



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

Zateplení jednotlivých částí obálky budovy včetně jejich tepelně-vlhkosti posouzení a výměna výplní otvorů



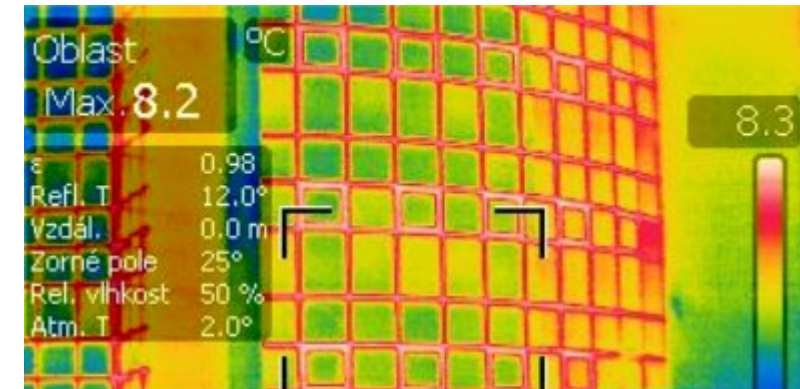
Tento projekt je financován Evropskou unií v rámci Národního plánu obnovy.

Energetická náročnost budov

- Spotřeba energie na vytápění, větrání, chlazení, ohřev vody...
- Udává se v kWh/m² za rok
- **Potřeba x spotřeba**

Typy domů podle spotřeby energie

- **Běžný dům:** 120–200 kWh/m²/rok
- **Nízkoenergetický dům:** do cca 50 kWh/m²/rok
- **Pasivní dům:** do 15 kWh/m²/rok
- **Nulový dům:** **vyrobí** stejně energie, než spotřebuje
- **Plusový dům:** **vyrobí** více energie, než spotřebuje



Energeticky úsporné budovy – definice???

Základní principy

- Minimalizace tepelných ztrát
- Využití pasivních solárních zisků
- Řízené větrání s rekuperací
- Využití odpadního tepla spotřebičů
- Využití metabolického tepla uživatelů
- Využití OZE

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY				
Typ budovy, místní označení			Hodnocení budovy	
Adresa budovy			stávající stav	po realizaci doporučení
Celková podlahová plocha:				
A				
B				
C				
D				
E				
F				
G				
Metrika vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m ² rok			X _Y	X _Y
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ			X _Y	X _Y
Podíl dodané energie připadající na:				
Vyspění	Chlazení	Větrání	Teplá voda	Osvětlení
%	%	%	%	%
Doba platnosti průkazu			Jmeno a příjmení	
Průkaz vypracoval			Osvědčení č.	

Vyhláška 148/2007 Sb.
Vyhláška 78/2013 Sb.
Vyhláška 264/2020 Sb.

ČSN 73 0540-2:2025

ENERGETICKÝ ŠTÍTEK OBÁLKY BUDOVY							
Typ budovy, místní označení			Hodnocení obálky budovy				
Adresa budovy			stávající	doporučení			
Celková podlahová plocha A ₀ = m ²							
G ₀ vstří uplna							
A							
B							
C							
D							
E							
F							
G							
Minimální neohospodářská							
Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy U _{0,10} ve W/m ² ·K			X	Y			
Hodnoty štiťek G ₀ a jiných doporučených hodnoty U _{0,10} pro A/V =			m ² /m ²				
G ₀	0,30	0,60	0,750	1,00	1,50	2,00	2,50
U _{0,10}							
Meno a příjmení do			Datum				
Štítek vypracoval			Jmeno a příjmení				
			Klasifikace				

Energeticky úsporné budovy – příklady



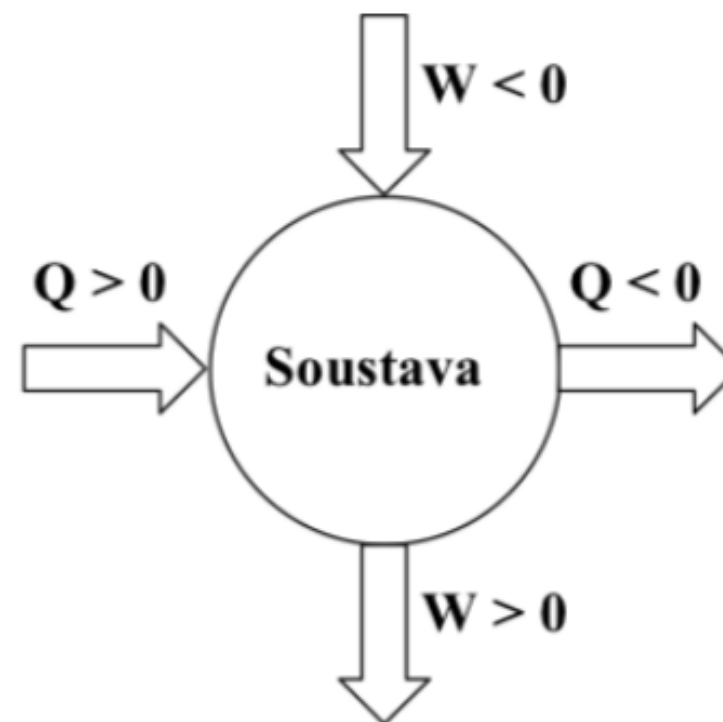
Tepelné ztráty budovy – jak energie utíká?

- **Zákon zachování energie**
- Celkové množství energie (včetně tepelné) je konstantní v uzavřeném systému

- Přenos tepla - základní rovnice:

$$Q = mc\Delta T$$

- Q = množství tepla [J]
- m = hmotnost tělesa [kg]
- c = měrná tepelná kapacita [J/kg·K]
- ΔT = změna teploty [K]



Trocha fyziky

- postulát o přechodu systému do rovnovážného stavu
 - při konstantních vnějších podmínkách dospěje každý systém do stavu termodynamické rovnováhy
 - v případě, že systém není v rovnováze, jeho vlastnosti se samovolně mění tak, aby systém rovnováhy dosáhl
- 1. věta termodynamická
 - energie nevzniká z ničeho, jedna její forma se může přeměňovat v druhou
 - změna vnitřní energie soustavy (ΔU) je rovna teplu Q a práci W , kterou soustava přijala nebo odevzdala
- 2. věta termodynamická,
 - teplo nemůže samovolně přecházet ze soustavy o nižší teplotě do soustavy o vyšší teplotě
 - všechny druhy energie lze převést bez omezení na energii tepelnou, ale tepelnou energii lze na ostatní energie převádět jen s jistými omezeními



Mechanismy přenosu tepla

Fyzikální principy

- Záření (radiace)
- Vedení tepla (kondukce)
- Proudění (konvekce)
- Kombinované přenosy
- Sdílení tepla mezi tělesy



Sdílení tepla radiací (zářením)

- **Princip:** přenos tepla elektromagnetickým zářením bez nutnosti hmotného prostředí (Stefan-Boltzmannův zákon)

$$P = \sigma \varepsilon A T^4$$

- kde:
 - P = vyzařované teplo [W]
 - σ = Stefan-Boltzmannova konstanta
 - ε = emisivita povrchu (0–1)
 - A = plocha povrchu [m²]
 - T = absolutní teplota [K]

sluneční záření, záření z ohně, sálání budovy



Sdílení tepla kondukcí (prouděním)

- **Princip:** přenos tepla skrze látku bez pohybu hmoty (Fourierův zákon)

$$q = -k \frac{dT}{dx}$$

- kde:
 - q = hustota tepelného toku [W/m^2]
 - k = tepelná vodivost materiálu [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]
 - dT/dx = teplotní gradient
- vodič - vysoká tepelná vodivost: kovy, voda...
- izolant - nízká tepelná vodivost: dřevo, vzduch...



Sdílení tepla konvekcí (vedením)

- **Princip:** přenos tepla prostřednictvím pohybu prostředí (kapaliny nebo plynu) (Newtonův zákon)

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

- kde:
 - h = koeficient přestupu tepla [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
 - A = plocha výměny tepla [m^2]
 - ΔT = rozdíl teplot

chlazení radiátoru vzduchem, průvan v budově



Tepelné ztráty budovy – kde energie utíká?

