5 m² střešní plochy. Instalace s výkonem 7 kW_p vyžaduje zhruba 16 panelů (32 m²), u nejúčinnějších modulů plocha jen 28 m².

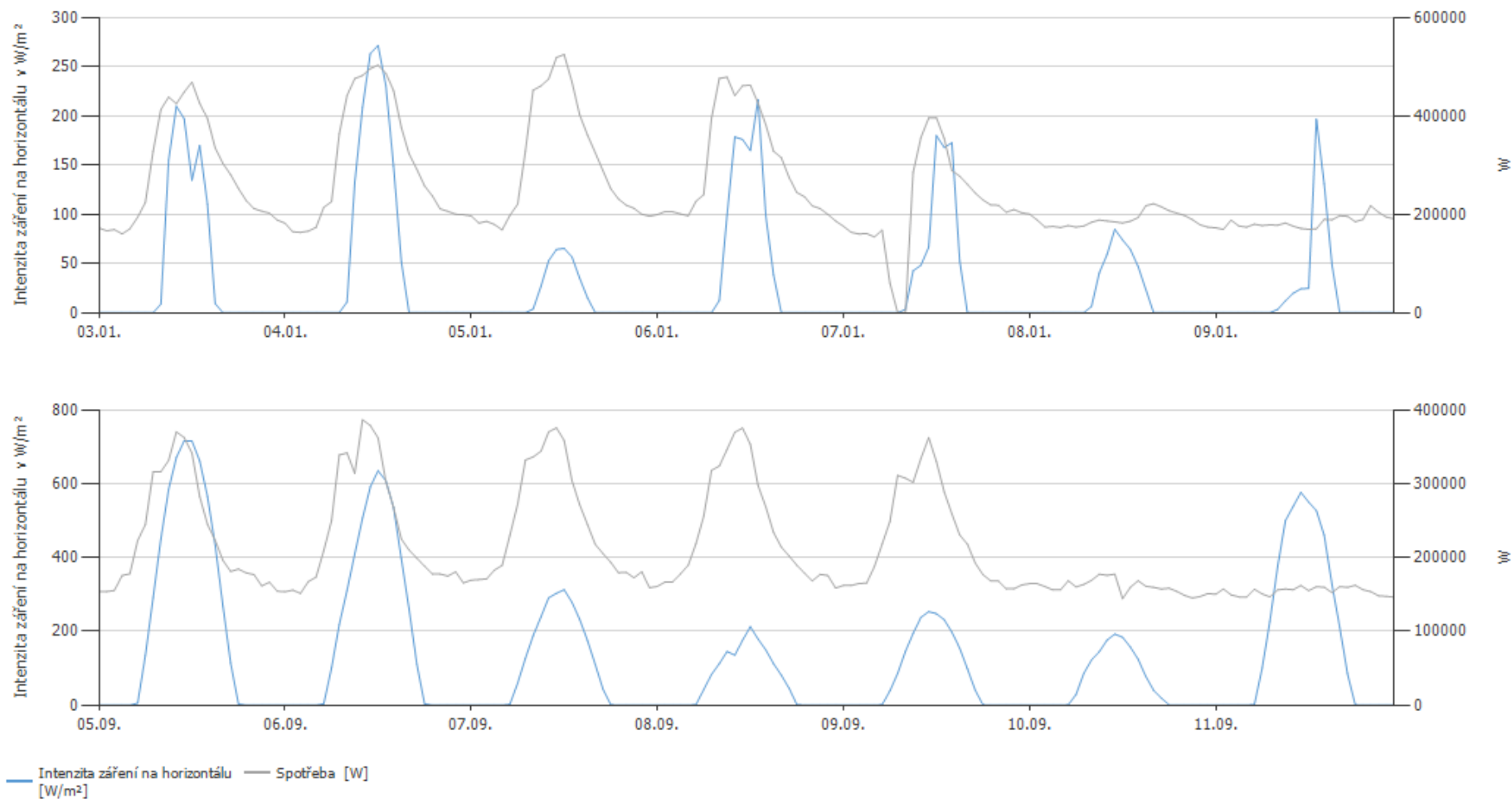


Optimalizace návrhu výkonu

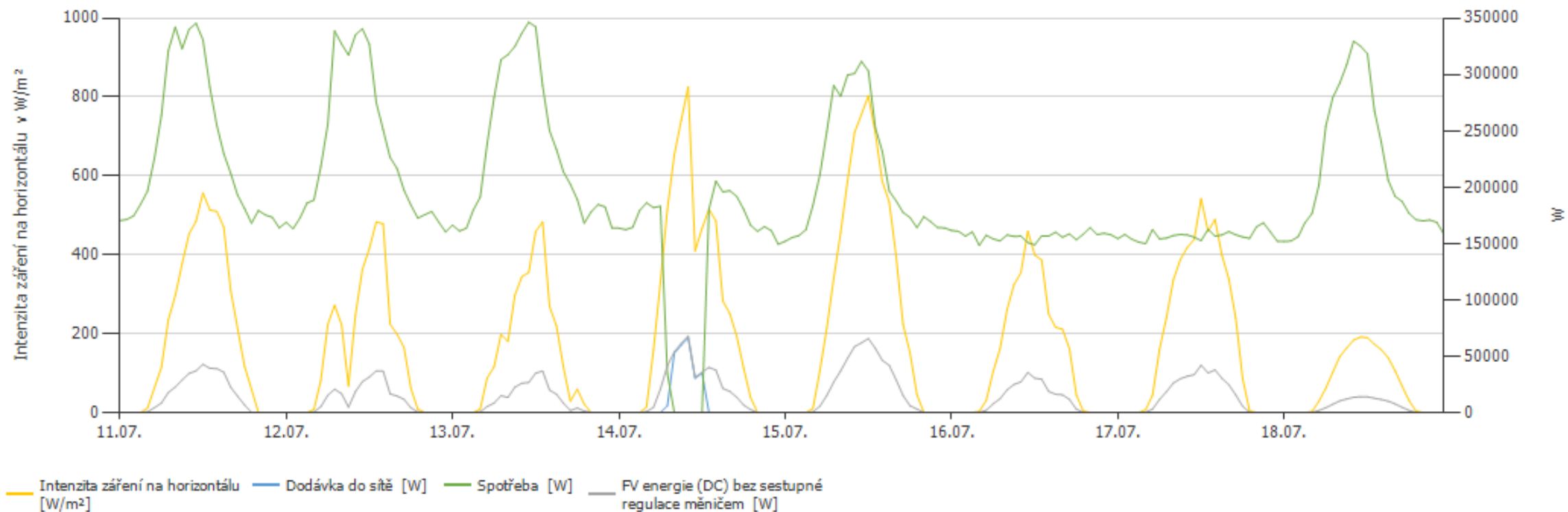


- Možnost získání větší % energetické nezávislosti – vyšší instalovaný výkon FVS
- V sobotu a neděli pravidelně **vznikající nadvýroba elektřiny**, která se nedá v budově uplatnit
- Jsem nadbytek výroby schopen přeměnit v peníze nebo ekonomickou výhodu?
