



# Integrace solárních soustav a kotlů na biomasu do soustav pro vytápění budov

**Tomáš Matuška**

Ústav techniky prostředí, Fakulta strojní

ČVUT v Praze



# Integrace OZE do budov

---

- **sluneční energie**
  - přímé využití slunečního záření pro přeměnu na **teplo**, elektrickou energii, mechanickou energii, ...
- **energie biomasy**
  - přeměna sluneční energie v chemickou energii organických látek (fotosyntéza), uvolnění např. **spalováním**
- **větrná energie**
  - nerovnoměrné zahřívání zemského povrchu: cirkulaci atmosféry, kinetická energie větru
- **vodní energie**
  - sluneční záření způsobuje koloběh vody (vypařování v oceánech, přenos větrem a následné srážení)
- **energie prostředí**
  - sluneční záření zahřívá pevniny, oceány, atmosféru: průměrná teplota 18 °C (-265 °C)



# Integrace OZE do budov

---

- **neutrální bilance CO<sub>2</sub>**
  - produkovaný CO<sub>2</sub> byl v krátkodobém horizontu z atmosféry odebrán
  - problematika lokálních emisí (tuhé částice, NO<sub>x</sub>)
  - emise související s dopravou paliva
  - bezemisní kombinace obou zdrojů
- **komplementarita**
  - zdroje vhodně doplňují z hlediska provozu
  - využití sluneční energie: letní a přechodové období
  - využití spalování biomasy: zimní a přechodové období



# Integrace OZE do budov

---

- **snížení tepelných ztrát - prostupem**
  - zateplení budov, tloušťky tepelných izolací 300 mm, okna s trojskly, omezení tepelných mostů
- **snížení tepelných ztrát - větráním**
  - těsná okna s minimální neřízenou infiltrací, těsnost budov (blower door test)
  - mechanické větrací systémy se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu
- **snížení spotřeby teplé vody**
  - úsporné výtokové armatury, zaregulování a zaizolování rozvodů, izolace
- **snížení spotřeby elektrické energie**
  - úsporné spotřebiče, osvětlení, regulace

**využití OZE pro zásobování teplem jako logický následný krok**



# Integrace OZE do budov

---

- **systemová**
  - zakomponování obnovitelného zdroje energie do systému energetického zásobování budovy
- **architektonická**
  - zohlednění estetického hlediska, obnovitelný zdroj jako architektonický prvek exteriéru nebo interiéru, **výrazný** x **potlačený**
- **konstrukční**
  - obnovitelný zdroj energie nebo jeho část tvoří součást konstrukce budovy



# Systemová integrace

- vytvoření funkčních vazeb mezi OZE a energetickým systémem
  - hydraulické zapojení, parametry okruhu spotřeby tepla, regulace



zdroj

–



akumulace

–



spotřeba

- **solární soustavy** – nepravidelný zdroj x nepravidelná spotřeba
- **kotle na biomasu** – hydraulické oddělení, provoz při jmenovitých podmínkách



# Systemová integrace solárních soustav

---

- **řešení se liší podle**
  - účelu odběru tepla (příprava teplé vody, vytápění, ohřev bazénové vody)
  - typu budovy (rodinné domy, bytové domy, ústavy soc. péče, hotely)
  - velikosti soustavy (maloplošné pro RD, velkoplošné pro BD)
  - způsob provozu, regulace
  
- **zodpovědnost leží na projektantovi otopné soustavy**
  - bezpečnost otopné soustavy
  - funkčnost
  - úspornost



