

ENERGETICKÝ SKLENÍK

**technická varianta s pásovou střechou,
bifaciálními moduly BISOL Lumina a
podzemním zásobníkem SANDTHERM**

Cíl: ověřit technicky proveditelný pilot pro obce – lokální produkce potravin, řízená výroba FVE, akumulace přebytků do tepla a sezónní využití mezi skleníky.

71,4 kWp

model 1 bloku

74 MWh

výroba / rok

**12–16
MWh**

SANDTHERM

23 %

FV pás



KONCEPCE

Technické shrnutí návrhu

Doporučená konfigurace

primárně systém A: pásová střecha
osa skleníku východ–západ
BISOL Lumina v pásových zónách střechy
jižní fasáda převážně transparentní
podzemní SANDTHERM mimo pěšební plochu

Priorita energie:
FVE → spotřeba objektu →
SANDTHERM → síť / omezení
výroby

Model 1 bloku

Položka	Hodnota
Půdorys	60 × 24 m
Pěšební plocha	1 440 m²
Plocha střechy	cca 1 650 m²
Aktivní FV plocha	cca 560 m²
Moduly	280 ks × 255 Wp
Instalace	71,4 kWp

Pozn.: čísla jsou pracovní a musí se dopočítat dle lokality, statiky, roztečí a vybrané plodiny.

Technické rozhodnutí

BIPV fotovoltaické sklo nedávat do hlavní varianty
použít standardizovaný bifaciální modul s transparentním backsheetem
klíčová je světelná studie PAR, ne jen kWp
SANDTHERM dimenzovat podle MWh tepla a zimní spotřeby

Výstup pro další fázi: studie proveditelnosti + měření / simulace světla + cenová nabídka technologie.

TECHNOLOGIE STŘECHY

Volba FV modulu a světelná propustnost

Doporučený hlavní modul: BISOL Lumina

bifaciální glass-glass / transparentní backsheet
světlo prochází mezerami mezi články, ne skrz články
volitelná matice článků: více světla ↔ méně výkonu
lepší servisovatelnost a ekonomika než zakázkové BIPV sklo
DAS Energy ponechat jako alternativu pro lehké / skleníkové moduly

Varianta	Výkon	Transparentnost	Poznámka
4 × 10	215 Wp	35,5 %	více světla
6 × 8	255 Wp	23,4 %	doporučený kompromis
6 × 10	320 Wp	5,3 %	více výkonu

Volba pro pracovní výpočet

255 Wp

modul

6 × 8

matice

23,4 %

transparentnost

Technická poznámka

Vyšší transparentnost zlepší světlo pro rostliny, ale sníží výkon na m². Finální volbu musí potvrdit světelná simulace PAR / PPFD a ekonomika podle plodiny.

DOPORUČENÁ ARCHITEKTURA

Systém A: pásová střecha



Technický princip obálky

Zóna	Návrh
Jižní střešní rovina	pásy BISOL Lumina + transparentní sklo
Severní střecha	co nejvyšší transparentnost / difuzní sklo
Jižní fasáda	horní FV pás pouze volitelně
Severní fasáda	transparentní / servisní zóny
Doporučené krytí FV	20–35 % aktivní plochy střechy

Proč varianta A jako základ

Nejlepší kompromis pro pilot: rovnoměrnější světlo než pult, běžnější skleníková konstrukce, jednodušší statika i povolení, dobře dávkovatelné FV krytí podle zvolené plodiny.

ENERGETICKÁ VARIANTA

Systém B: pultové bloky

SYSTÉM B – PULTOVÁ STŘECHA SE SKLONEM NA JIH

Orientace východ – západ



vizualizace systému B

Technický princip

Parametr	Doporučení
Sklon pultu	25–35° pro pěstební kompromis
Energetický sklon	40–50° jen po stínové studii
Rozestupy	využít pro sadbu / otužování
Výhoda	vyšší zimní podíl výroby
Riziko	nerovnoměrnější světlo a stínění

Doporučené použití

Systém B ponechat jako rozvojovou / energetickou variantu. Dává smysl pro předpěstování, sadbu, bylinky, jahody a sezónní venkovní plochy mezi objekty.

Stínová geometrie a rozestupy

Zimní geometrie pro ČR

$\alpha \approx 16,5^\circ$
 $D \geq H / \tan(\alpha)$

α = výška slunce při zimním poledni
 H = výškový rozdíl stínící hrany
 D = minimální rozestup pro omezení stínu

H	D min.
3,0 m	cca 10,0 m
4,0 m	cca 13,5 m
5,0 m	cca 17,0 m

Pozn.: výpočet je zjednodušený a nenahrazuje 3D stínovou studii konkrétního pozemku.