- Pokud ano, získám absolutně větší výši úspor, ale **při delší finanční návratnosti!**
- Optimalizovaný ekonomický návrh
- Pro návrh jsou rozhodující nejnižší minima **denní spotřeby**
- Optimalizovaná i míra úspor
- **Nejkratší finanční návratnost** je vykoupena % nižší vlastní energetickou nezávislostí

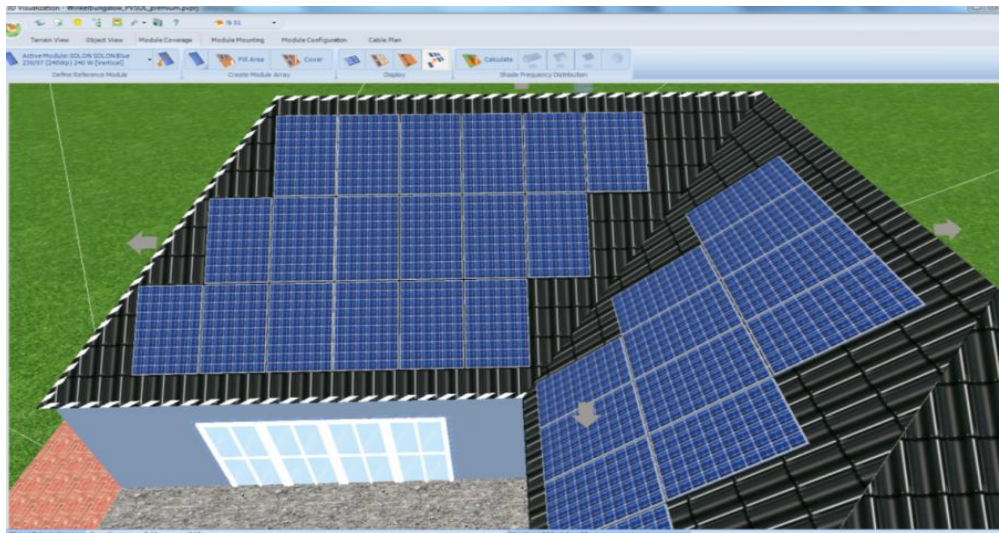
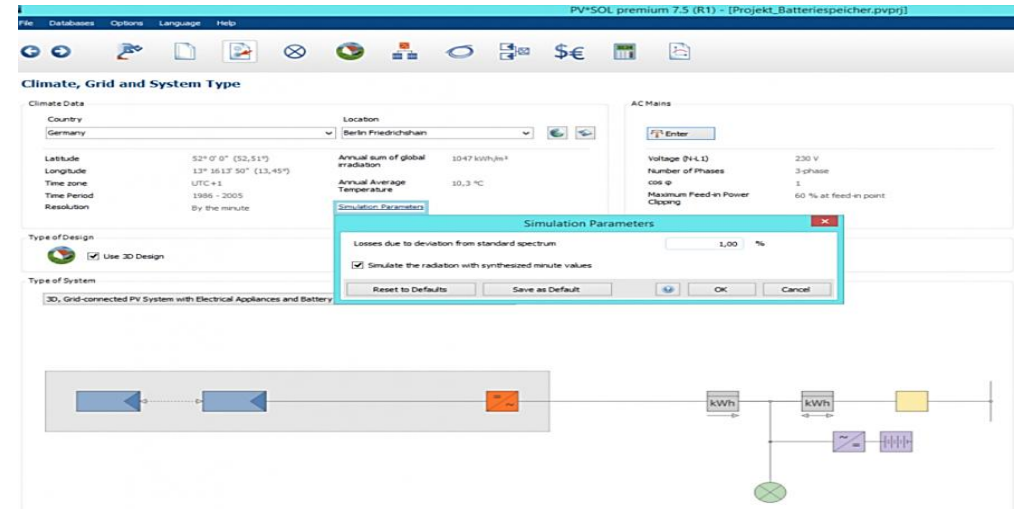
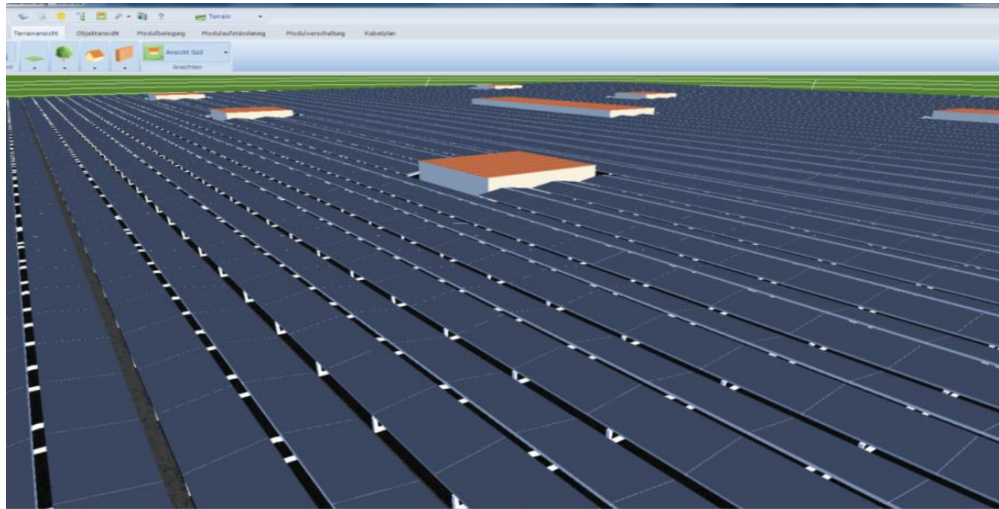
Týdenní zátěžový diagram