Hlavní cesty tepelných ztrát

- Obvodové stěny
- Střecha / strop
- Podlaha
- Okna a dveře
- Tepelné mosty
- Netěsnosti
- Větrání



Orientační podíl ztrát u nezatepleného domu

- Střecha: 20–30 %
- Stěny: 25–35 %
- Okna a dveře: 15–25 %
- Podlaha: 10–15 %
- Netěsnosti: až 10 %

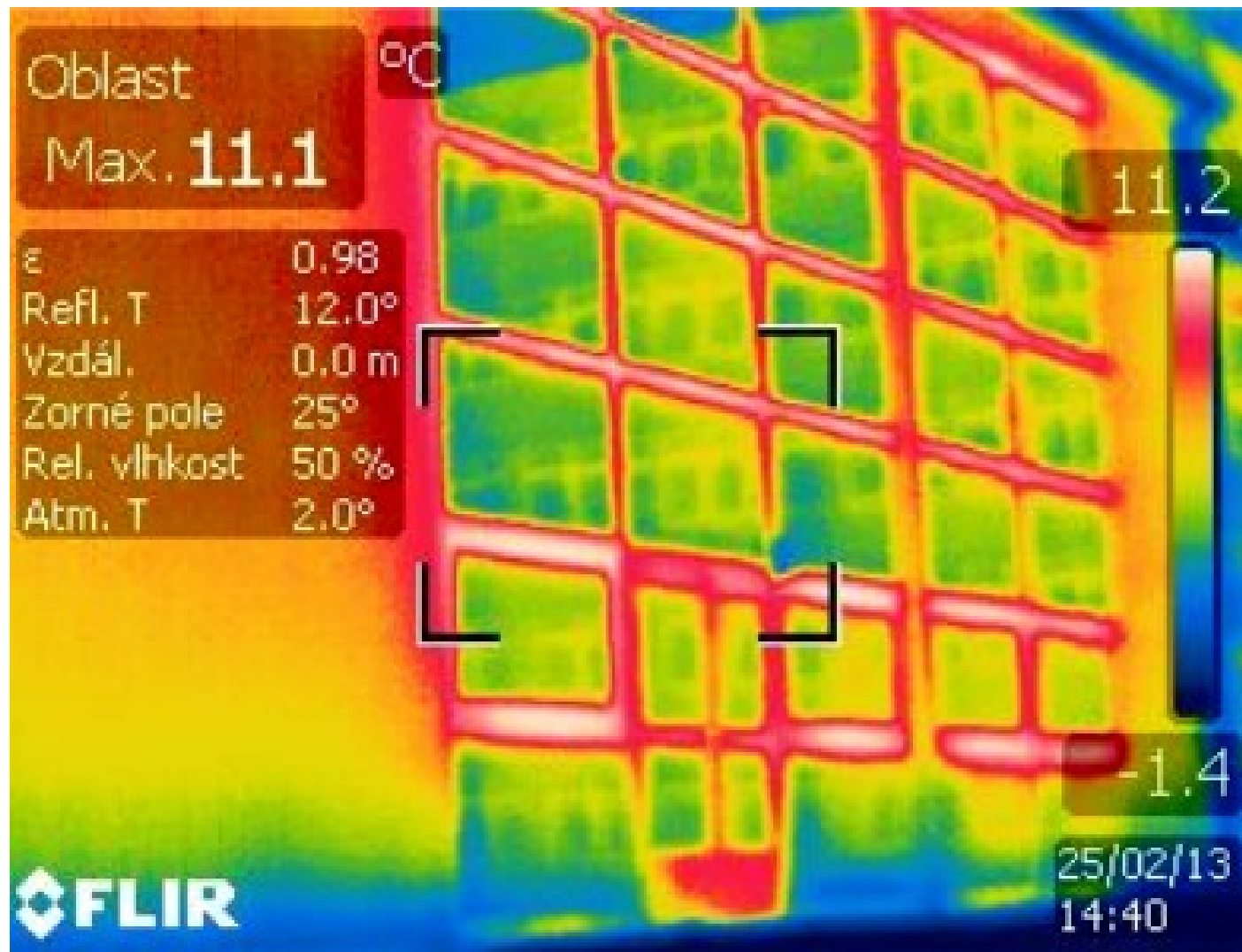
Tepelné mosty

Místa s lokálně zvýšeným únikem tepla

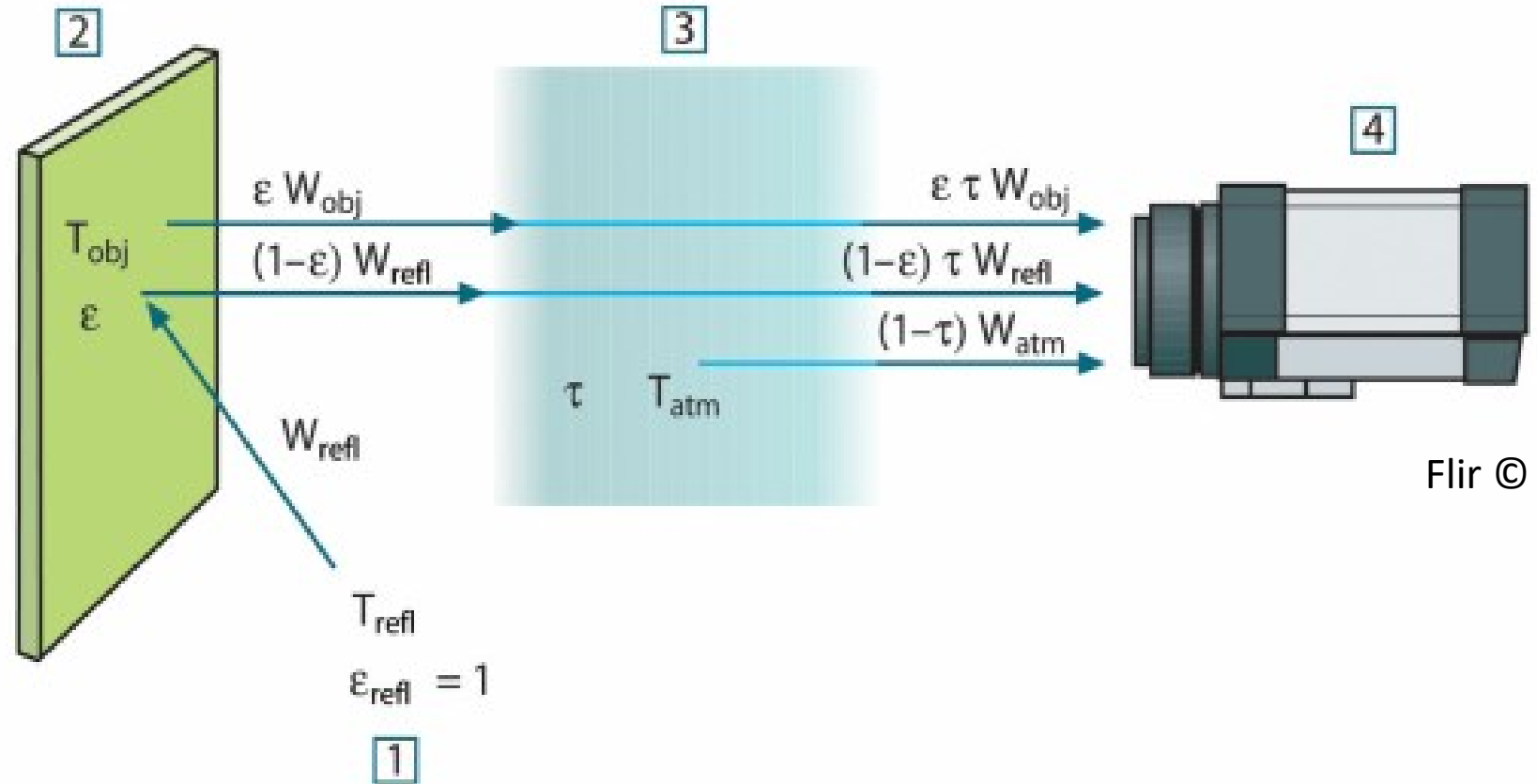
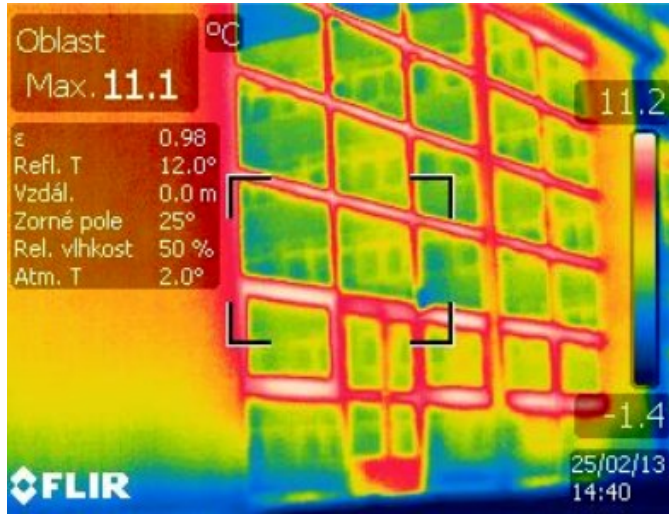
- Typicky:
 - Napojení balkonů
 - Rohy staveb
 - Překlady a věnce
 - Napojení oken
 - Montážní prvky
 - Technická zařízení
- **Důsledky tepelných mostů**
 - Vyšší spotřeba energie
 - Riziko kondenzace vlhkosti
 - Plísně
 - Zhoršení kvality vnitřního prostředí



