

VŠB - Technical University of Ostrava  
VŠB - Technická univerzita Ostrava

# Potenciál úspor energie vo vnútornom osvetlení

Ing. Tomáš Novák, Ph.D.  
Ing. Jan Šumpich  
prof. Ing. Karel Sokanský, CSc,



# Proč?

snížení spotřeby elektrické energie (**investor**),  
technické zdokonalování svítidel - jejich plynulá regulace  
(**výrobce**),  
energetické štítkování budov (**stát**),

# Jak?

modelování dynamických změn denního světla a jeho  
numerické využití v umělých osvětlovacích soustavách

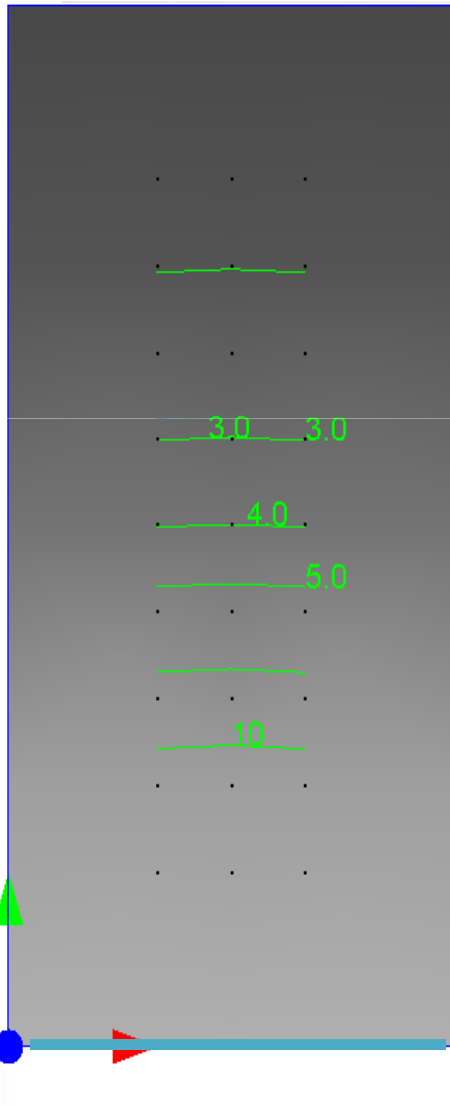
# Dynamické modelování kombinace denního a umělého osvětlení

- výchozí stav z venkovní nezastíněné roviny
- rovnoměrně zatažená obloha
- eliminace světových stran