# Navrhování solárních soustav

## ■ rozhodovací kritéria

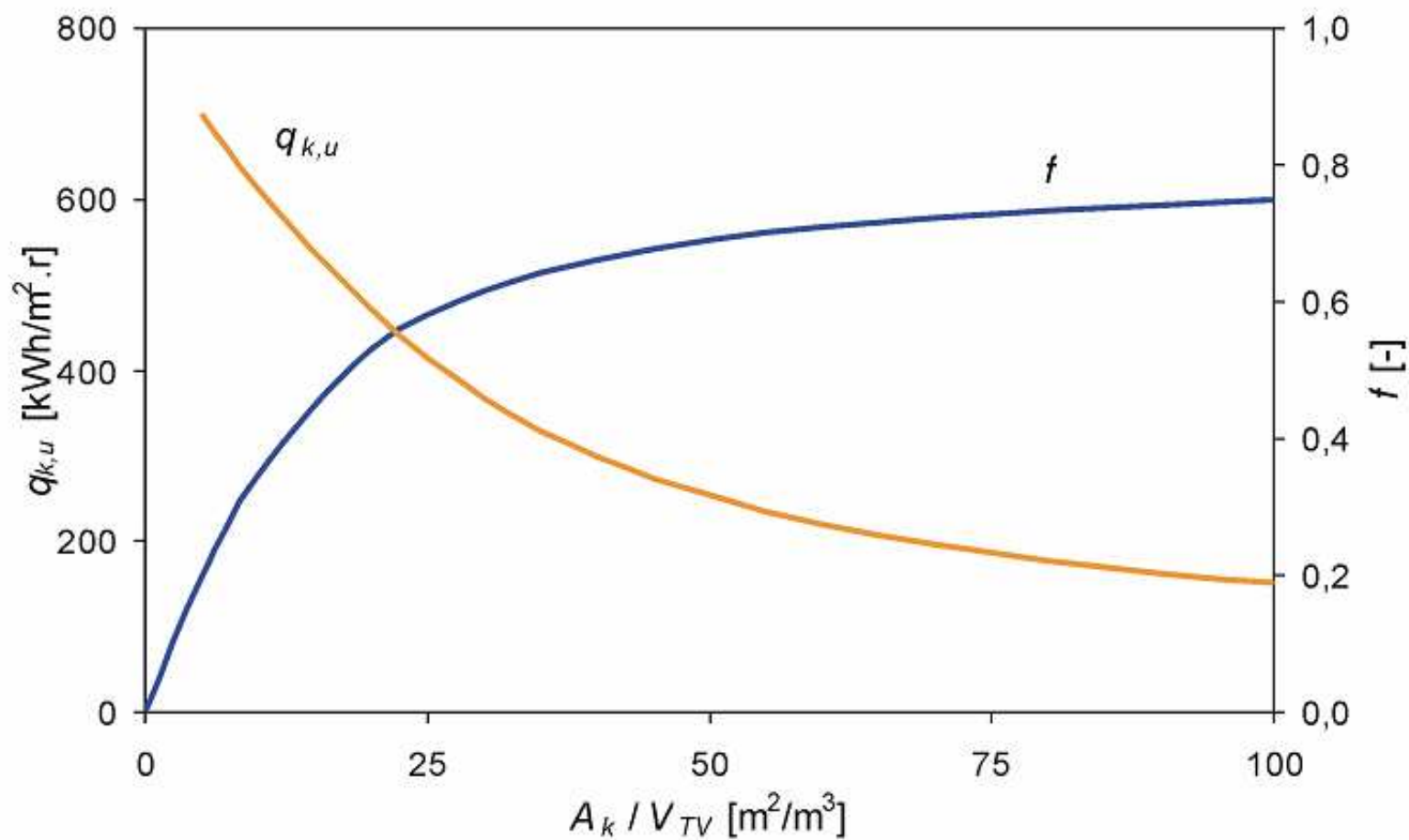
- maximalizace měrných solárních zisků  $q_{k,u}$  [kWh/m<sup>2</sup>]
- maximalizace solárního pokrytí  $f$  [%] - maximální nahrazení primárních paliv
- požadovaný solární podíl (optimalizace návrhu)
- podmínky struktury budovy, limitující parametry (velikost střechy, možný sklon kolektorů, architektonické souvislosti)