Tepelné mosty



Tepelné mosty - detekce



Flir ©

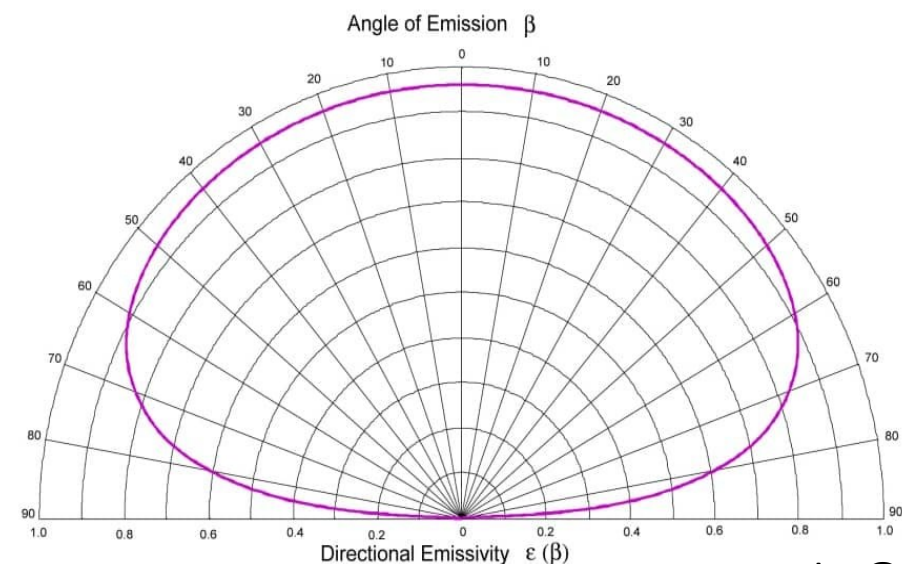
$$P = \sigma \epsilon A T^4$$

Sdílení tepla radiací (zářením) = přenos tepla elektromagnetickým zářením (Stefan-Boltzmannův zákon)

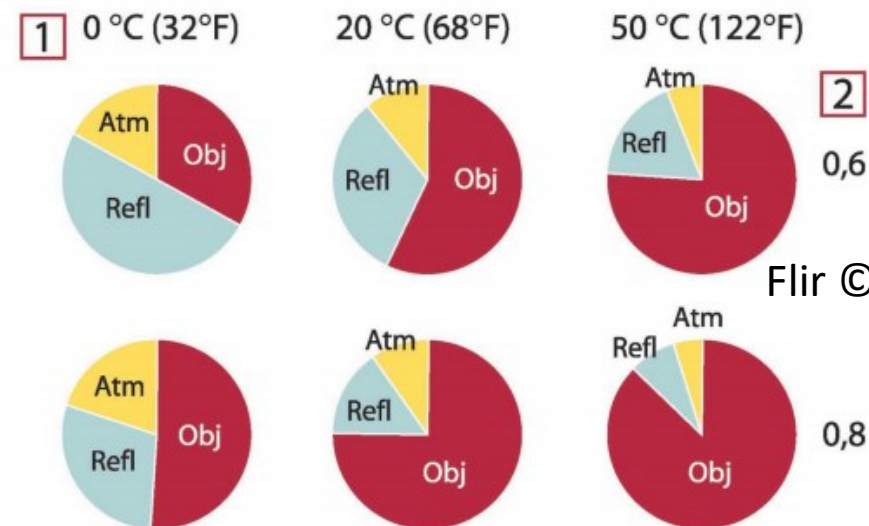
Tepelné mosty - detekce

Aluminum	Temperature °F (°C)	Emissivity Coefficient - ϵ -
Unoxidized	77 (25)	0.02
Unoxidized	212 (100)	0.03
Unoxidized	932 (500)	0.06
Oxidized	390 (199)	0.11
Oxidized	1110 (599)	0.19
Oxidized at 1110°F (599°C)	390 (199)	0.11
Oxidized at 1110°F (599°C)	1110 (599)	0.19
Heavily Oxidized	200 (93)	0.20
Heavily Oxidized	940 (504)	0.31
Highly Polished	212 (100)	0.09
Roughly Polished	212 (100)	0.18
Commercial Sheet	212 (100)	0.09
Highly Polished Plate	440 (227)	0.04
Highly Polished Plate	1070 (577)	0.06
Bright Rolled Plate	338 (170)	0.04
Bright Rolled Plate	932 (500)	0.05
Alloy A3003, Oxidized	600 (316)	0.40
Alloy A3003, Oxidized	900 (482)	0.40

Flir ©

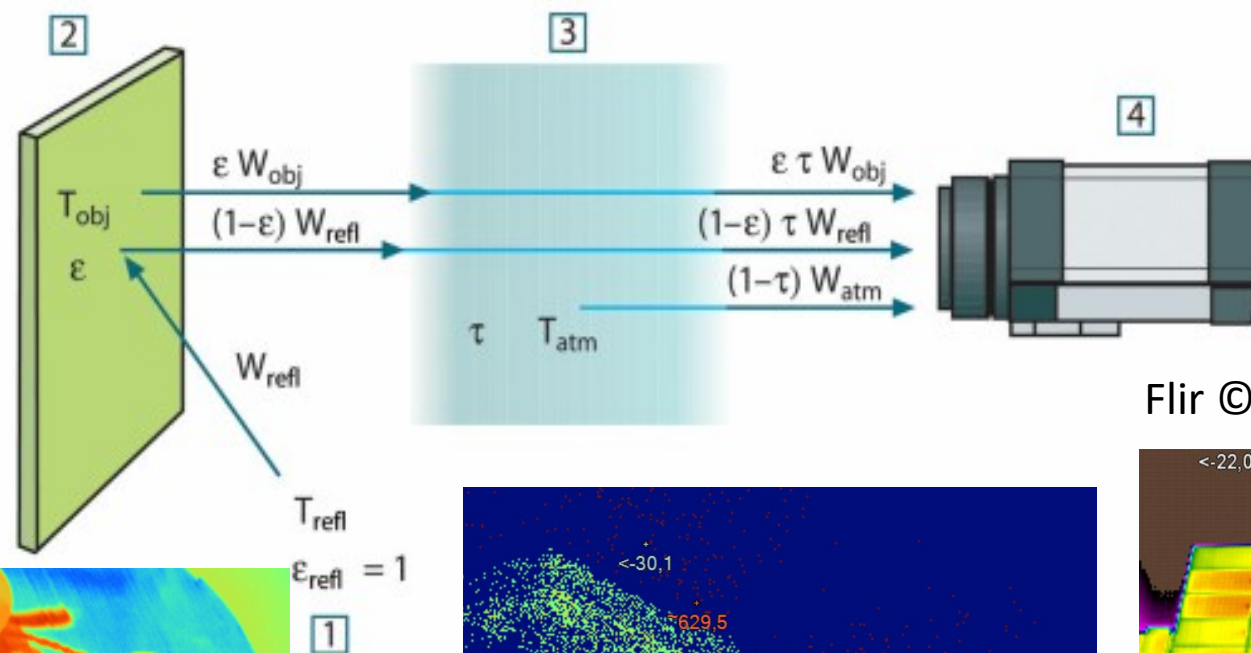
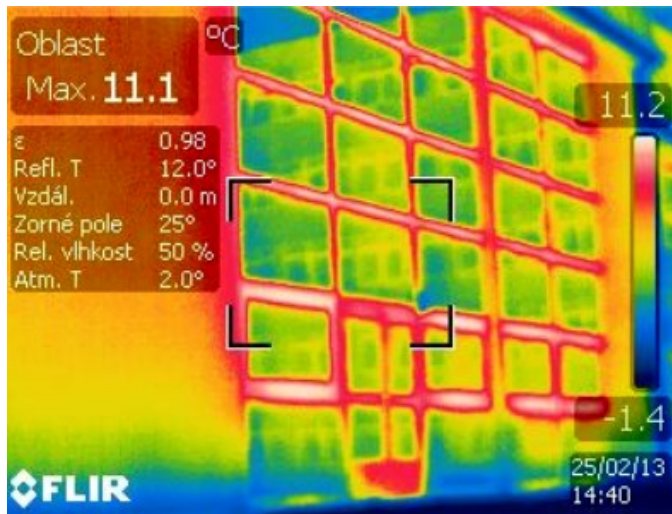