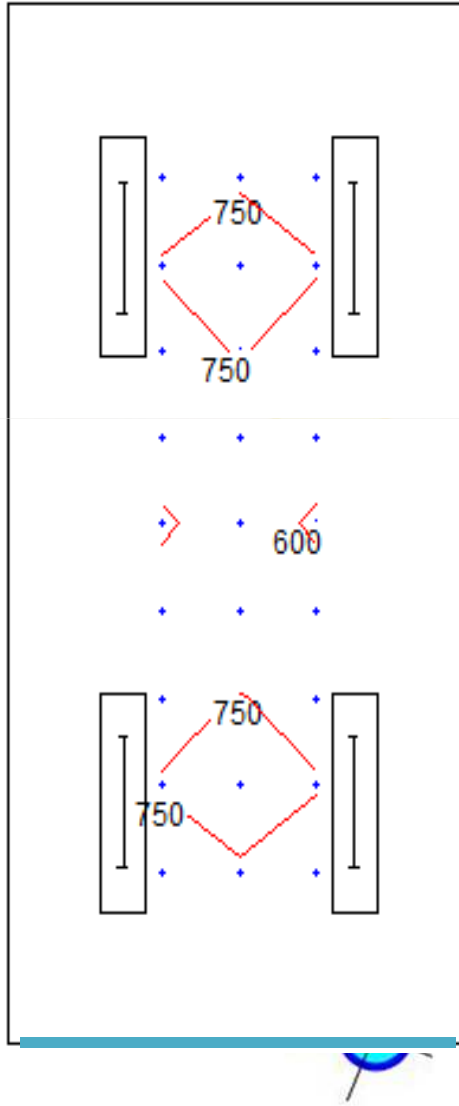


# Dynamický model

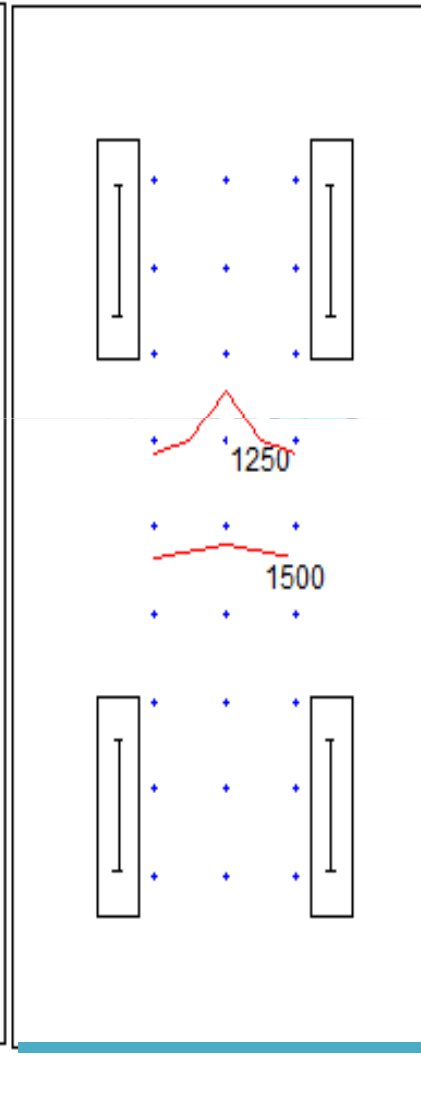
Činitel denní osvětlenosti



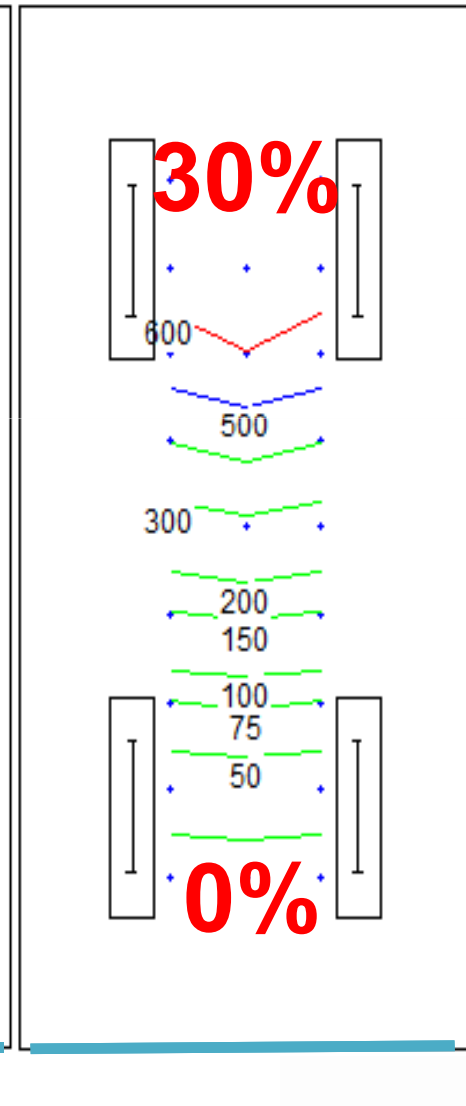
Umělá osvětlovací soustava



Model výsledné osvětlenosti



Regulace



# Rovnoměrně zatažená obloha

- umožňuje vytvoření modelu oblohy pro výpočty,
- je stav oblohy, nastávající několikrát za rok (v ČR, SR, ...),
- stanovuje chování jasů oblohy od horizontu k zenitu (1:3 dle CIE)

$$\frac{L_Y}{L_Z} = \frac{1 + \sin \gamma}{3},$$

# Horizontální osvětlenost

- se stanoví fiktivní rovinou nad danou lokalitou,
- je v každém dni jiná,
- solární světelná konstanta  $E_{V0}$  se musí korigovat (vzdálenost Slunce – Země, pomocí excentricity).

$$E_V = E_{V0} \cdot \varepsilon \cdot \sin \gamma_S [lx]$$

- $E_{V0}$  – sluneční solární konstanta 133,8 klx
- $\varepsilon$  – činitel excentricity
- $\gamma_S$  - výška Slunce

$$\varepsilon = 1 + 0,034 \cos \left[ \frac{360^\circ}{365} \cdot (J - 2^\circ) \right] [-]$$