# Navrhování solárních soustav



s rostoucím solárním pokrytím klesají měrné zisky z kolektorů



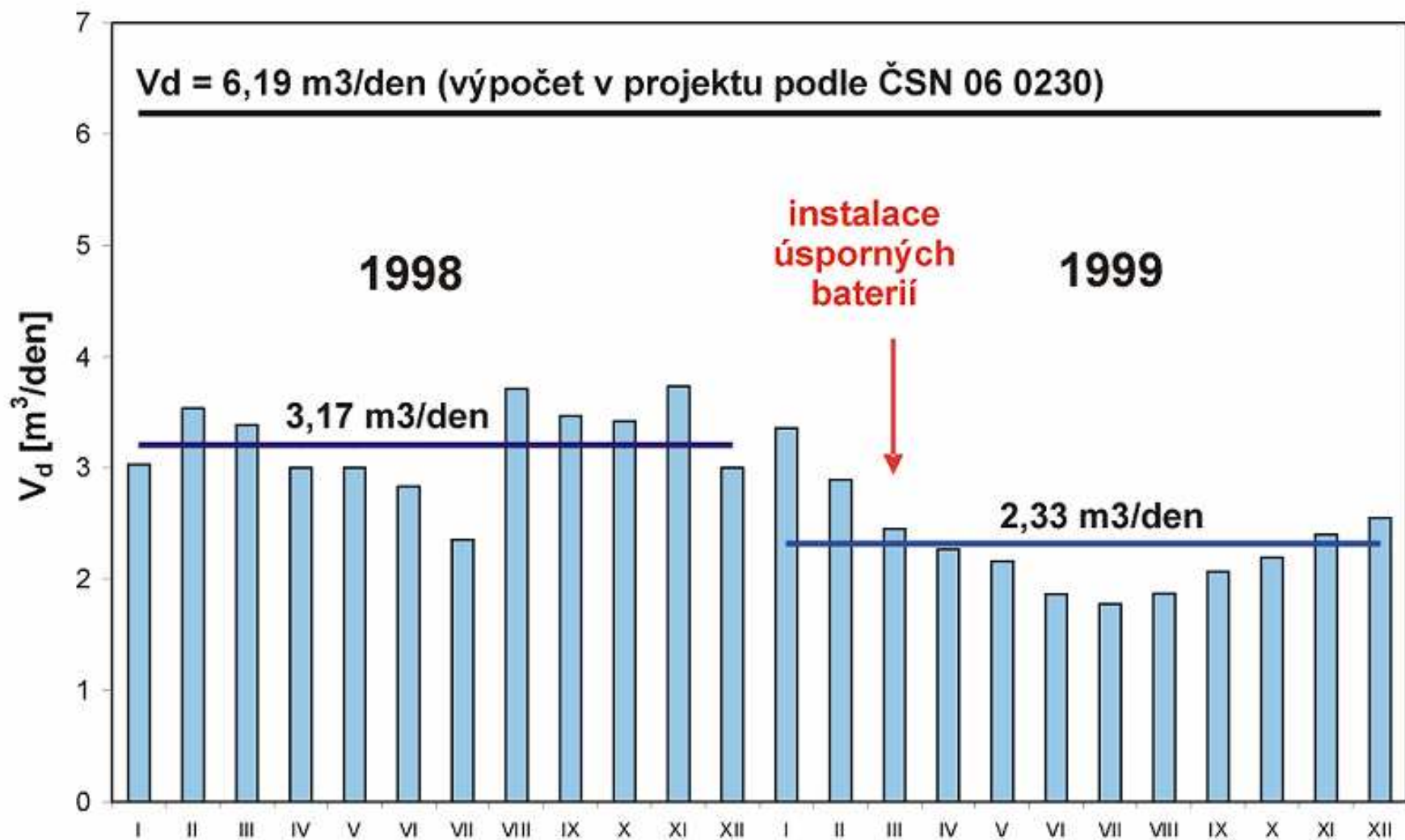
# Navrhování solárních soustav

---

- **snížení potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody**
  - úsporná opatření provádět jako první !
  - cíleně snížená spotřeba teplé vody (armatury, rozvody, cirkulace)
  - nízkoenergetické a energeticky pasivní domy
  
- **příklad: skutečná potřeba teplé vody**
  - dlouhodobé měření na patě objektu *(stávající budovy)*
  - krátkodobé měření (příložné průtokoměry)
  - směrné hodnoty: 20 až 50 l/os.den (55 °C) *(novostavby)*
  
- pozor na **hodnoty uváděné v normě** pro návrh zařízení pro přípravu TV !