Flir ©

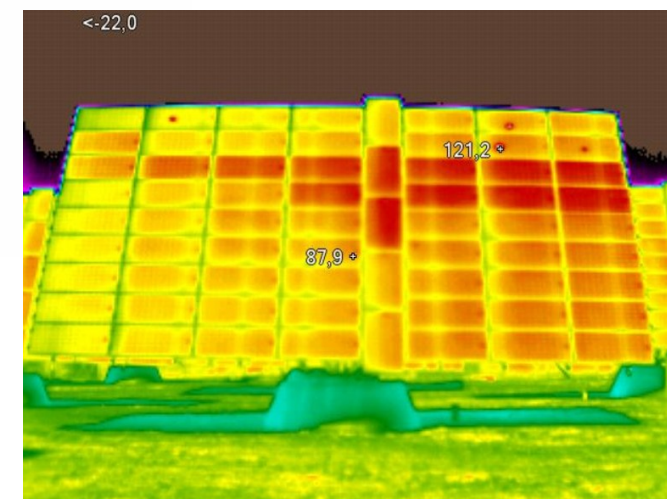
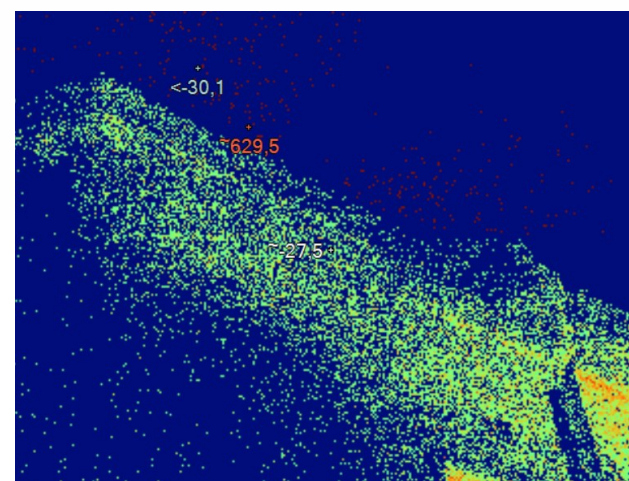
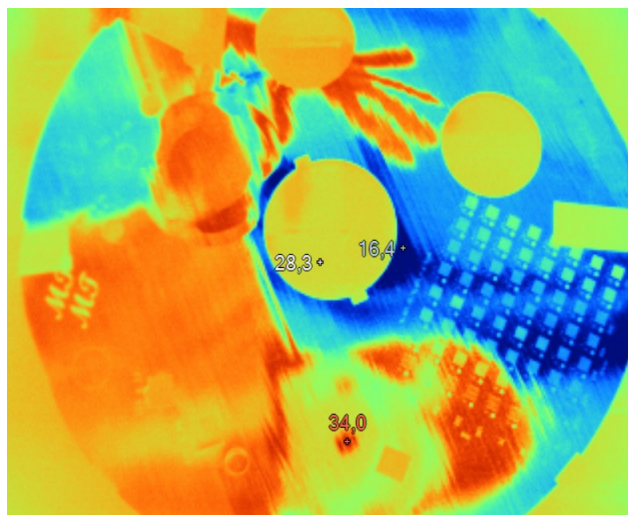


Flir ©

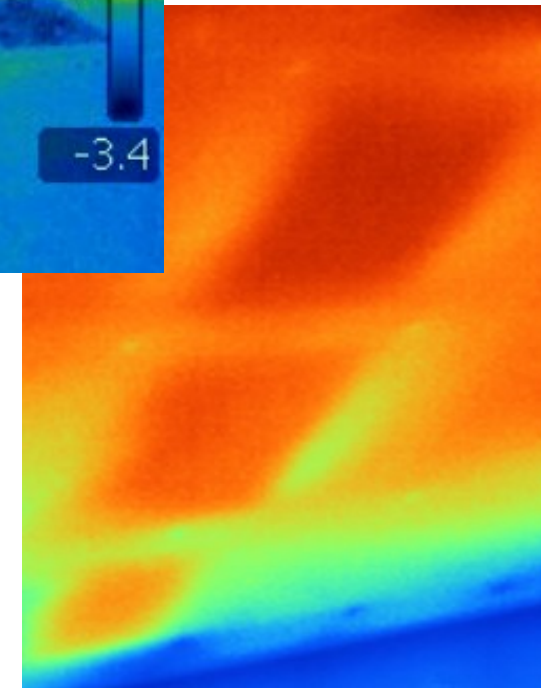
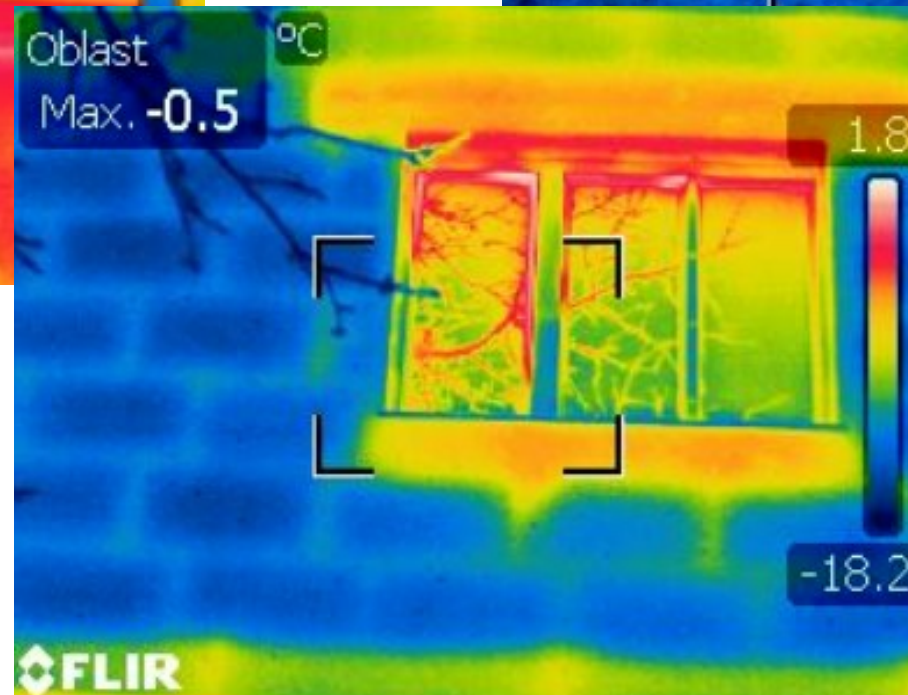
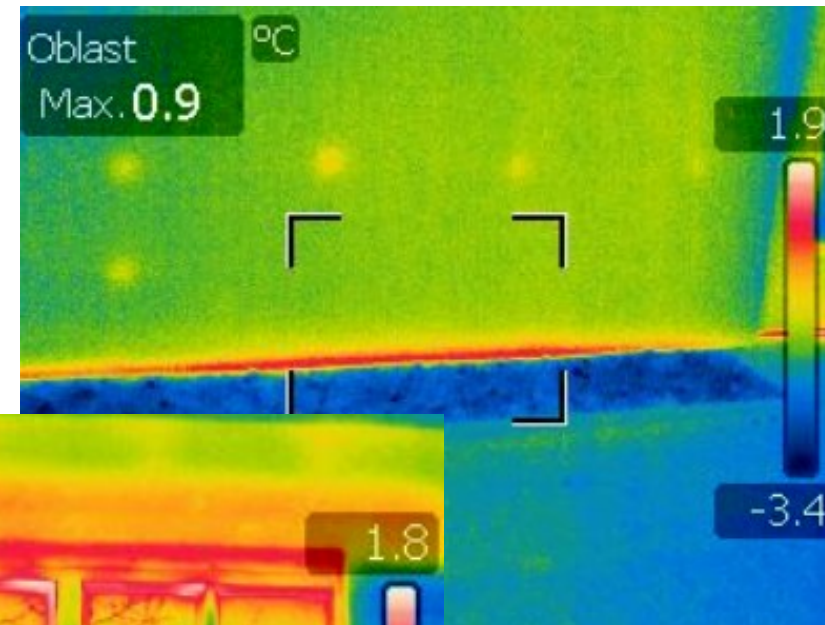
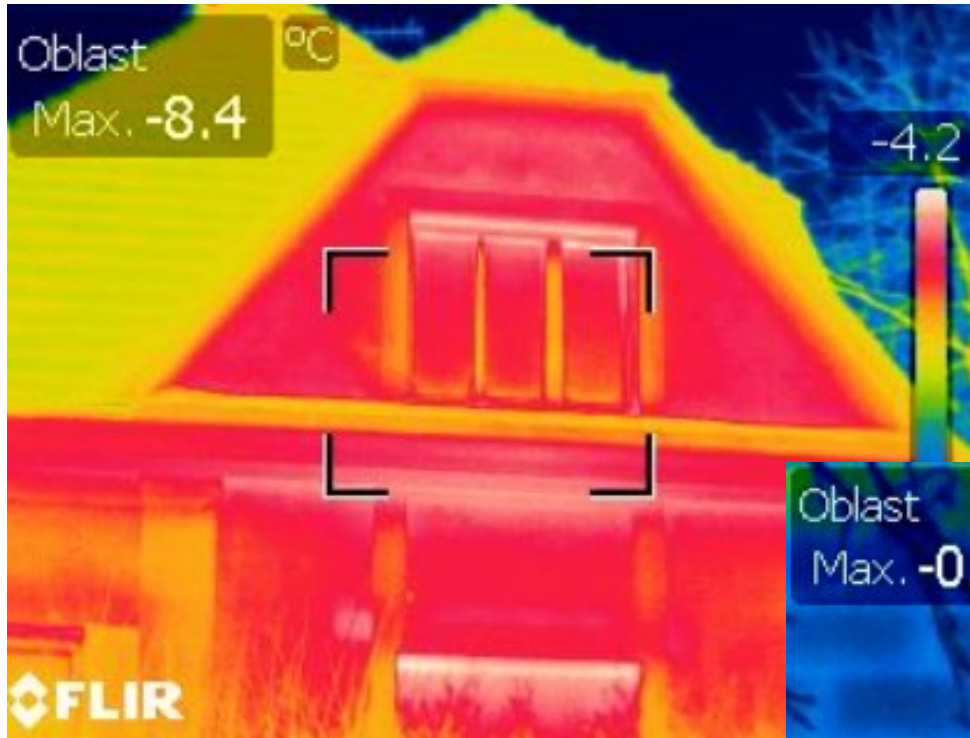
Tepelné mosty - detekce