Využití mezer mezi skleníky

venkovní sezónní sadba a otužování rostlin
 jahody ve vyvýšených záhonech / žlabech
 bylinky, jedlé květy, demonstrační záhony
 retenční pásy a vsakování dešťové vody
 servisní komunikace pro údržbu a sklizeň

VYUŽITÍ MEZER MEZI SKLENÍKY

- Sezónní venkovní sadba
- Otužování rostlin
- Bylinky a jedlé květy
- Jahody ve vyvýšených záhonech
- Demonstrační plochy
- Retenční plochy a vsak



STÍNOVÁ GEOMETRIE A ROZESTUPY

Rozestup mezi skleníky pro nezastínění v zimním poledni.



Výškový rozdíl H (m)	3.0	4.0	5.0
Min. rozestup D (m)	10.0	13.5	17.0

α – výška zimního slunce (prosinec, ČR)

DIMENZOVÁNÍ

Výpočet FVE pro 1 blok

Vstup	Hodnota	Poznámka
Půdorys skleníku	60 × 24 m	modulární blok
Pěstební plocha	1 440 m²	bez venkovních mezer
Plocha střechy	cca 1 650 m²	dle sklonu a detailu střechy
Aktivní FV plocha	cca 560 m²	pásky na střeše
Modul	BISOL Lumina 255 Wp	6 × 8 / 23,4 % transparentnost
Počet modulů	280 ks	pracovní rozteč
Instalovaný výkon	71,4 kWp	280 × 0,255 kWp

Základní rovnice

$$P_{\text{inst}} = N \times P_{\text{mod}}$$
$$P_{\text{inst}} = 280 \times 0,255 = 71,4 \text{ kWp}$$

$$EFVE = P_{\text{inst}} \times Y_{\text{spec}}$$
$$EFVE = 71,4 \times 1\,040 = 74,3 \text{ MWh/rok}$$

Yspec = orientační specifický výnos. Ve finálu dopočítat přes PVGIS dle obce, sklonu, azimutu a stínění.

FVE → AKUMULACE

Roční energetická bilance

Pracovní rozdělení výroby

Tok energie	MWh/rok	Podíl
Přímá spotřeba objektu	41,8	56 %
Nabíjení SANDTHERM	28,9	39 %
Síť / omezení výroby	3,6	5 %
Celkem FVE AC	74,3	100 %

$$\text{Eteplo} = \text{Epřebytek} \times \eta$$
$$28,9 \times 0,98 = 28,3 \text{ MWh}_{\text{th}}/\text{rok}$$

Regulace EMS

$$P_{\text{sand}} = \max(0, P_{\text{FVE}} - P_{\text{objekt}} - P_{\text{rezerva}})$$

nejprve vlastní spotřeba skleníku
potom plynulé nabíjení SANDTHERM
nakonec síť nebo omezení výroby
řídit podle SOC zásobníku a predikce počasí

Nabíjecí výkon

Doporučený cíl pro pilotní blok:
45–60 kW elektrického výkonu do ohřevu.

$$t_{\text{charge}} = E_{\text{store}} / (P_{\text{charge}} \times \eta)$$
$$12\,000 / (50 \times 0,98) = 245 \text{ h ekvivalentu plného výkonu}$$

Pozor: kapacita zásobníku neznamená automaticky vytápění celé zimy.

TEPELNÁ ČÁST

Podzemní zásobník SANDTHERM

PODZEMNÍ PÍSKOVÝ ZÁSOBNÍK



Kapacita: 12–16 MWh

Nabíjecí výkon: 45–60 kW

Teplotní rozsah: 30–95 °C

Retence: měsíce

Servisní přístup shora

DOBA KRYTÍ TEPELNÉ POTŘEBY

Průměrný topný výkon	12 MWh	16 MWh
10 kW	45 dnů	60 dnů
20 kW	22 dnů	30 dnů
30 kW	15 dnů	20 dnů

$t = \frac{E_{už}}{P_{top}}$

TOK ENERGIE



Priorita řízení: vlastní spotřeba → nabíjení SANDTHERM → síť

DOPORUČENÁ VARIANTA PRO PREZENTACI

- Pásová střecha (doporučená varianta)
- BISOL Lumina 255 Wp
- 71,4 kWp na 1 blok
- 12–16 MWh SANDTHERM
- Podzemní instalace zásobníku

DALŠÍ KROKY

- potvrdit lokalitu a PVGIS výnos
- ověřit světelnou bilanci plodin
- upřesnit zimní potřebu tepla
- statika a rozteče
- cenová nabídka modulu a technologie

Parametr	Pracovní návrh
Akumulační kapacita	12–16 MWh _{th}
Nabíjecí výkon	45–60 kW _e
Výstup do skleníku	nízkoteplotní okruh 35–55 °C
Instalace	zapuštěný modul + servis shora
Bezpečnost	větrání šachty, izolace, požární řešení

Jádro zásobníku řešit dle konfigurace dodavatele. Do pěstební zóny převádět teplo přes výměník a nízkoteplotní rozvod.