Týdenní zátěžový diagram - pokrývání



Profesionální návrhový software PV SOL (2D) a PV*SOL Premium (3D)



Vliv specifických spotřebičů na dimenzování – vyhřívání bazén a klimatizace

- Vyhřívání bazény a klimatizační jednotky patří mezi největší spotřebitele elektrické energie v domácnosti
- Spotřeba je **koncentrována zejména do letních měsíců a slunných dnů** – tedy do období, kdy je zároveň nejvyšší **výroba elektřiny z fotovoltaické elektrárny (FVS)**
- Běžná klimatizace má **příkon přibližně 1500 až 2000 W za hodinu provozu**, zatímco **ohřev středně velkého bazénu** na teplotu okolo **25 °C** může vyžadovat až **550 kWh energie** za sezónu

Vliv specifických spotřebičů na dimenzování - elektromobil

- Nabíjení elektromobilu představuje významný faktor v celkové energetické bilanci moderní domácnosti – v průměru zvyšuje roční spotřebu elektřiny o zhruba 2500 kWh (o 2,5 MWh)
- Tato spotřeba může být pokryta vlastní výrobou z FVS, zejména při využití chytrého wallboxu
- Takový systém dokáže řídit nabíjení vozidla dynamicky, podle aktuální výroby solární energie, stavu baterií a tarifů v síti
- Elektromobil se tak nabíjí především z přebytků z FVS, čímž se maximalizuje využití vlastní energie

Vliv specifických spotřebičů na dimenzování – vytápění a tepelné čerpadlo

- Kombinace tepelného čerpadla (TČ) a fotovoltaické elektrárny (FVS) představuje celoroční, vysoce efektivní řešení pro vytápění i ohřev teplé vody v moderní domácnosti
- Tepelné čerpadlo využívá princip přenosu energie z okolního prostředí – obvykle ze vzduchu, vody nebo země
- Elektrickou část spotřeby dokáže efektivně pokrýt energie z FVS, čímž se systém stává téměř soběstačným
- lze výrazně snížit provozní náklady na vytápění, omezit závislost na externích dodávkách energie a zároveň minimalizovat uhlíkovou stopu domácnosti

Optimální orientace a sklon

Jižní orientace

- Historicky nejvýhodnější orientace na jih se sklonem střechy 35° až 45°
- Maximální celkový roční výnos
- Přímý dopad slunečního záření od 10:00 do 16:00
- Doporučený sklon panelů mezi 30 – 45°
- Sklon střechy by neměl být menší než 15° pro samočištění
- **Nevýhodou je vyšší potřeba akumulační kapacity**

Optimální orientace a sklon

Východ - Západ orientace

- Přizpůsobení výrobního profilu běžnému dennímu režimu domácnosti
- Východní panely vyrábí dříve ráno, západní prodlouží dobu výroby do večera
- **Snížení potřeby velikosti akumulace do baterií**
- Na střechu orientovanou V-Z se vejde až dvakrát více modulů