Flir ©



Tepelné mosty



Tepelné mosty

- Plošné tepelné mosty
- Liniové tepelné mosty
- Bodové tepelné mosty



Zateplování – klíčový nástroj úspor

Proč zateplovat?

- Snížení tepelných ztrát
- Stabilní vnitřní teplota
- Ochrana konstrukce
- Zvýšení životnosti budovy

Základní zásady správného zateplení

- Souvislá tepelná obálka bez přerušení
- Dostatečná tloušťka izolace
- Správné řešení detailů
- Kvalitní provedení (řemeslo!)



Druhy zateplení

Vnější zateplení (ETICS) – aplikace na fasádu

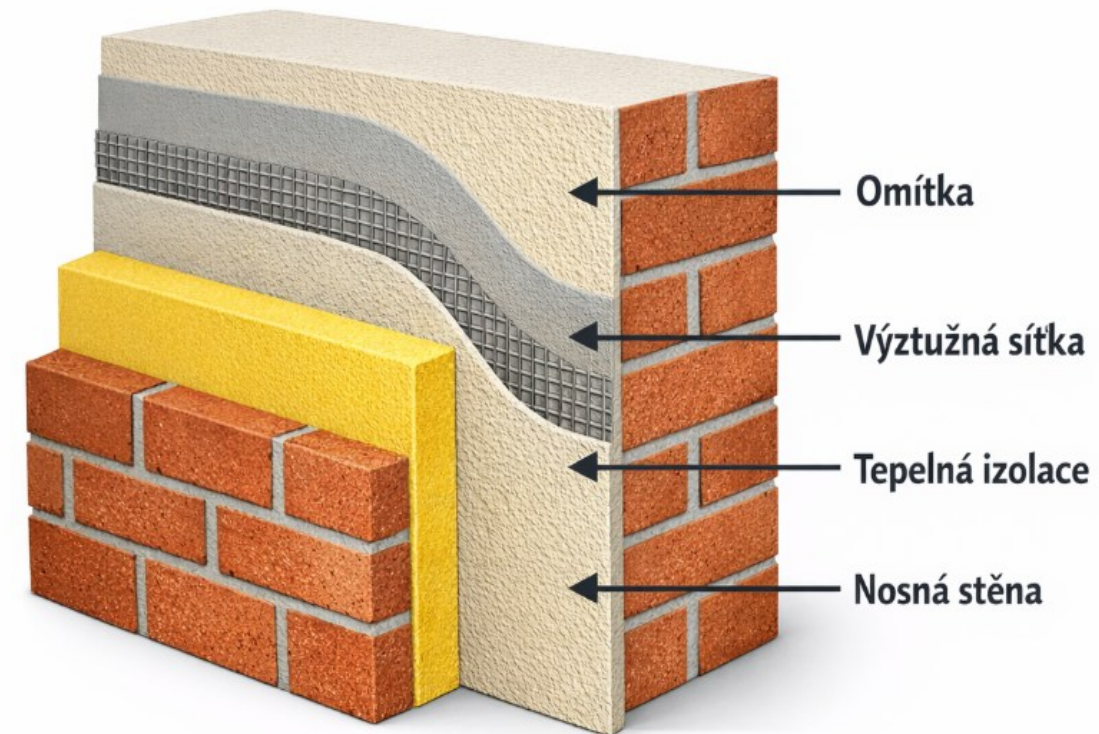
- Nosná stěna – například cihla nebo beton
- Tepelně izolační vrstva – desky z EPS, minerální vlny nebo jiného izolantu
- Výztužná síťka – pro zvýšení pevnosti
- Vrchní omítka – dekorativní a ochranná vrstva
- Akumulační schopnost „vnitřní“ zdi

Vnitřní zateplení – aplikace zevnitř místností

- Izolační materiál na vnitřní straně stěn
- Musí být správně navrženo, aby nezpůsobilo kondenzaci vlhkosti mezi stěnou a izolací (riziko plísní)
- Parozábrana (pro ochranu proti vlhkosti)
- Nezasahuje do fasády (vhodné pro historické domy)
- Větší tepelné dilatace „vnější“ zdi