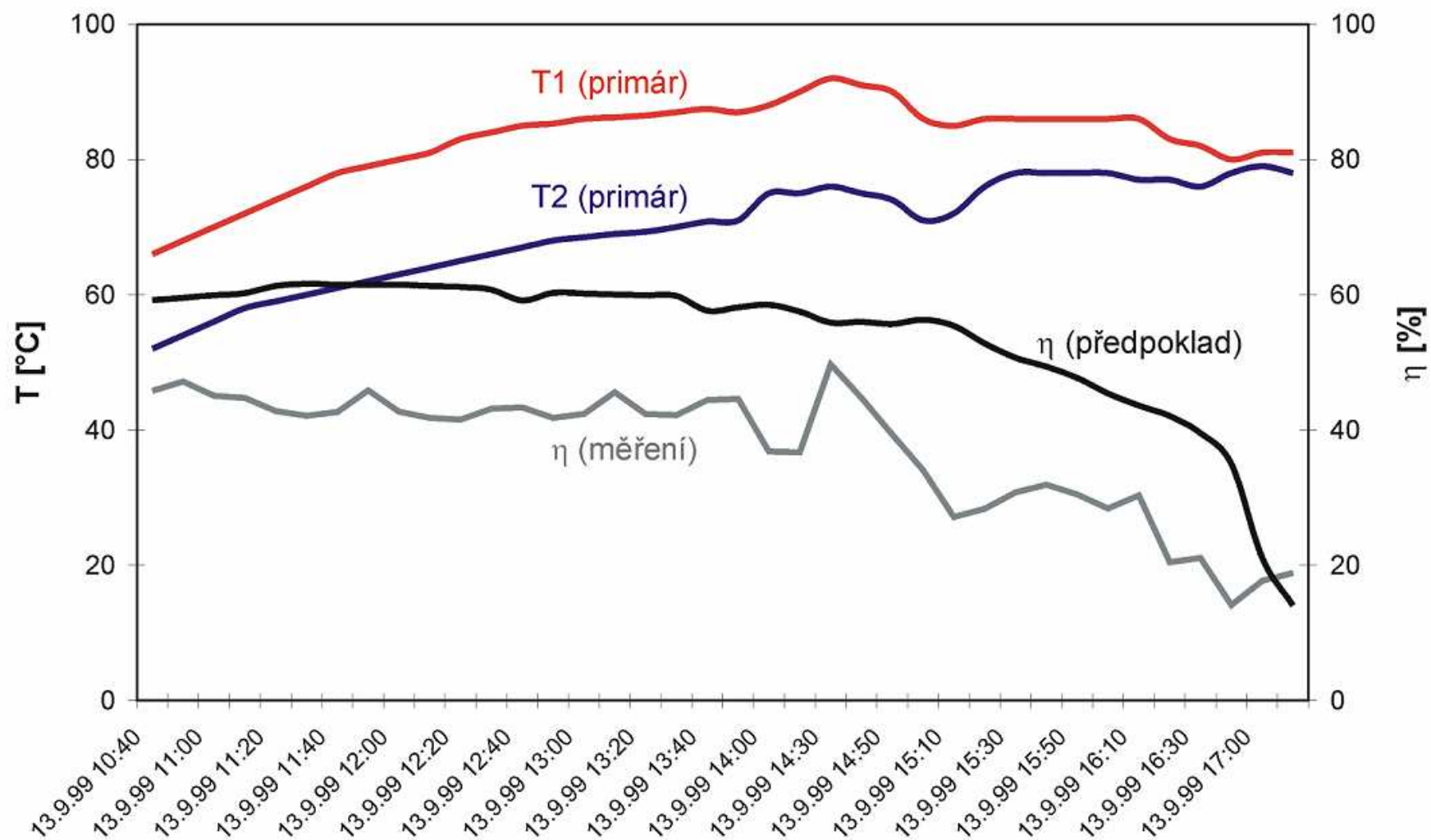


# Předimenzovaná soustava pro přípravu TV





# Předimenzovaná soustava pro přípravu TV





# Navrhování solárních soustav

---

## ■ použití nemrznoucích kapalin

- primární okruh solární soustavy s celoročním použitím (s výjimkou drain-back)
- propylenglykol-voda, změna vlastností kapaliny s poměrem ředění
- **hydraulika** - vyšší viskozita, vyšší třecí ztráty, mění se výrazně s teplotou během provozu, vliv na dimenzování potrubí, čerpadla (nižší účinnost)
- **expanzní nádoba** - odlišný průběh objemové roztažnosti propyleglykolu s teplotou oproti vodě
- **výměníky tepla** – odlišné výkonové parametry, nižší tepelná kapacita (než u vody), nižší přenos tepla (vyšší viskozita, laminární proudění), změna přenášeného výkonu s teplotní změnou viskozity (změna režimu proudění)
- **měření dodaného tepla** - nižší tepelná kapacita, problematika kalorimetrického měření (neexistují jednoduché kalorimetry, vliv ředění s vodou), problematika měření průtoku (nelze použít indukční průtokoměry)



# Navrhování solárních soustav

---

- **zohlednění extrémních stagnačních stavů**

- stagnace – stav kolektorů bez odběru tepla (chod naprázdno, klidový stav), zastavení oběhového čerpadla - výpadkem el. proudu, regulací po dosažení max. teploty v zásobníku
- tepelné ztráty se vyrovnají absorberem pohlcenému slunečnímu záření, teplota v kolektoru dosáhne maxima (130 °C až 200 °C)
- var kapaliny, tvorba páry a její pronikání do rozvodů
- **dimenzování potrubí** – nárazový objem proti pronikání páry
- **expanzní nádoba** – pohlcení objemu kapaliny vytlačeného z kolektorů
- **použité materiály** v solárním okruhu – vysoké teploty, vysoké tlaky
- **ochrana prvků** soustavy před tepelnou degradací – vhodné umístění a řazení
- **volba zapojení kolektoru** – snadné vyprázdnění kolektoru při varu kapaliny



# Architektonická integrace – solární kolektory

- solární kolektor je **viditelným** prvkem na budově
- umístění kolektoru by mělo **respektovat** architektonický výraz budovy
- optimální umístění ???





# Architektonická integrace – solární kolektory

- **nový architektonický prvek**
  - **funkční prvek (stínění nad okny, výplň balkonových zábradlí, zastřešení vstupu do domu, aj.)**







# Architektonická integrace – solární kolektory

- nový architektonický prvek
  - čistě estetický





# Konstrukční integrace – solární kolektory

---

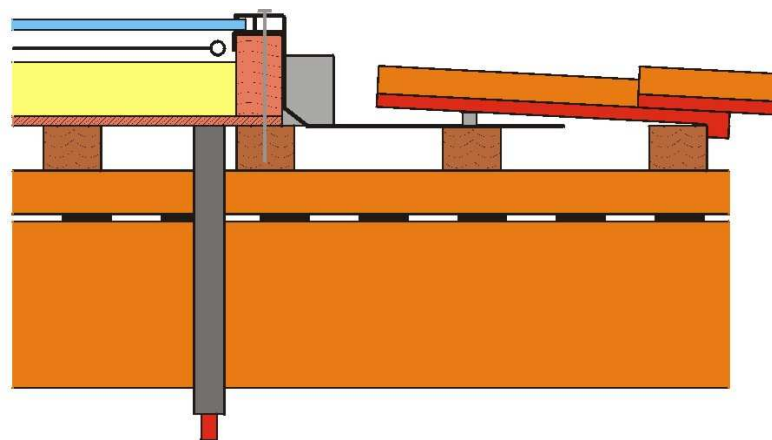
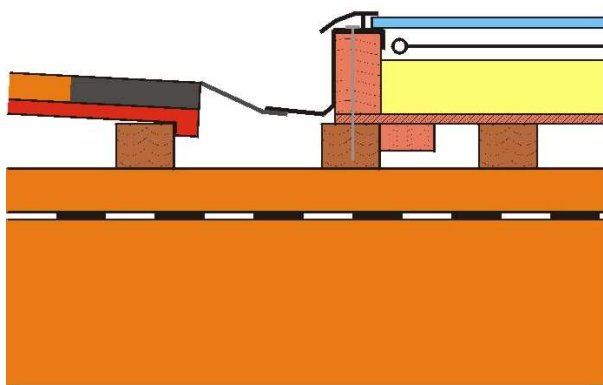
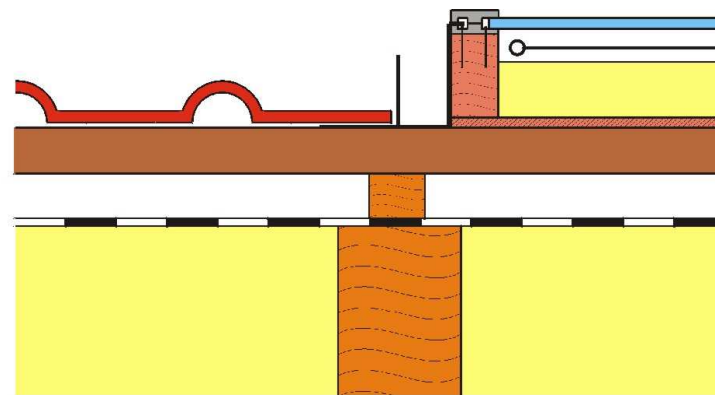
- **energeticky aktivní plášť budovy**
  - obálka budovy jako **zdroj energie** pro přípravu teplé vody, vytápění
  - pasivní zisky v zimním období (záleží na typu vazby kolektoru s budovou, stupni zateplení budovy)
  - **vyšší účinnost** solárního kolektoru (kontaktní integrace, vazba s budovou)
- **ochrana proti atmosférickým vlivům**
  - kolektor tvoří finální část obálky budovy
- **architektonicky přijatelné řešení**
  - kolektor vytváří souvislou rovinu s obálkou budovy, výrazně nepřesahuje
  - často **rozhodující faktor** o aplikaci solární soustavy
- **ekonomika instalace**
  - nahrazení části pláště budovy kolektorem