Srovnání orientací FVE

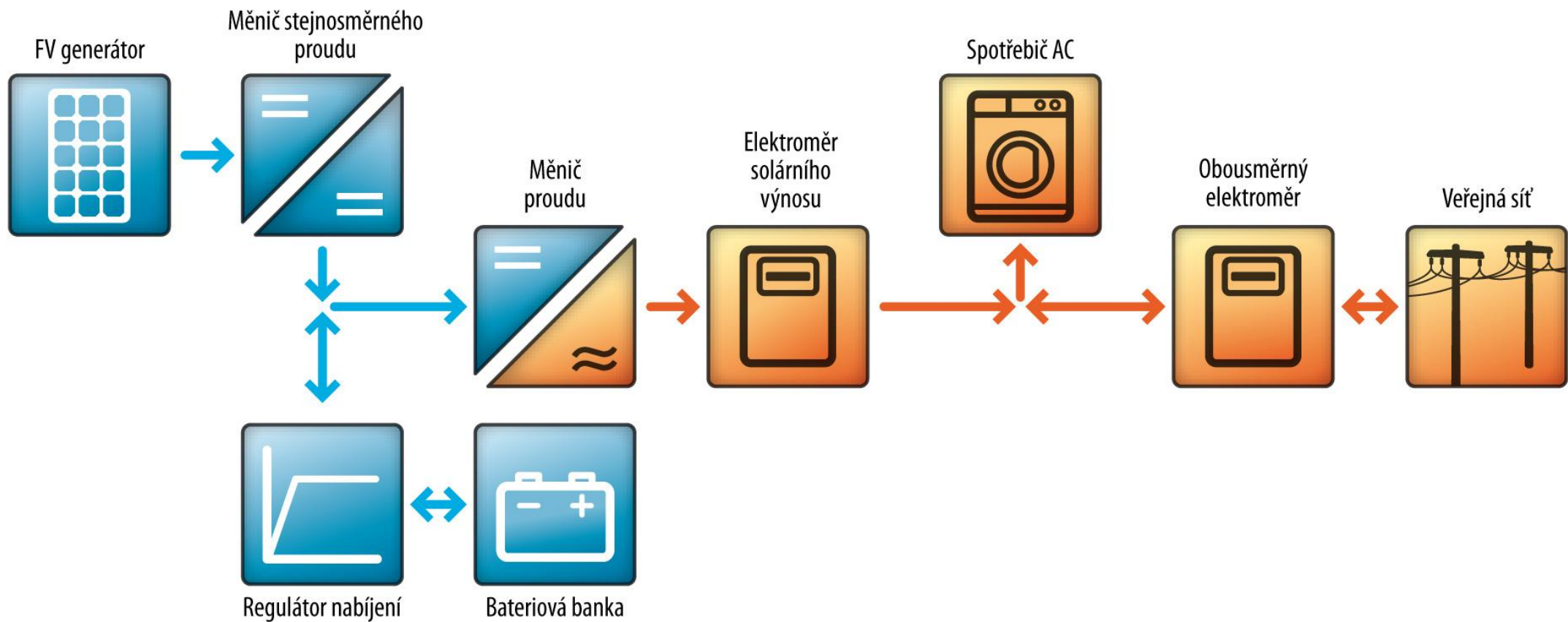
Kritéria	Jižní orientace	Východ-Západ orientace
Celkový roční výnos	Nejvyšší	Nižší, ale s prodlouženou dobou výroby
Výrobní profil	Koncentrace ve špičce (10:00–16:00)	Rozložení do rána a večera
Pokrytí ranní/večerní spotřeby	Nízké, nutná akumulace	Vysoké, přímá spotřeba v době výroby
Potřeba baterie	Vyšší pro večerní spotřebu	Nižší pro denní spotřebu
Potřebná plocha střechy	Menší	Až dvojnásobná

Dimenzování bateriového úložiště – Správné dimenzování kapacity

- Optimální dimenzování bateriového úložiště je klíčovým faktorem pro efektivní využití energie z fotovoltaické elektrárny
- Příliš malá baterie nedokáže pojmout veškeré denní přebytky výroby, takže část vyrobené elektřiny odchází bez užitku do sítě
- Naopak příliš velká baterie se v běžném provozu nemusí stihnout plně nabít, což prodlužuje návratnost investice
- Požadavkem pro získání dotační podpory je dodržet poměr kapacity baterie k instalovanému výkonu FVS alespoň 1:1 (např. 10 kWh úložiště pro 10 kW_p elektrárnu)