Střešní a podkrovní zateplení

Zateplení podlah a základů



Druhy zateplení

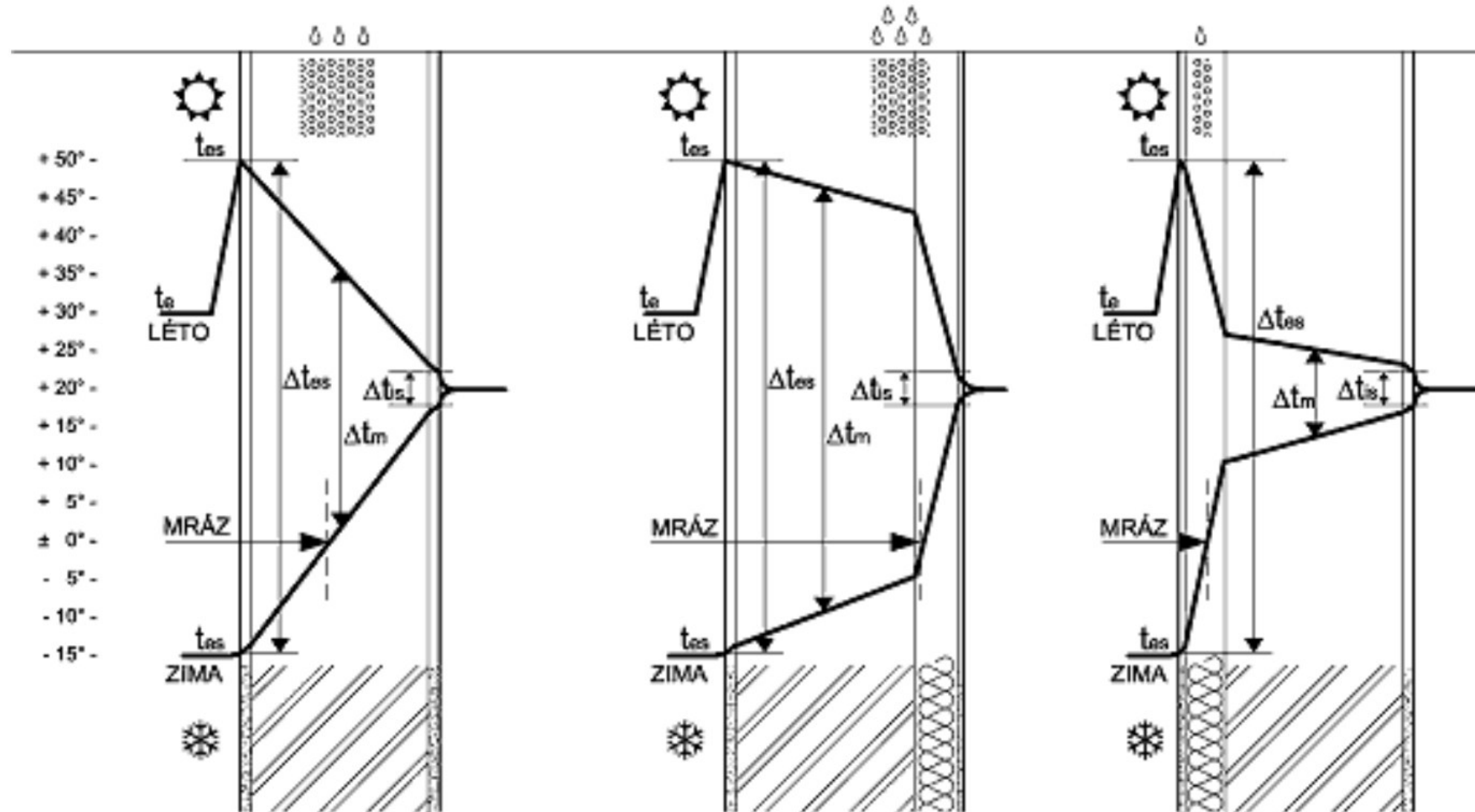
Vnější zateplení



Vnitřní zateplení



Druhy zateplení - fyzika



Průběh teplot v konstrukci

Zateplení stropů



Zateplení podlah



Materiály pro zateplení

Minerální izolace

- Skelná vata, kamenná vlna
- Výhody: nehořlavost, paropropustnost
- Nevýhody: citlivost na vlhkost



Polystyren (EPS, XPS)

- Výhody: cena, jednoduchá aplikace
- Nevýhody: horší difuze, požární vlastnosti



Pěna (PUR, PIR)

- Výhody: jednoduchá aplikace
- Nevýhody: cena, požární vlastnosti

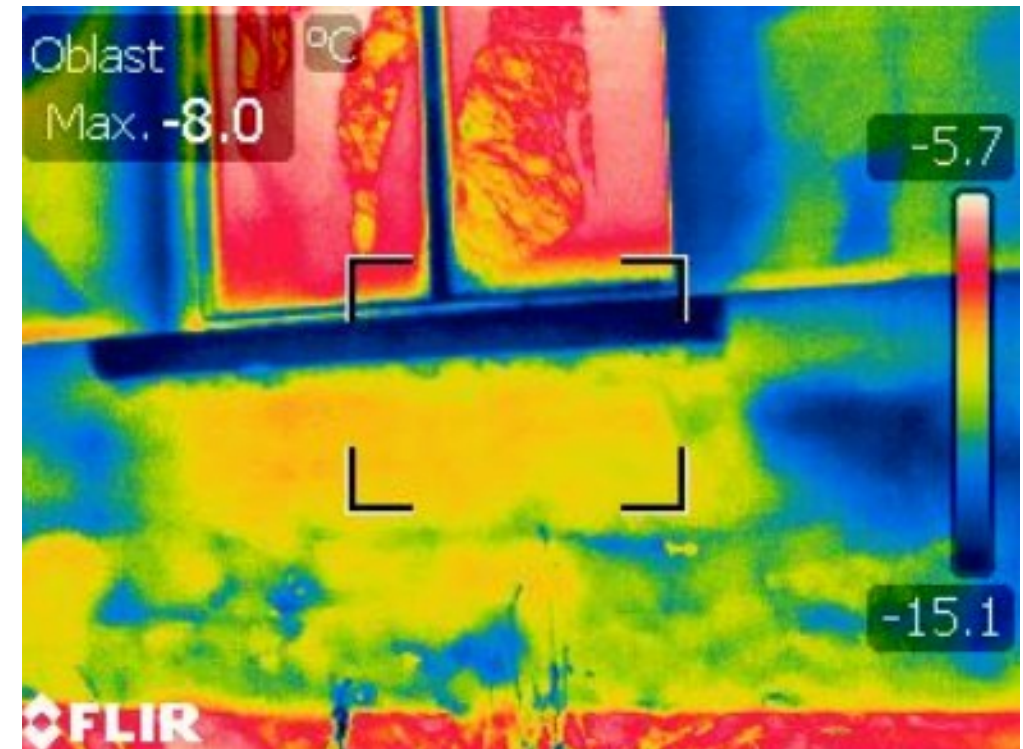
Přírodní izolace

- Dřevovláknno, celulóza, konopí
- Výhody: ekologie, tepelná akumulace
- Nevýhody: cena, dostupnost



Materiály pro zateplení

- **Tepelně izolační vlastnosti**
- Klíčový parametr: **součinitel tepelné vodivosti λ [W/m·K]**
- Nižší $\lambda \rightarrow$ lepší izolace
- Typické hodnoty:
 - Minerální vlna: 0,035 – 0,045 W/m·K
 - Polystyren: 0,031 – 0,038 W/m·K
 - PUR/PIR pěna: 0,022 – 0,028 W/m·K
 - Pálená plná cihla: 0,60 – 0,85 W/m·K
 - Dutá cihla: 0,20 – 0,45 W/m·K
 - Pórobeton: 0,10 – 0,25 W/m·K
 - Dřevo (smrk, borovice): 0,12 – 0,15 W/m·K



Materiály pro zateplení

- **Akustické izolační vlastnosti**
 - Kročejový hluk → vzniká kontaktem s konstrukcí
 - Vzduchový hluk → vzniká šířením vzduchem
- **Konstrukční vlastnosti**
 - pevnost, únosnost, opracovatelnost...
- **Požární vlastnosti**
 - třída reakce na oheň
- **Estetické vlastnosti**
- **Zdravotní vlastnosti**
- **Fyzikální vlastnosti**
 - teplotní odolnost
 - odolnost proti UV
 - nasákavost

Materiál	Hořlavost / Třída požární reakce	Poznámka
Minerální vlna	A1 (nehořlavé)	Bezpečné, vhodné všude
EPS	E	Hořlavé, roztéká se
XPS	E / B-s1,d0	Částečně zpomalující hoření
PUR / PIR	B / C	Dobrá izolace, toxický kouř
Dřevo, celulóza	Hořlavé	Lze ošetřit impregnačně

Materiály pro zateplení

Orientační tloušťka

- Stěny: 20–30 cm
- Střecha: 30–40 cm
- Podlaha: 15–25 cm



Materiály pro zateplení

Kročejová izolace

- hobra, mirelon



Tepelná zrcadla



Ochrana proti vlhkosti

Parozábrana x správná skladba izolace

Parciální tlak vodních par

- Závisí na:
 - teplotě vzduchu
 - vlhkosti vzduchu
- Suchý vzduch: cca 0 Pa
- Běžný vnitřní vzduch: cca 800–1500 Pa
- Nasycená vodní pára při 20 °C: cca 2330 Pa

Rosný bod

- Teplota, při které je za daného tlaku vzduch nasycen vodní párou.
- Teplota, kdy vodní pára začíná kondenzovat (mění skupenství na kapalinu)

Vlhkost

- Absolutní vlhkost – skutečné množství vodní páry ve vzduchu [kg/m^3], [g/m^3]
- Relativní vlhkost – poměr aktuálního množství vodní páry k maximálnímu možnému při dané teplotě [%]



Okna a otvory

Tepelně-izolační vlastnosti

- Klíčový parametr: **součinitel tepelné vodivosti λ [W/m·K]**
- Nižší $\lambda \rightarrow$ lepší izolace
- Konstrukce oken
- Rám
 - Materiály
 - dřevo
 - plast
 - hliník s přerušným tepelným mostem
 - kombinace (dřevo-hliník)
 - Izoluje teplo a zabraňuje kondenzaci
- Sklo
 - Jednoduché sklo – pouze zabraňuje průvanu
 - Dvojsklo – běžně v nízkoenergetických domech
 - Trojsklo – standard pro pasivní domy
 - Nízkoemisní vrstvy (Low-E)
 - Plynná izolační náplň (argon, krypton)



Okna - tepelně-izolační vlastnosti

- **Součinitel prostupu tepla (U_w)**
- Udává množství tepla, které uniká oknem (W/m^2K)
- Pasivní domy: $U_w \leq 0,8 W/m^2K$
- Nízkoenergetické domy: $U_w \approx 1,0-1,1 W/m^2K$