# Konstrukční integrace – solární kolektory

- solární kolektor vestavěný do střechy

- boční napojení kolektoru na krytinu
- horní napojení kolektoru na krytinu
- dolní napojení kolektoru na krytinu





# Konstrukční integrace – solární kolektory

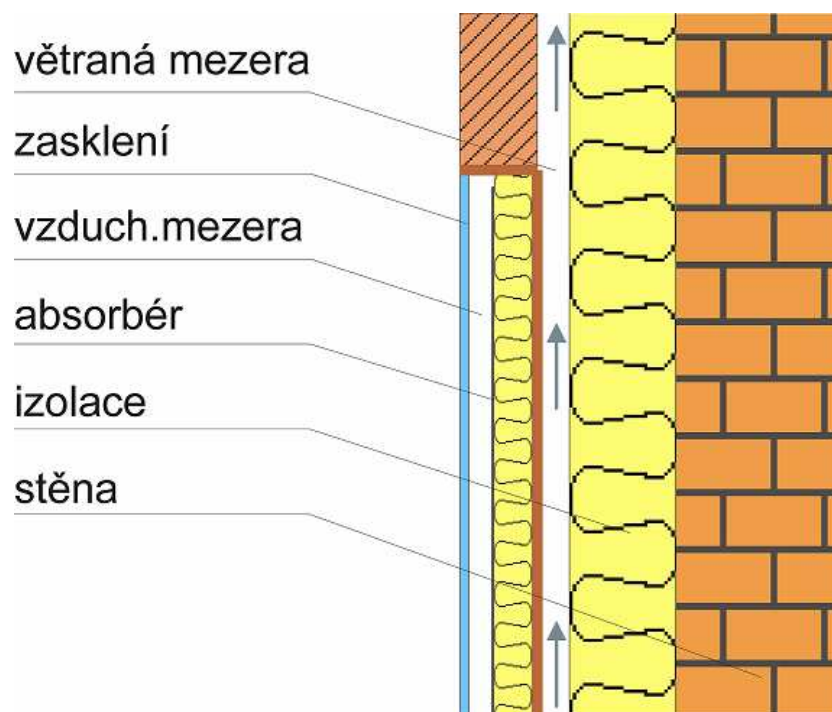
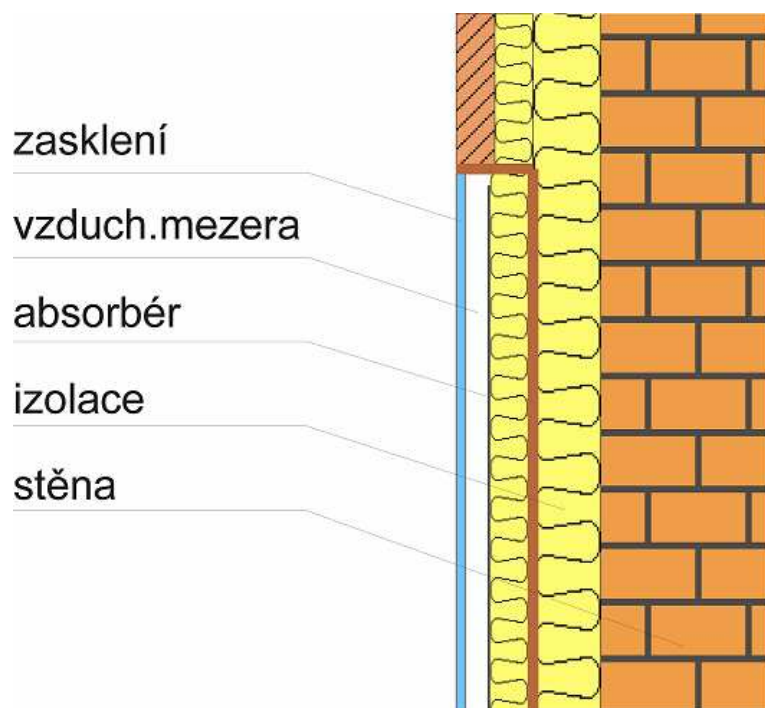
- solární kolektor vestavěný do střechy





# Konstrukční integrace – solární kolektory

- solární kolektor vestavěný do fasády
  - eliminace letních přebytků, snížení četnosti extrémních stagnačních podmínek
  - kontaktní integrace, oddělená integrace (větraná vzduchová mezera)