# Difúzní osvětlenosti

- osvětlenost venkovní nezastíněné roviny (rovnoměrně zatažená obloha)
- lze stanovit dle zeměpisných a časových souřadnic:

$$D_V = \left( \frac{D_{Vm}}{E_V} \right) \cdot E_{V0} \cdot \varepsilon \cdot \sin \gamma_S [lx]$$

$D_{Vm}/E_V$  – koeficient propustnosti oblohového světla

$E_{V0}$  – sluneční solární konstanta 133,8 klx

$\varepsilon$  – činitel excentricity

$\gamma_S$  – výška slunce

Přepočtem hodnoty  $D_V$  přes činitel denní osvětlenosti na osvětlenosti vnitřního prostoru lze dopočítat požadované hodnoty osvětleností.

# Difúzní osvětlenosti v měsíci lednu

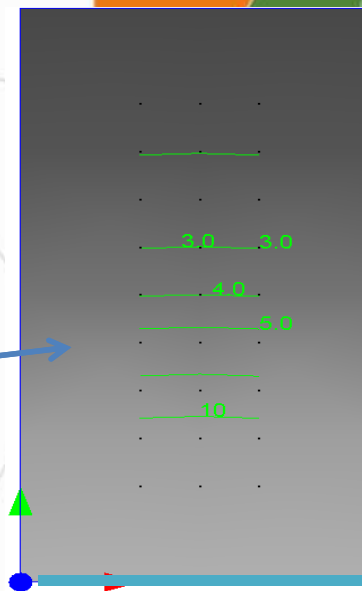
SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ	SEČ
Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv	Dv
4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	19,5	20,5	21,5	22,5	[ hod]
0	0	0	0	1,7	4,7	6,81	7,89	7,87	6,74	4,6	1,58	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1,8	4,8	6,86	7,93	7,9	6,77	4,61	1,58	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1,8	4,8	6,91	7,98	7,94	6,8	4,63	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1,9	4,9	6,97	8,02	7,98	6,83	4,66	1,61	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	4,9	7,02	8,07	8,02	6,86	4,68	1,63	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2	5	7,08	8,13	8,06	6,9	4,71	1,65	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2,1	5,1	7,15	8,18	8,11	6,94	4,74	1,67	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2,2	5,1	7,21	8,24	8,16	6,98	4,78	1,7	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	2,3	5,2	7,28	8,3	8,22	7,03	4,81	1,73	0	0	0	0	0	0	0	0

- první dny v měsíci lednu
- výpočet ze zeměpisných a časových souřadnic pro Ostravu
- hodnoty  $D_v$  v tabulce v klx



# Činitel denní osvětlenosti

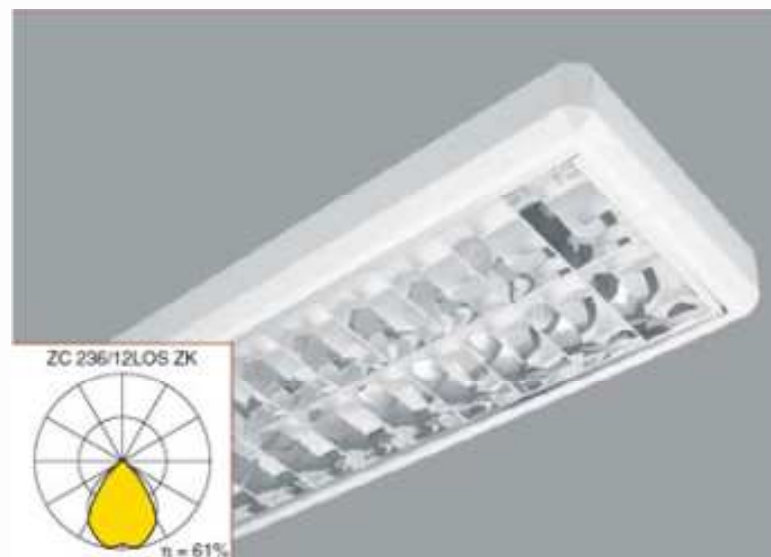
$$D = \frac{E}{E_V} \cdot 100[\%]$$



- stanovuje míra příspěvku denního světla (v budovách, místech zřakového úkolu),
- podíl vnitřní osvětlenosti a osvětlenosti venkovní nezastíněné roviny,
- přímé sluneční světlo je vyloučeno (rovnoměrně zatažená obloha),
- eliminuje světové strany (okna, světlíky),
- zahrnuje v sobě (znečištění, vnitřní a vnější zasklení).