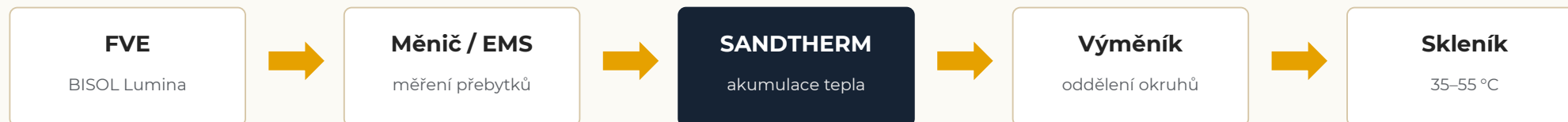
princip zapuštěného zásobníku

Průměrný topný výkon	12 MWh zásobník	16 MWh zásobník
10 kW	cca 45 dnů	cca 60 dnů
20 kW	cca 22 dnů	cca 30 dnů
30 kW	cca 15 dnů	cca 20 dnů

Výpočet: $t = E_{už} / P_{top}$. Uvedeno při cca 90% využitelnosti zásobníku; finální kapacita dle reálné tepelné ztráty skleníku.

HYDRAULIKA + EMS

Napojení na skleník a řízení provozu



Základní logika: elektřina z FVE se prioritně spotřebuje v objektu, přebytek plynule ohřívá SANDTHERM, teplo se přes výměník a směšovací uzel dodává do nízkoteplotního okruhu skleníku.

Měřené veličiny

P_FVE, P_objekt, P_sand
SOC zásobníku, T_jádro
T_přívod / T_vrat, průtok

Akční členy

řízení ohřevu 0–60 kW
směšovací ventil
oběhové čerpadlo / záloha

Bezpečnost a servis

revizní vstup shora
odvodnění / větrání šachty
přístup pro výměník a ventily

PĚSTEBNÍ ČÁST

Světlo, plodiny a měření

Doporučené plodiny pro pilot

Skupina	Vhodnost
Saláty / listová zelenina	vysoká
Bylinky	vysoká
Sadba / předpěstování	vysoká
Jahody v žlabech	střední až vysoká
Rajčata / paprika / okurky	až po simulaci PAR

U světelně náročných plodin nepřekročit FV krytí bez ověření PAR / PPFD a produkčního modelu.

Co ověřit ve světelné studii

měsíční DLI / PPFD v pěstební výšce
stínový obraz pásů FV během dne
rozdíl severní / jižní pěstební zóny
vliv sněhu a odrazivosti podloží
potřeba přisvětlování v zimě

Senzorika pilotu

PPFD / PAR senzory v několika osách
teplota a vlhkost vzduchu
teplota substrátu a kořenové zóny
CO₂, větrání, stínicí clony
MWh elektřiny a MWh tepla

Měření má potvrdit, zda je možné zvyšovat FV podíl bez poklesu výnosu plodin.

RIZIKA A DUE DILIGENCE

Otevřené technické body

Oblast	Riziko	Ověření
Světlo	pokles PAR / nerovnoměrnost	simulace + měření pilotu
Energetika	přebytky nestačí na zimní teplo	balance MWh + tepelná ztráta
Konstrukce	sníh, vítr, kondenzace	statika + detail střechy
SANDTHERM	retence, servis, bezpečnost	garance dodavatele + šachta
Ekonomika	CAPEX vyšší než klasický skleník	cena modulu, dotace, odběr elektřiny
Provoz	nároky na řízení klimatu	EMS + senzory + provozní režimy

Doporučení

Nejprve udělat 1 blok jako měřený pilot a až po sezóně škálovat na více modulů.

Minimální další podklady

lokalita, rozměry pozemku, požadované plodiny, cílová teplota, dostupný příkon, odběr elektřiny

OD STUDIE K REALIZACI

Postup technické přípravy

1

PVGIS + energetika

azimut, sklon, stínění, roční a zimní výroba

2

PAR studie

DLI/PPFD, stínění pásů, výběr plodin

3

Stavební řešení

statika, sníh, vítr, kondenzace, větrání

4

SANDTHERM

kapacita, výkon, šachta, servis, bezpečnost

5

Pilotní provoz

měření MWh, klima, výnos plodin, ekonomika

Výsledkem pilotu má být rozhodnutí: zvýšit FV podíl / ponechat pásovou střechu / rozšířit areál o pultové bloky / doplnit další zdroj tepla.