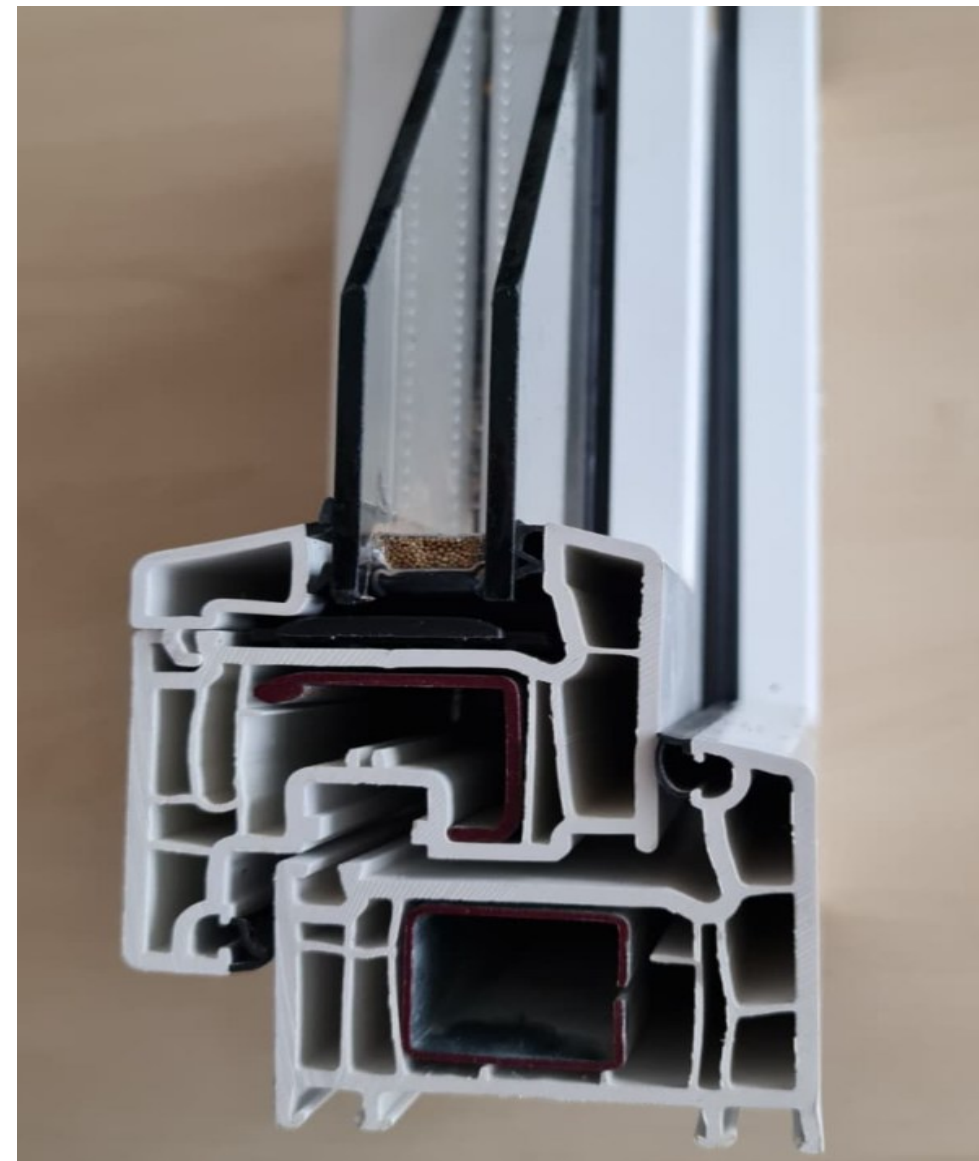
- **Solární faktor (g)**
- Podíl solární energie, která projde oknem do interiéru
- Pasivní dům: $g \approx 50-60 \%$ (řízená orientace a stínění)

- **Povrchová úprava**
- Fólie, barva - životnost



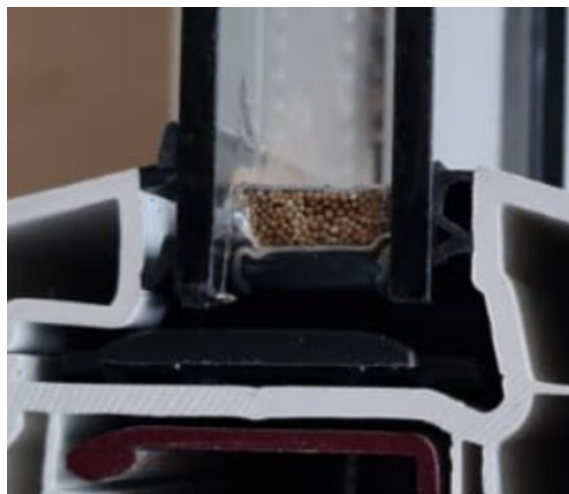
Okna - tepelně-izolační vlastnosti

- **Součinitel prostupu tepla rámu (U_f)**
- Materiál rámu má vliv na celkovou teplotu
- Dřevo: $U_f \approx 1,2\text{--}1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$
- PVC s izolačními výplněmi: $U_f \approx 1,0\text{--}1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Hliník: potřeba přerušení tepelného mostu ($U_f \approx 1,5\text{--}2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$)
- Těsnění
 - dvojité
 - trojitě
- Kování
 - počet křídel
 - typ ovládání



Okna - tepelně-izolační vlastnosti

- **Součinitel prostupu tepla skla (U_g)**
- Hodnota pro samotné zasklení
- Trojskla: $U_g \approx 0,5\text{--}0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Dvojskla: $U_g \approx 1,1\text{--}1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
- **Distanční rámeček a okrajové ztráty (ψ)**
- Tepelná ztráta po obvodu skla
- Moderní teplé rámečky snižují ztrátu až o 20–30 %



Okna - tepelně-izolační vlastnosti

Orientace a velikost

- orientace na jih pro solární zisky v zimě
- solární okna

Sluneční clony

- stínící prvky pro zabránění přehřívání v létě
- solární skla
- venkovní žaluzie
- pergoly