## Použitá svítidla pro modelové místnosti

- osvětlovací soustava:
  - 2x36W, přisazené, lesklá mřížka, IP20,
  - příkon 36 W včetně předřadníku (počítá z .ldt)
- předpokládáme  $E_m \geq 500\text{lx}$  ve všech bodech osvětlovací soustavy



# Regulace osvětlovacích soustav

- regulace soustavy 10 - 100% (po 10%)
- pod 10% příkonu přestávají lineární zářivky svítit (křivka téměř lineární)
- pro optimální výpočty max. 4 řady svítidel

3x6 m		
Eext	R1	R2
1000	0.90	0.90
5000	0.30	0.90
7000	0.00	0.90
10000	0.00	0.60
20000	0.00	0.30
25000	0.00	0.20

6x3 m		
Eext	R1	R2
1000	0.60	0.90
5000	0.00	0.60
7000	0.00	0.30
10000	0.00	0.00
20000	0.00	0.00
25000	0.00	0.00

6x6 m			
Eext	R1	R2	R3
1000	0.60	0.90	1.00
5000	0.20	1.00	1.00
7000	0.00	0.80	1.00
10000	0.00	0.50	0.90
20000	0.00	0.00	0.60
25000	0.00	0.10	0.30

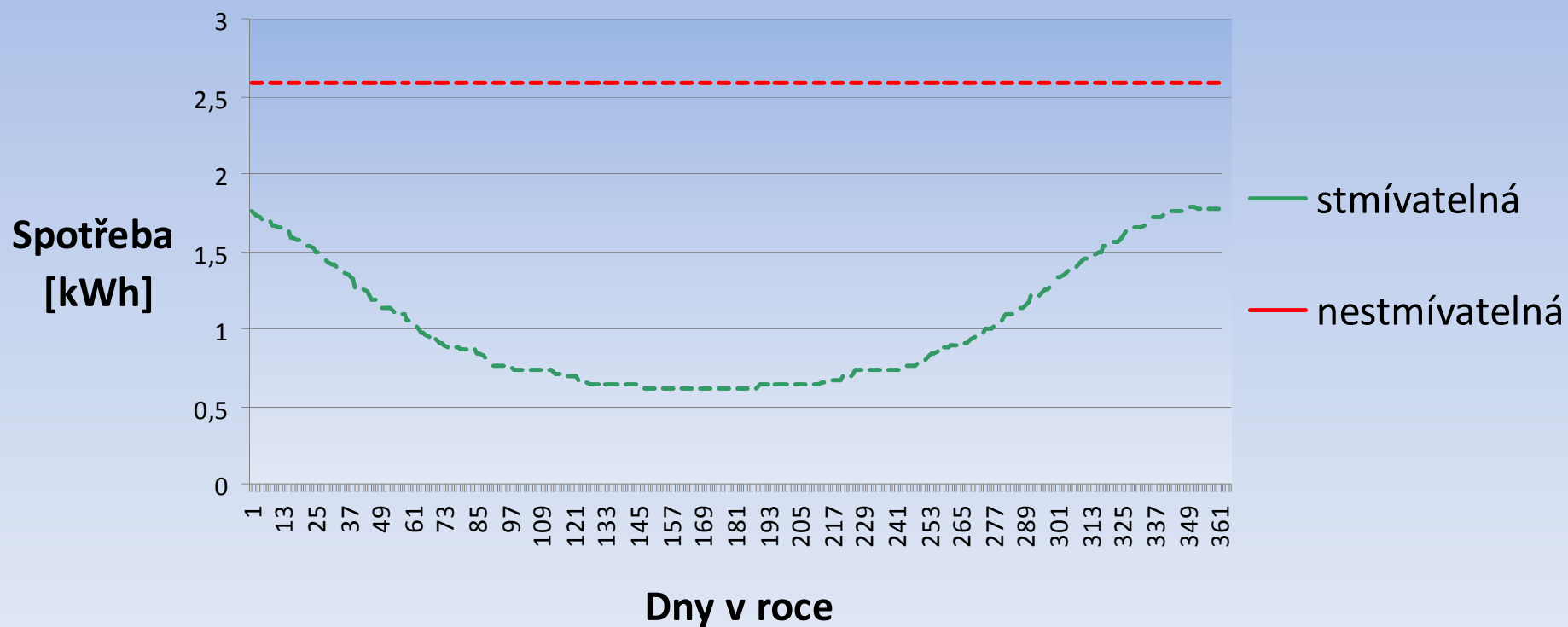
# Místnost 3x6m

Umělá osvětlovací soustava