# Konstrukční integrace – solární kolektory

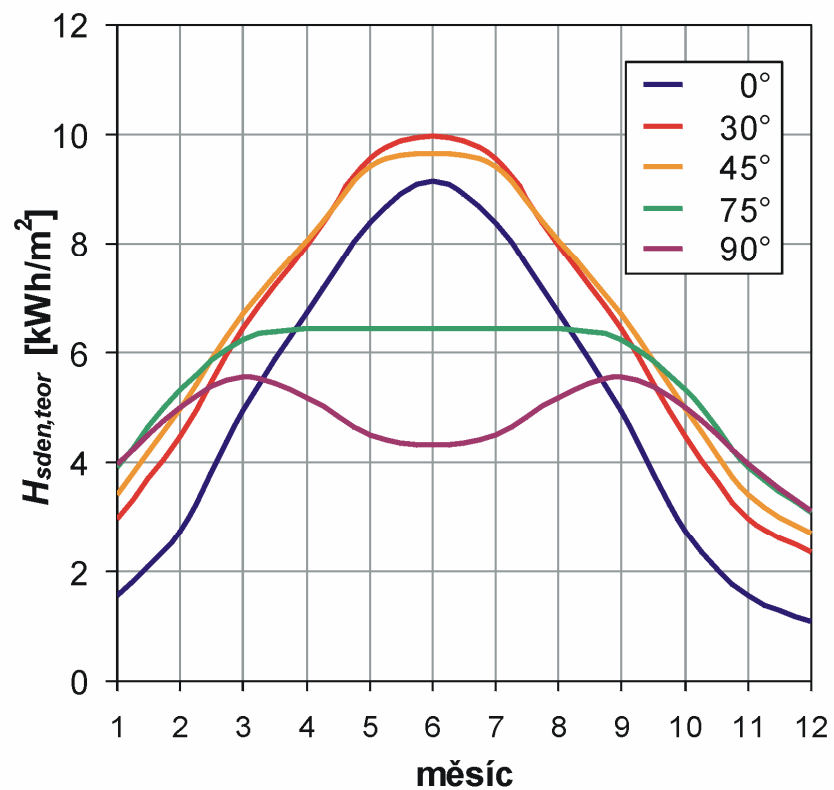
- solární kolektor vestavěný do fasády



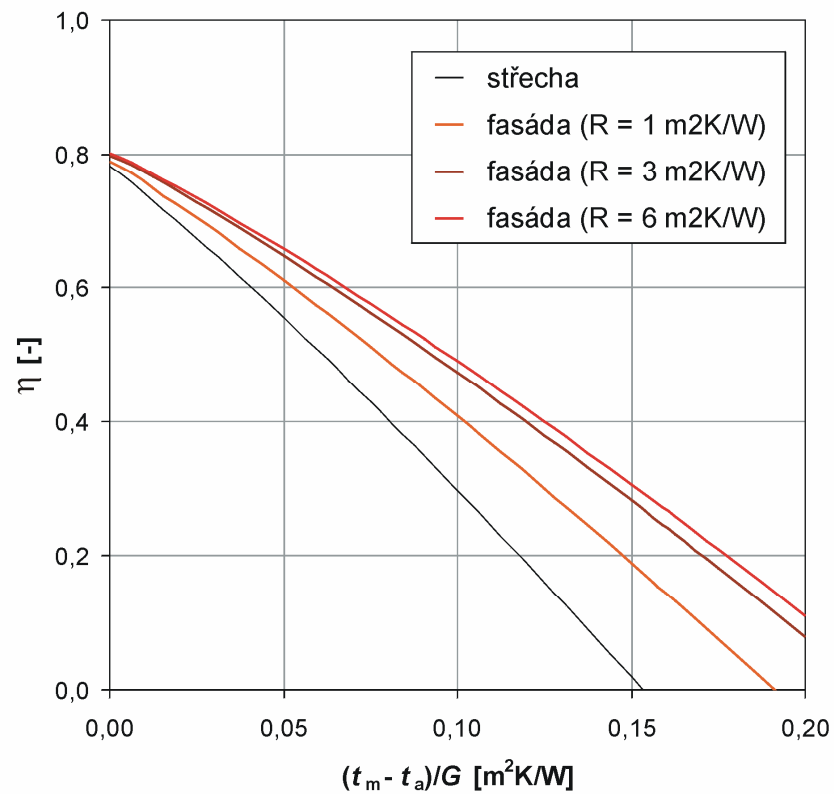


# Fasádní kolektory - výhody

**vyrovnaný** profil dopadlé energie během roku



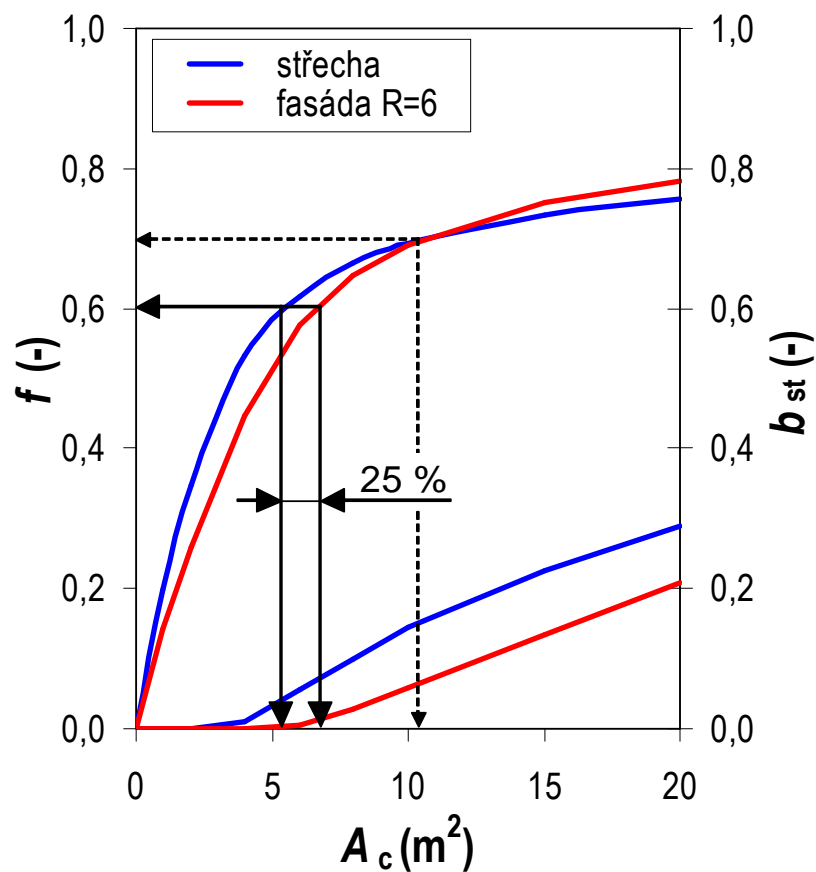
**vyšší** účinnost solárního kolektoru



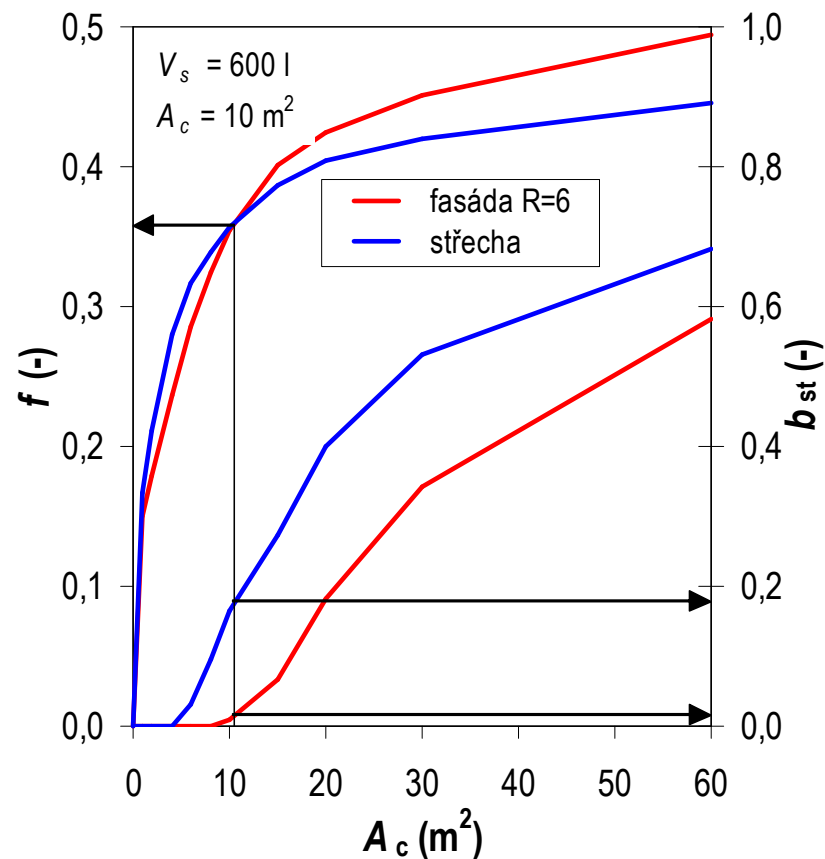