Druhy připojení akumulace

DC coupling

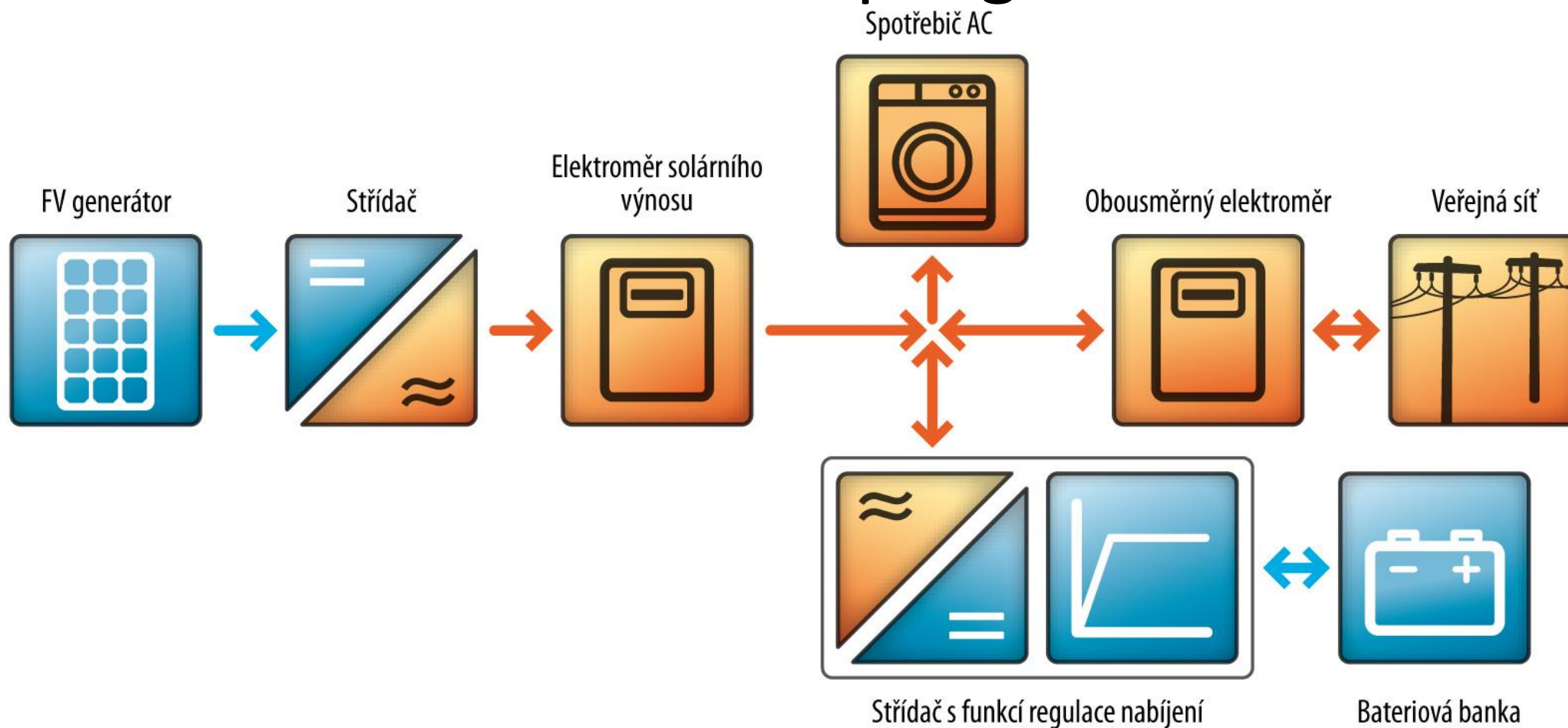


Výhody: vyšší účinnost odběrem přímo na DC části fotovoltaiky

Nevýhody: akumulátor musí být umístěn co nejblíže střídači, jinak velké kabelové ztráty

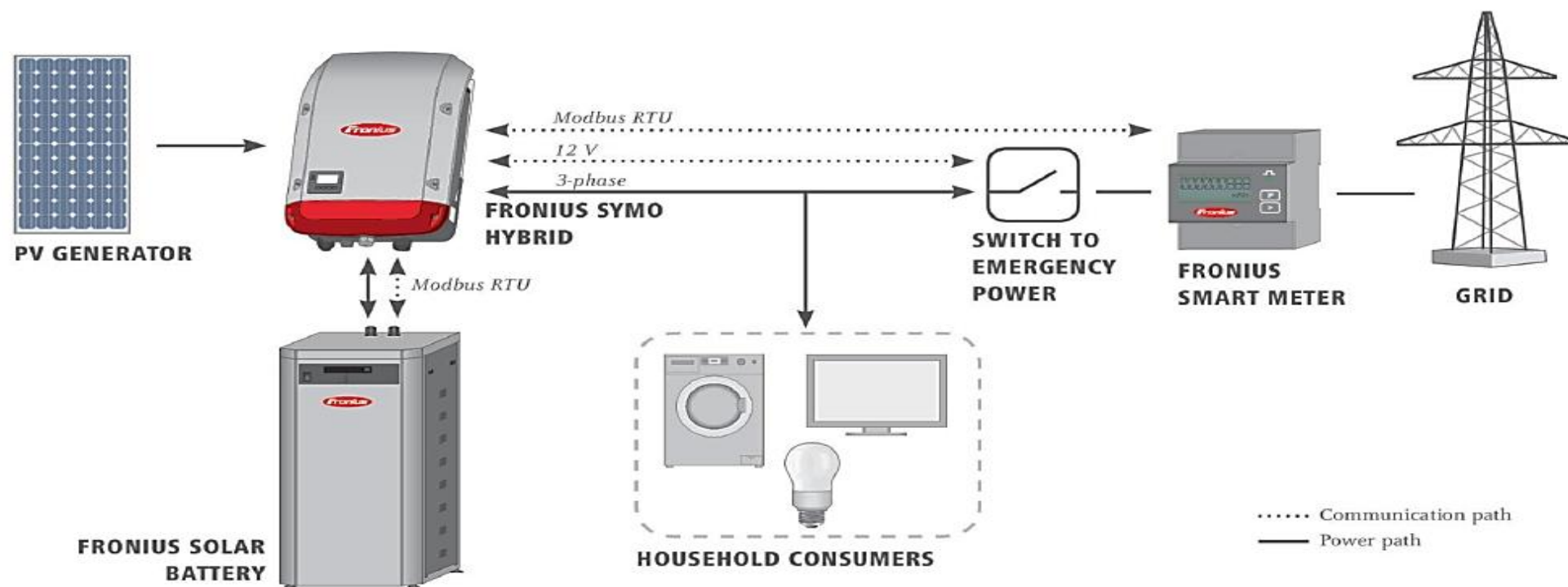
Druhy připojení akumulace

AC coupling



- Výhody: možnost umístění akumulátoru kdekoliv, nezávisle na umístění střídače
- Nevýhody: v porovnání s DC couplingem vyšší ztráty (cca + 4-5%)