Místnost:  
3000x6000x3000

Činitel denní osvětlenosti

## Spotřeba el. energie 3x6m



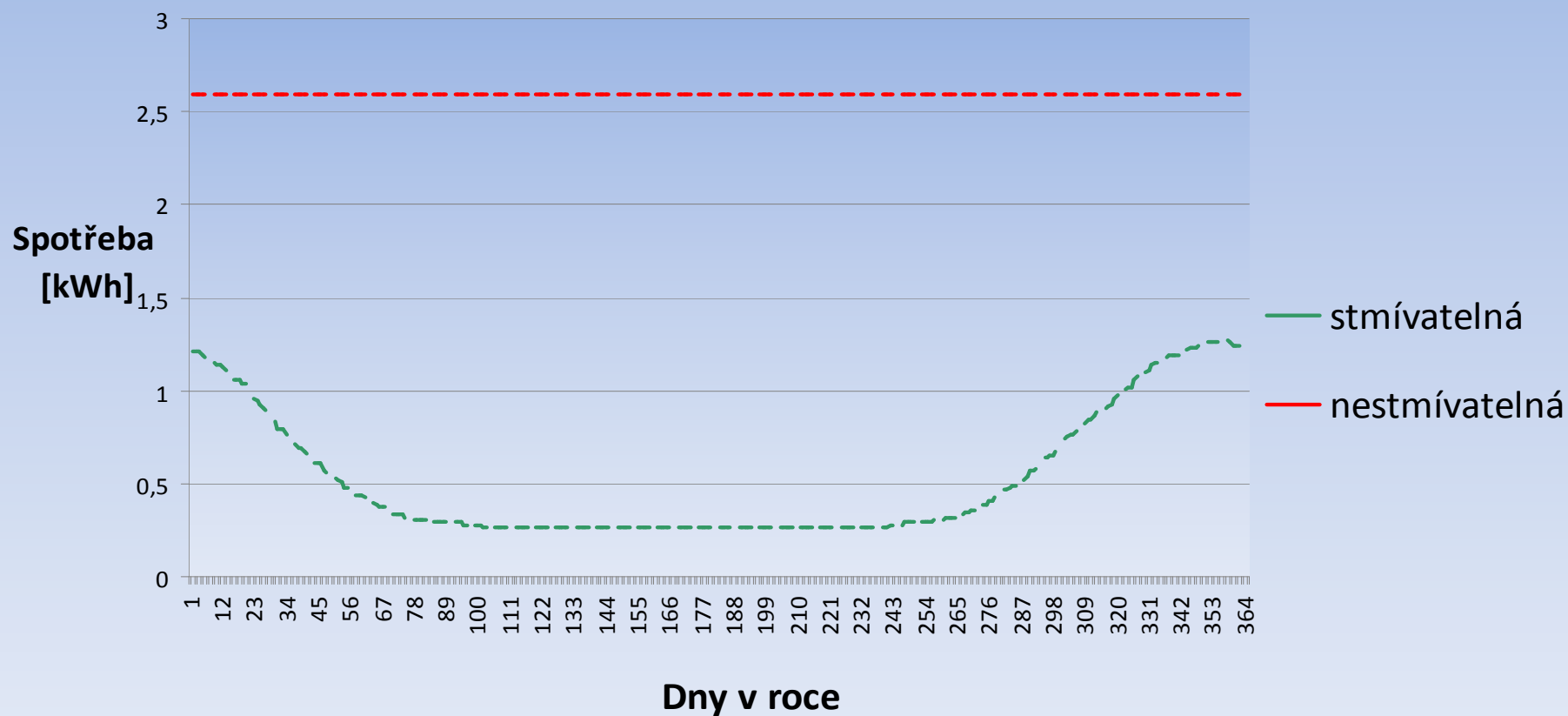
# Místnost 6x3m

Místnost:  
6000x3000x3000

## Umělá osvětlovací soustava



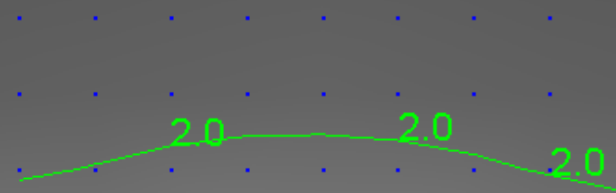
## Spotřeba el. energie 6x3m



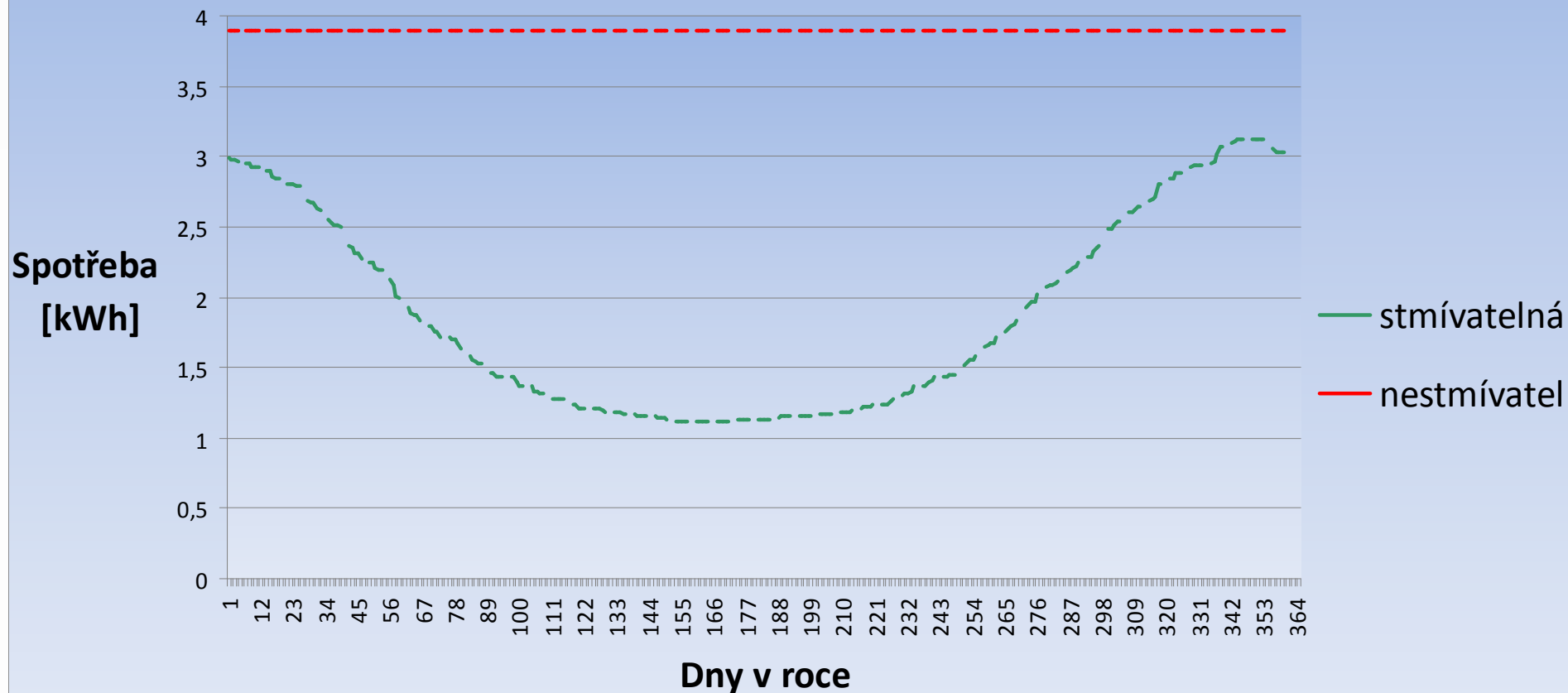
# Místnost 6x6m

Místnost:  
6000x6000x3000

## Činitel denní osvětlenosti

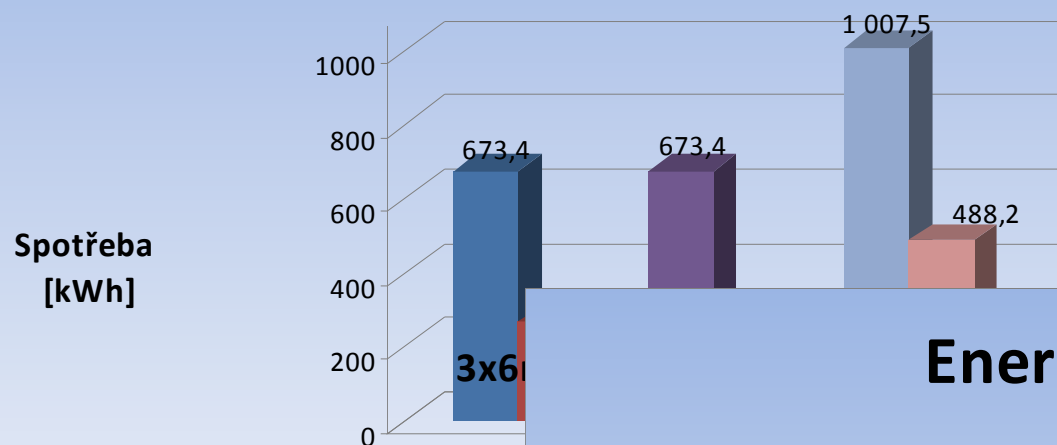