# Solární podíl při přípravě TV a vytápění

**příprava teplé vody**  
**zásobník 200 l**  
spotřeba TV: 200 l/den



**příprava teplé vody a vytápění**  
**nízkoenergetický dům**  
( $R = 6 m^2.K/W$ ;  $40 kWh/m^2.a$ )

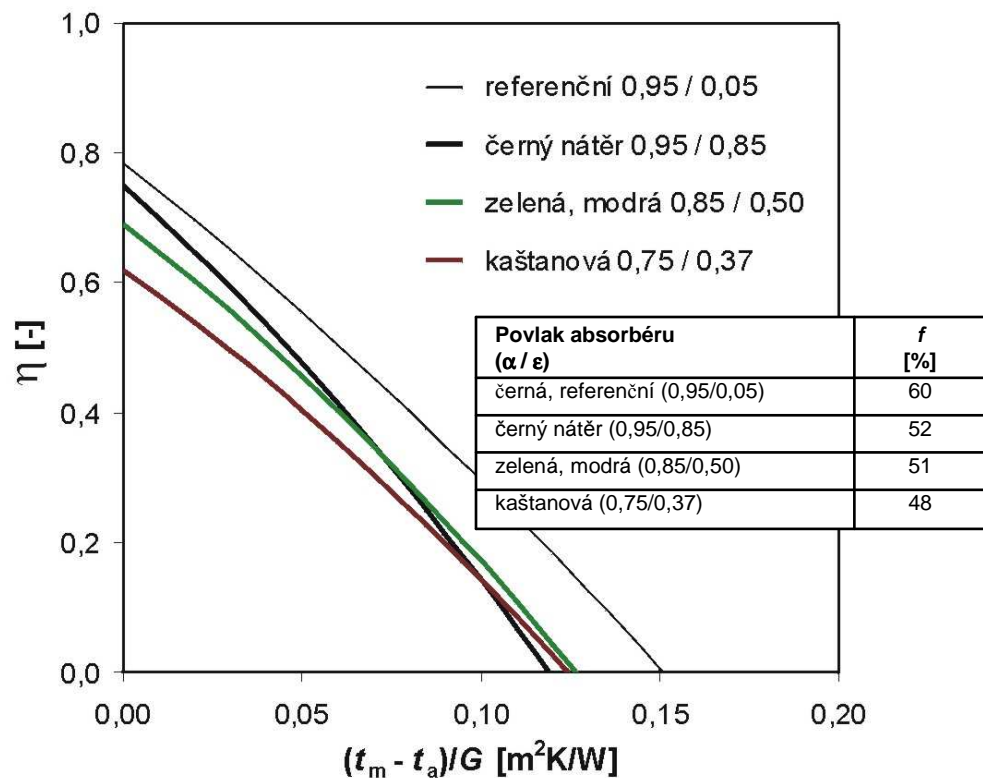






# Barevné řešení fasád

- vizuálně aktivní
  - architekti požadují výběr z palety barev i za cenu snížení solárních zisků
  - spektrálně selektivní barevné povrchy