FRONIUS SYSTEM



3 fázový symetrický střídač SYMO FRONIUS

Třífázový FVS bez regulátoru

Energetický výsledek se střídačem se
symetrickým výstupem

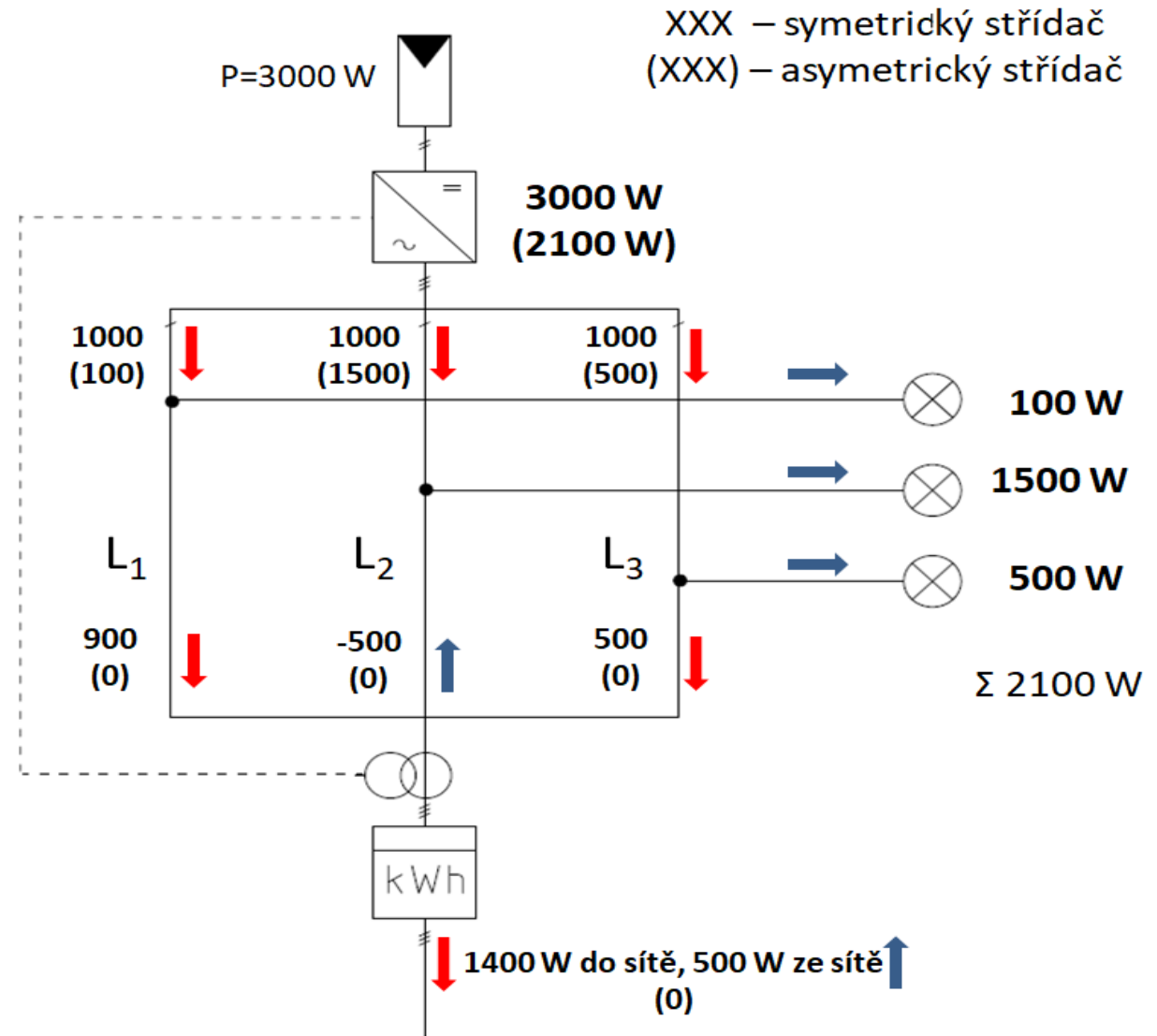
**Přebytek výkonu 1400 W z L_1 a L_3
Nákup elektřiny 500 W do L_2**

Energetický výsledek se střídačem s
asymetrickým výstupem

Střídač za pomoci zpětné vazby, která
je vytvořena měřicími transformátory
proudu snímá aktuální velikost proudu
(výkonu) a reaguje tak na měnící se
zátěž spotřebičů

Virtuální nula na výstupu

Výkon střídače a FVS není plně využit!