## Spotřeba el. energie 6x6m

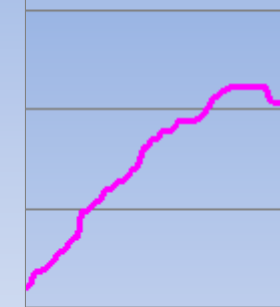


# Porovnání modelových místností

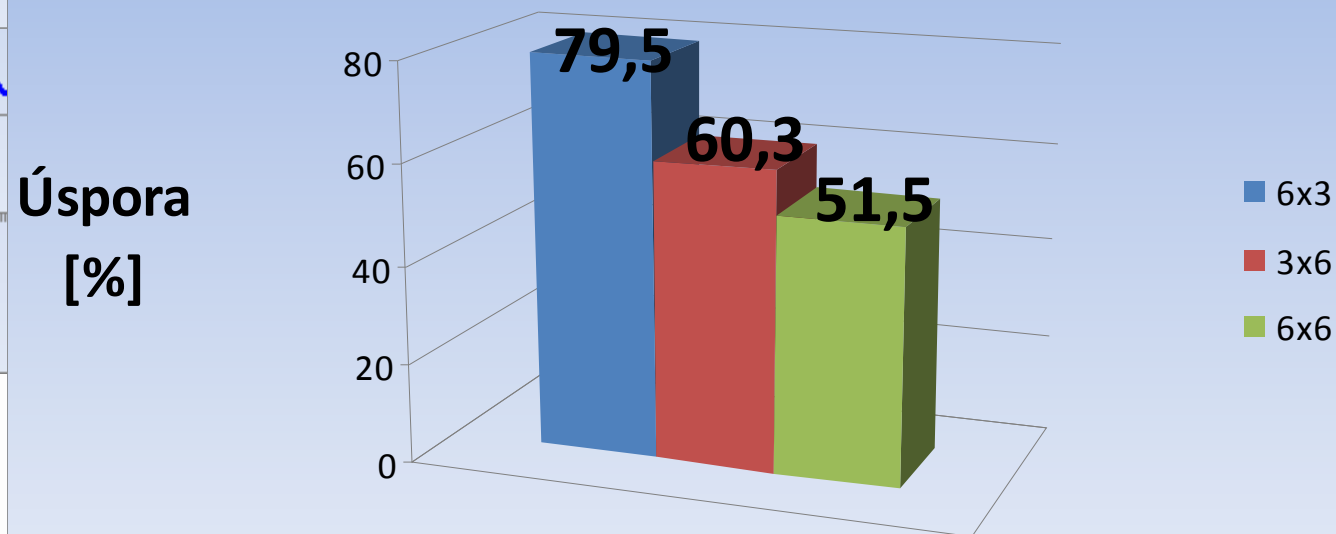
## Srovnání spotřeby el. energie



## Úspora



## Energetické úspory



## Závěr

- návrh SW pro stanovení potenciálu úspor
- předpokládané využití při:
  - návrzích a rekonstrukcích osvětlovacích soustav,
  - energetických auditech budov
  - tvorbě doporučení pro snižování energetické náročnosti budov