ENERGETICKÝ SKLENÍK S BISOL LUMINA A SANDTHERM

Lokální produkce potravin • Obnovitelná energie • Sezónní akumulace tepla



SYSTÉM A – PÁSOVÁ STŘECHA (DOPORUČENÁ VARIANTA)

Orientace východ – západ



KONCEPT OBÁLKY – SYSTÉM A

- Dlouhá osa skleníku východ – západ
- Střídání pásů BISOL Lumina a transparentního skla
- Jižní fasáda: kombinace FV a průsvitných ploch
- Severní střecha: maximálně světlopropustná

SCHEMA PRŮŘEZU



SROVNÁNÍ SYSTÉMŮ

- Využití zimního slunce**
A: ★★★★★ B: ★★★★★
- Rovnoměrnost světla**
A: ★★★★★ B: ★★★★★
- Výroba energie**
A: ★★★★★ B: ★★★★★
- Stavební náročnost**
A: ★★★★★ B: ★★★★★
- Investiční náklady**
A: ★★★★★ B: ★★★★★
- Vhodnost pro plodiny**
A: široké spektrum
B: listová zelenina, bylinky, sadba

SYSTÉM B – PULTOVÁ STŘECHA SE SKLONEM NA JIH

Orientace východ – západ



KONCEPT OBÁLKY – SYSTÉM B

- Pultová střecha se sklonem na jih (25–35°)
- Jižní střecha: BISOL Lumina pro výrobu energie
- Severní část střechy: průsvitné sklo
- Jižní fasáda: FV horní pás + průsvitné plochy
- Vyšší zimní výroba, snazší odtávání sněhu

SCHEMA PRŮŘEZU



PODZEMNÍ PÍSKOVÝ ZÁSOBNÍK SANDTHERM



- Plně izolovaný modul instalovaný pod zemí
- Kapacita: 12–16 MWh (pracovní návrh)
- Nabíjecí výkon: 45–60 kW
- Teplotní rozsah: 30–95 °C
- Retence: měsíce
- Minimální nároky na prostor nad terémem

PŮDORYSNÉ USPOŘÁDÁNÍ AREÁLU (PŘÍKLAD)



- Skleník – pásová / pultová střecha
- Venkovní sadba / bylinky
- SANDTHERM – podzemní modul
- Servisní zóna / příjezdová cesta

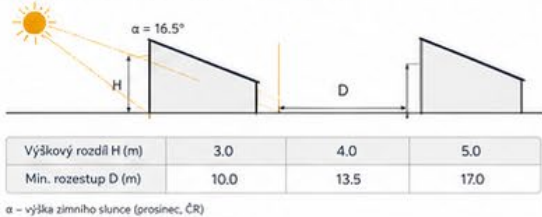
VYUŽITÍ MEZER MEZI SKLENÍKY

- Sezónní venkovní sadba
- Otuzování rostlin
- Bylinky a jedlé květy
- Jahody ve vyvýšených záhonech
- Demonstrační plochy
- Retenční plochy a vsak



STÍNOVÁ GEOMETRIE A ROZESTUPY

Rozestup mezi skleníky pro nezastínění v zimním poledni.



TOK ENERGIE V SYSTÉMU



Priorita řízení: vlastní spotřeba objektu → nabíjení SANDTHERM → síť / omezení výroby

KLÍČOVÉ PARAMETRY PRO 1 BLOK (PŘÍKLAD)

Instalovaný výkon FVE	60–75 kWp
Roční výroba (AC)	65–75 MWh
Nabíjecí výkon do SANDTHERM	45–60 kW
Kapacita SANDTHERM	12–16 kWh
Teplotní rozsah akumulace	30–95 °C
Retenční doba	měsíce
Orientace	východ – západ
Sklon střechy (pult / pásy)	25–35° / 20–35°

PŘÍNOSY PRO OBEC

- Lokální produkce zdravých potravin
- Energetická soběstačnost a stabilita
- Akumulace tepla pro zimní měsíce
- Využití obecních ploch efektivně
- Nová pracovní místa a lokální ekonomika
- Vzdělávací a demonstrační projekt

DOPORUČENÉ PLODINY



Pro nejnáročnější plodiny (rajčata, okurky, papriky) doporučujeme vyšší podíl transparentních ploch a aktivní řízení klimatu.