3 fázové asymetrické střídače

Třífázový FVS s regulátorem

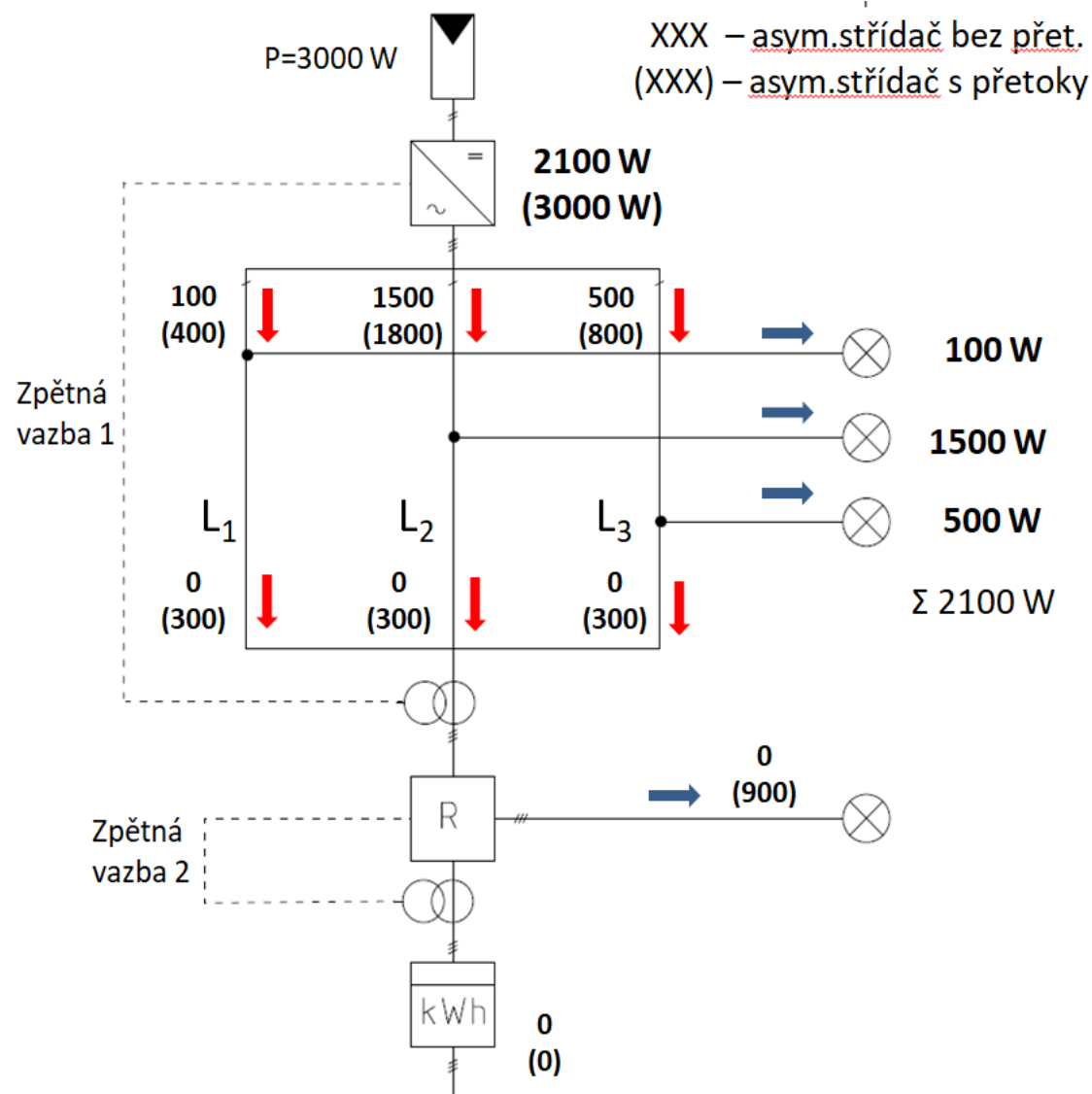
Asymetrický střídač má zapojenou zpětnou vazbu č.1

Výkon střídače není plně využit!

Povolením přetoků na asymetrickém střídači a instalací regulátoru se zpětnou vazbou č.2

R = třífázový regulátor vznikajících přetoků

Virtuální nula na výstupu
Výkon střídače je plně využit



Dimenzování bateriového úložiště - Typické instalace

- U rodinných domů se kapacita bateriového úložiště běžně pohybuje v rozmezí 10,65 až 14,2 kWh, v závislosti na velikosti fotovoltaické elektrárny, počtu obyvatel a denních spotřebních návycích domácnosti
- Kapacita obvykle postačuje k pokrytí večerní a noční spotřeby a umožňuje maximální využití denních přebytků z FVS, aniž by docházelo k nadměrným ztrátám nebo nevyužití baterie

Dimenzování bateriového úložiště – Fyzická instalace

- Instalace bateriového úložiště vyžaduje specifické provozní a technické podmínky, které zajišťují jeho bezpečný a dlouhodobě spolehlivý provoz
- Baterie by měla být umístěna v suchém, čistém a bezprašném prostředí s optimální teplotou, ideálně mezi 10 a 25 °C
- Důležité je také umístění v blízkosti střídače, aby se minimalizovaly ztráty na kabeláži a usnadnila instalace i servis
- Pro bezpečnou manipulaci a odvětrání je nutné zachovat dostatečný prostor kolem zařízení - výška volného prostoru činí alespoň 1 metr

Chytré řízení baterie

- **Od skladu energie k aktivnímu nástroji** - Role baterie se s nástupem chytrého řízení mění z pouhého "skladu" energie na aktivní nástroj pro zvyšování zisku
- **Inteligentní rozhodování** - Systémy mohou na základě aktuálních cen na spotovém trhu a předpovědi počasí rozhodnout, jak nejlépe využít vyrobenou energii
- **Maximalizace finanční efektivity** - Baterie se stává flexibilním komoditním "bufferem", který maximalizuje finanční efektivitu celého systému