Okna - tepelně-izolační vlastnosti

Těsnění a montáž

- minimalizuje průnik vzduchu
- správná instalace do stavebních otvorů

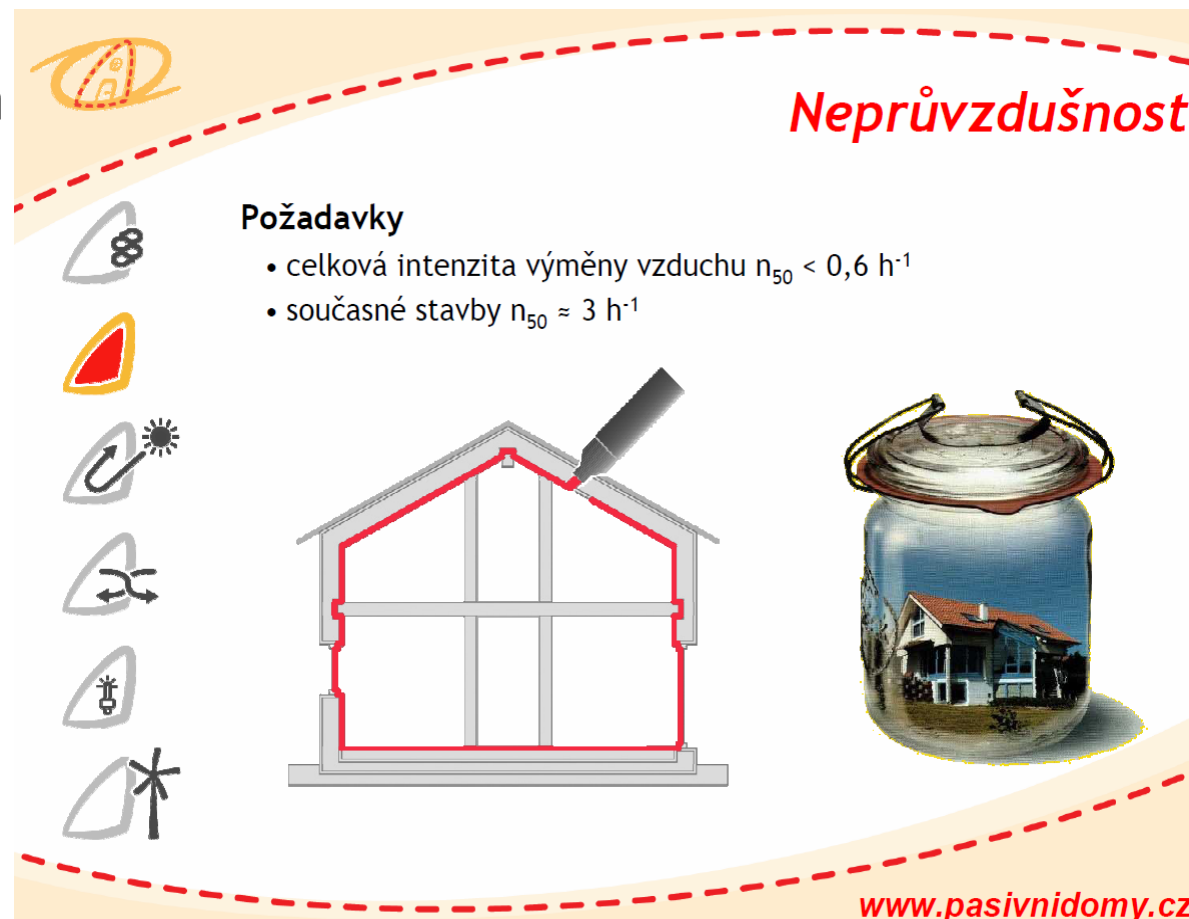


Okna - tepelně-izolační vlastnosti



Neprůvzdušnost

- **ISO 9972**
- **Metoda 1:** Měření budovy v provozním stavu (testuje se dům tak, jak se v něm skutečně žije).
- **Metoda 2:** Měření obálky budovy - všechny záměrné otvory, jako jsou ventilace nebo digestoře, se zalepí
- **Metoda 3:** Záměrné větrací otvory - komínové průduchy, větrací mřížky, přísávání ke krbům nebo digestoře se uzavřou, pokud mají těsné klapky, jinak se přelepí fólií



$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V}$$

$\dot{V}_{50}$ je objemový tok vzduchu skrz obálku budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa v m^3/h ;
 V je objem vnitřního vzduchu v m^3 .

Neprůvzdušnost - realizace

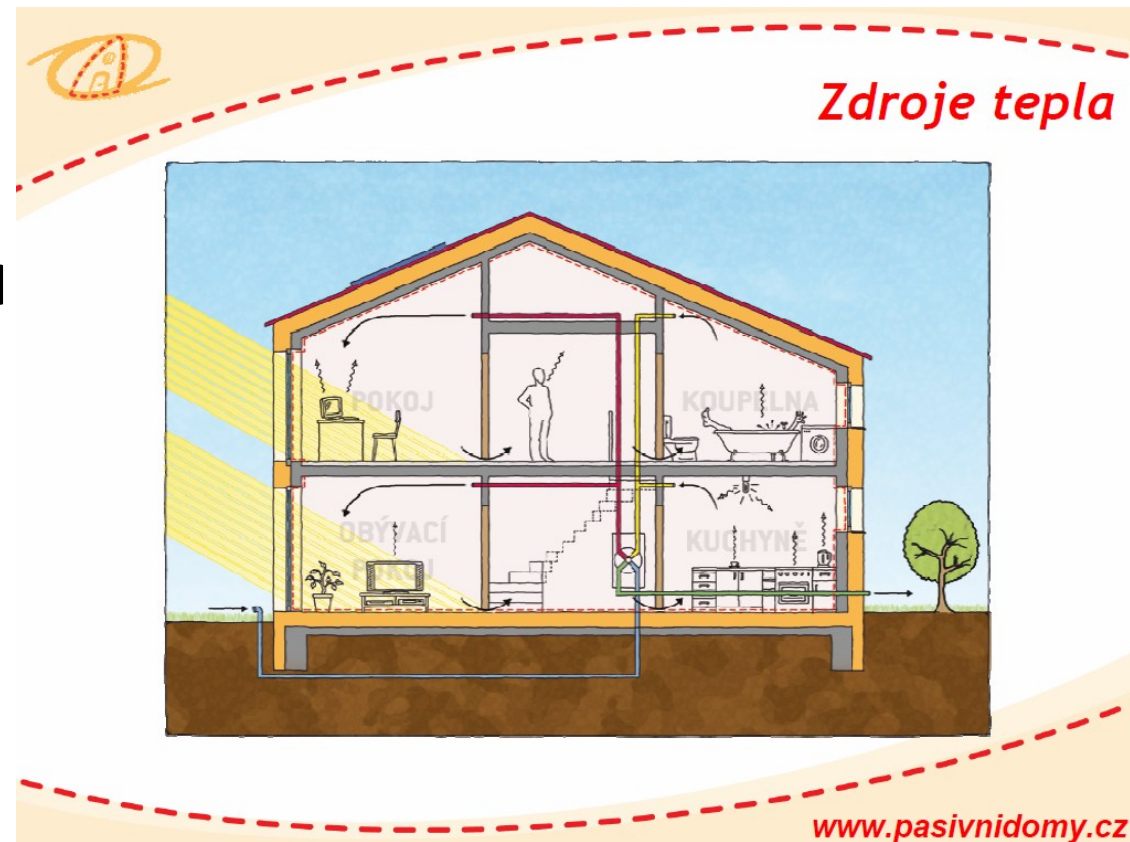


Neprůvzdušnost - realizace



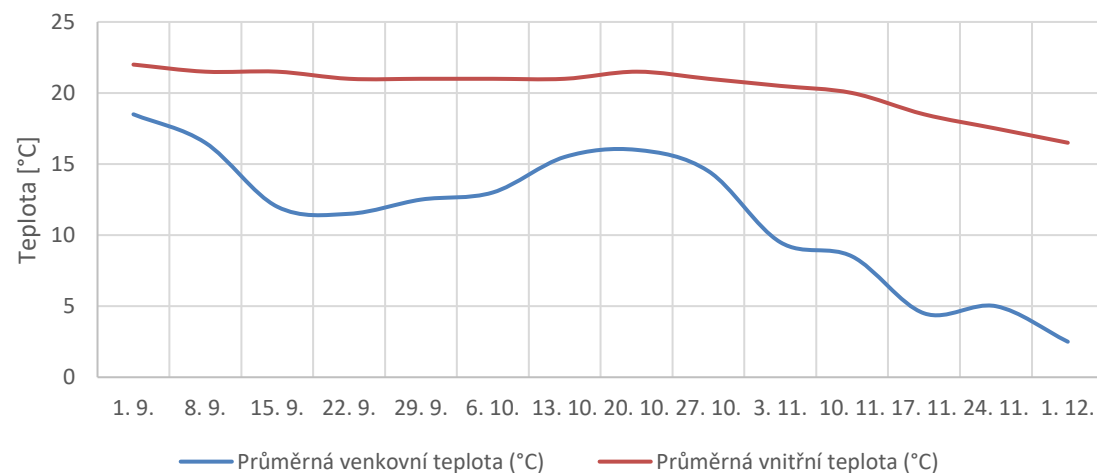
Energeticky úsporné budovy - další technika

- Využití pasivních solárních zisků
- Řízené větrání s rekuperací
- Využití odpadního tepla spotřebičů
- Využití metabolického tepla uživatelů
- Využití OZE

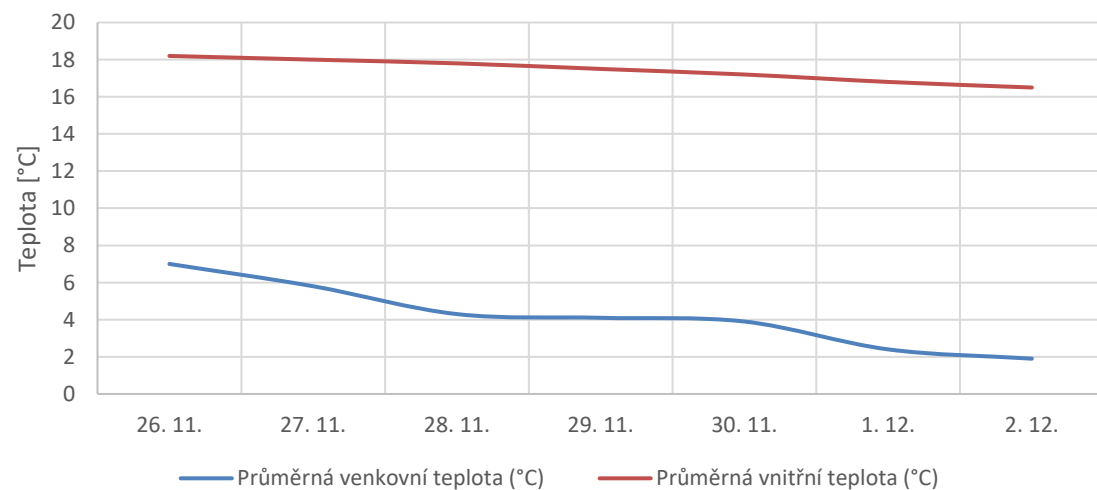


Tepelný komfort ?????

Průměrná týdenní teplota



Průměrná denní teplota



Teplota v klubovně 2.12.2022