TECHNICKÁ ZPRÁVA – VOLBA MODULU A NÁVRH OBÁLKY

Doporučený modul: BISOL Lumina s transparentním backsheetem

1) PROČ BISOL LUMINA

-  bifaciální glass-glass / transparentní backsheet
-  vyšší prostup přirozeného světla
-  vhodné pro agrivoltaické a skleníkové použití
-  navrženo a vyráběno v EU
-  kompromis mezi výkonem a osvětlením



2) DOPORUČENÁ KONFIGURACE MODULU

BISOL Lumina 255 Wp

	transparentnost	23,4 %
	cell matrix	6 × 8
	bifacial gain	dle podmínek
	produktová záruka	25 let
	výkonová záruka	30 let / 90 %

3) MODEL 1 BLOKU SKLENÍKU



Půdorys bloku	60 × 24 m
Pěstební plocha	1 440 m ²
Plocha střechy	cca 1 650 m ²
Aktivní FV plocha	cca 560 m ²
Počet modulů	280 ks
Instalovaný výkon	71,4 kWp

4) KONCEPT OBÁLKY



5) SVĚTLO A PLODINY

Pruhovaná střecha s BISOL Lumina je vhodná pro saláty, bylinky, sadbu, jahody, listovou zeleninu.

Pro rajčata, papriky, okurky doporučujeme vyšší podíl transparentního zasklení.



saláty



bylinky



sadba



jahody



listová zelenina

6) DOPORUČENÍ PRO REALIZACI

- ✓ prioritně systém A – pásová střecha
- ✓ podzemní SANDTHERM pro minimální zásah do areálu
- ✓ větší transparentní podíl na severní části
- ✓ ověřit PAR světlo pro finální plodiny
- ✓ dopočítat roční výrobu dle konkrétní lokality



ENERGETICKÁ BILANCE A DIMENZO VÁNÍ SANDTHERM

Orientační výpočty pro 1 blok skleníku s moduly BISOL Lumina



ZÁKLADNÍ VÝPOČTY FVE

	$P_{inst} = N \times P_{mod}$	$= 280 \times 0,255 = 71,4 \text{ kWp}$
	$E_{FVE} = P_{inst} \times Y_{spec}$	$= 71,4 \times 1\,040 = 74,3 \text{ MWh/rok}$
	$E_{teplo} = E_{přebytek} \times 0,98$	$= 28,9 \times 0,98 = 28,3 \text{ MWh/rok}$

Y_{spec} – orientační specifický výkon pro ČR

ROZDĚLENÍ ROČNÍ VÝROBY



PODZEMNÍ PÍSKOVÝ ZÁSOBNÍK



- Kapacita: 12–16 MWh
- Nabíjecí výkon: 45–60 kW
- Teplotní rozsah: 30–95 °C
- Retence: měsíce
- Servisní přístup shora

DOBA KRYTÍ TEPELNÉ POTŘEBY

Průměrný topný výkon	12 MWh	16 MWh
10 kW	45 dnů	60 dnů
20 kW	22 dnů	30 dnů
30 kW	15 dnů	20 dnů

$$t = \frac{E_{už}}{P_{top}}$$

TOK ENERGIE



Priorita řízení: vlastní spotřeba → nabíjení SANDTHERM → síť

DOPORUČENÁ VARIANTA PRO PREZENTACI

- Pásová střecha (doporučená varianta)
- BISOL Lumina 255 Wp
- 71,4 kWp na 1 blok
- 12–16 MWh SANDTHERM
- Podzemní instalace zásobníku

DALŠÍ KROKY

- potvrdit lokalitu a PVGIS výnos
- ověřit světelnou bilanci plodin
- upřesnit zimní potřebu tepla
- statika a rozteče
- cenová nabídka modulu a technologie



VARIANTA A

Skleník východ–západ se střídanými pásy BIPV

Produkční skleník s transparentními pásy,
částečně aktivní jižní fasádou
a akumulací tepla SANDTHERM.



Orientace
V–Z



Pásy BIPV +
transparentní
zasklení



Jižní fasáda
částečně
Onyx Solar



SANDTHERM
akumulace
tepla



VARIANTA B

Pultový skleník s jižní střechou Onyx Solar

Energetický skleník s vyšším zimním ziskem,
rozestupy využitými pro venkovní sezónní sadbu
a akumulací tepla SANDTHERM.



Orientace
V–Z



Jižní pultová
střecha BIPV



Rozestupy pro
venkovní sadbu



SANDTHERM
akumulace
tepla