Dotace z programu Nová zelená úsporám 2025

- Základní dotační podpora za instalovaný výkon 10 000 Kč / kW_p
- Podpora za kapacitu elektrického akumulčního systému 10 000 Kč / kWh
- Podpora na instalaci dobíjecí stanice pro elektromobil 10 000 Kč
- Za kombinaci instalace FVS se zateplením domu v rámci programu NZÚ Light 30 000 Kč

Klíčové podmínky pro získání dotace

- Žadatelem musí být fyzická osoba, vlastník rodinného domu
- Žadatel ani žádný člen domácnosti nesmí vlastnit více než dvě stavby určené k bydlení
- Nemovitost musí být zkolaudována před 1. 1. 2021
- V podpořené nemovitosti musí být trvalé bydliště po dobu alespoň 5 let
- Podporovaný systém musí obsahovat povinnou akumulaci energie (baterie) a vyrobená energie musí být primárně využívána pro spotřebu v domácnosti
- Dotace budou poprvé vypláceny všem žadatelům zálohově ještě před samotnou realizací projektu

Případové studie – Domácnost s bazénem a klimatizací

- V případě rodinného domu s roční spotřebou přibližně 14 MWh, z níž podstatnou část tvoří energeticky náročný provoz bazénu a klimatizace, byl navržen fotovoltaický systém o výkonu 6,88 kW_p doplněný o bateriové úložiště s kapacitou 11,60 kWh
- Tato konfigurace umožnila efektivní pokrytí denních špiček spotřeby a maximální využití vyrobené energie, přičemž míra vlastní spotřeby přesáhla 80 %
- Systém tak významně snížil závislost domácnosti na distribuční síti, zlepšil soběstačnost a současně optimalizoval provoz v letním období

Případové studie – Domácnost s elektromobilem a tepelným čerpadlem

- Rodinný dům vybavený tepelným čerpadlem a elektromobilem, pro který byl navržen fotovoltaický systém o výkonu 9,9 kW_p s bateriovým úložištěm o kapacitě 10,65 kWh a integrovaným chytrým wallboxem
- Efektivní využití přebytků vyrobené energie k nabíjení elektromobilu a současně optimalizuje provoz tepelného čerpadla
- Propojení s inteligentním řídicím systémem se energie z panelů směřuje přednostně do aktuálních spotřebičů, čímž se minimalizuje odběr ze sítě, zvyšuje míra soběstačnosti a zkracuje návratnost celé investice

Případové studie - Srovnání Jih vs. Východ-Západ

- Při návrhu fotovoltaické elektrárny hraje orientace panelů zásadní roli nejen v celkové výrobě, ale i v časovém rozložení dodávky energie
- Zatímco jižní orientace přináší maximální denní výkon (tzv. výkonovou špičku) kolem poledne, konfigurace V-Z (východ–západ) poskytuje rovnoměrnější výrobu v průběhu dne
- Pro domácnosti s převahou ranní a večerní spotřeby – například s provozem kuchyňských spotřebičů, klimatizace či nabíjením elektromobilu – může být V-Z orientace ekonomicky výhodnější

Srovnání typových FVS sestav

Profil domácnosti	Doporučený výkon FVE (kWp)	Doporučená kapacita baterie (kWh)	Klíčové doplňky
Běžná rodina	5–7 kWp	5–10 kWh	Chytré řízení, ohřev TUV
S bazénem a klimatizací	6–9 kWp	10–14 kWh	Chytré řízení, TČ pro bazén
S elektromobilem a TČ	9–10 kWp	10–14 kWh	Chytrý wallbox, chytré řízení

Shrnutí klíčových doporučení

- **Dimenzování** - Důkladně analyzovat spotřební profil domácnosti a zvážit přítomnost energeticky náročných spotřebičů, jako jsou tepelné čerpadlo, klimatizace, elektromobil nebo bazén
- **Orientace** - Ačkoliv jižní orientace stále přináší nejvyšší celkový výnos, pro moderní domácnost může být strategicky výhodnější orientace na východ a západ, případně pro velkou spotřebu v domě i kombinace (**J + V-Z**)
- **Akumulace** - bateriové úložiště je nezbytnou součástí efektivního systému a je povinné pro získání dotace. Chytré řízení transformuje baterii na aktivní nástroj pro řízení zisku
- **Dotace** - využít zjednodušení v programu Nová zelená úsporám 2025, zejména možnost zálohového financování

Doporučený postup krok za krokem

- **Analýza spotřeby** - Získat data z elektroměru za poslední rok a vytvořit si přehled o spotřebním profilu domácnosti
- **Konzultace s odborníkem** - Oslovit certifikovanou firmu a nechat si vypracovat odborný posudek a návrh řešení šitý na míru, včetně posouzení stavu střechy a fyzických omezení. Důležité je si nechat vypracovat projektovou dokumentaci!
- **Technická příprava** - Zajištění dostatečného prostoru a správné kabeláže pro instalaci střídače a baterií

Doporučený postup krok za krokem

- **Podání žádosti o dotaci** - Příprava potřebné dokumentace a využití zálohových plateb z programu NZÚ 2025
- **Výběr dodavatele a instalace** - Pečlivě vybrat spolehlivou firmu, která nabízí komplexní řešení „na klíč“, od návrhu až po revizi a vyřízení dotace
- Investice do fotovoltaiky je dlouhodobé rozhodnutí, které vyžaduje pečlivé plánování. Správně navržený a inteligentně řízený systém se však stane cennou součástí domu, která zajistí energetickou nezávislost na desítky let dopředu