# Systemová integrace – spalování dřeva

- **energetické využití biomasy - přímé spalování dřevní hmoty**

- kusové dřevo
- dřevní brikety
- pelety
- štěpka



- **zdroje tepla**

- kotle s ručním přikládáním
- automatické kotle s dopravníky
- interiérová topidla (krby, krbová kamna, krbové vložky)



# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

---

## ■ spalování dřeva

- 2-3 stupňové: zplyňování dřevní hmoty - spalování vzniklých plynů (dřevoplyn)
- **zplyňování** v topeništi, částečný přívod vzduchu (primární vzduch),  $> 200\text{ °C}$
- **spalování** v dohořivací komoře, přívod vzduchu (sekundární, příp. terciární)
- předání tepla pro další využití (výměník), teplota spalin  $150\text{ °C}$

## ■ požadavky na účinné spalování

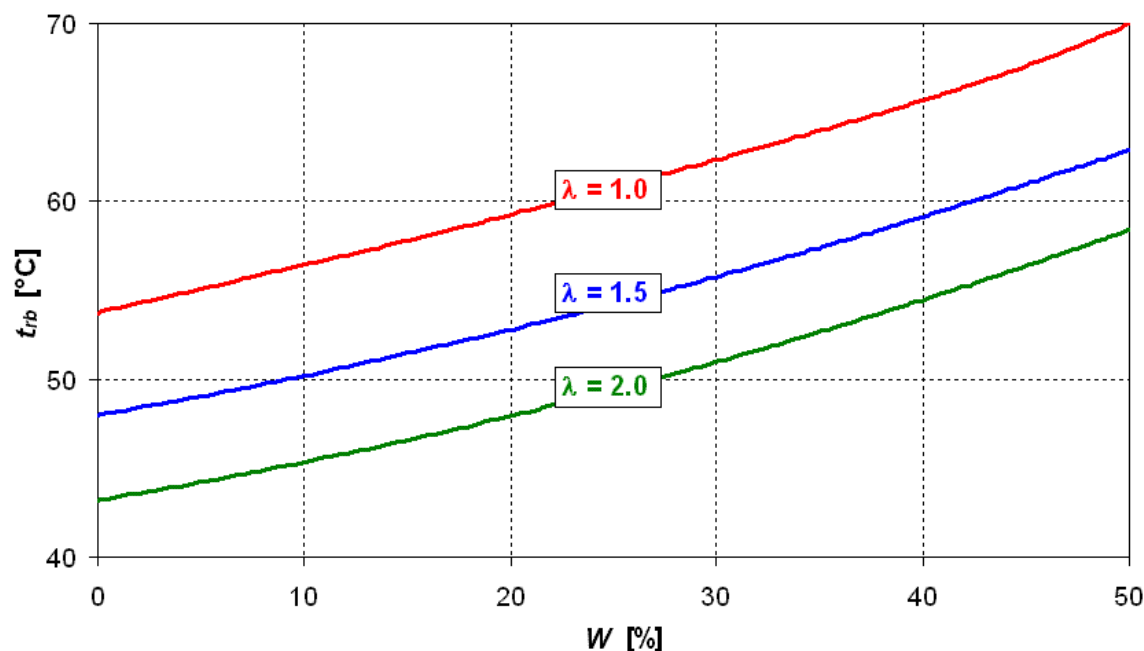
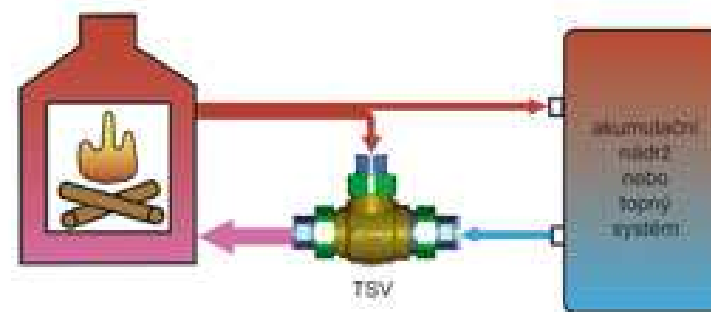
- dostatečný přívod vzduchu (přebytek vzduchu  $\lambda = 1,7$  až  $2$ )
- nízká vlhkost paliva (10 až 20 %)
- dostatečně vysoké teploty spalování (800 až  $900\text{ °C}$ )
- stabilita teplotních poměrů v kotli (akumulační vyzdívka, nízké tepelné ztráty)
- stabilita tlakových poměrů v kotli (vhodné dimenzování spalinové cesty)
- konstantní provozní podmínky



# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

## ■ trojcestný termostatický směšovací ventil

- problematika kondenzace spalin, teplota rosného bodu spalin  $t_{rb} = 50$  až  $60$  °C
- agresivní kondenzát, **korozí**
- teplota vody na vstupu do kotle  $> 65$  °C
- předehřev vratné vody do kotle

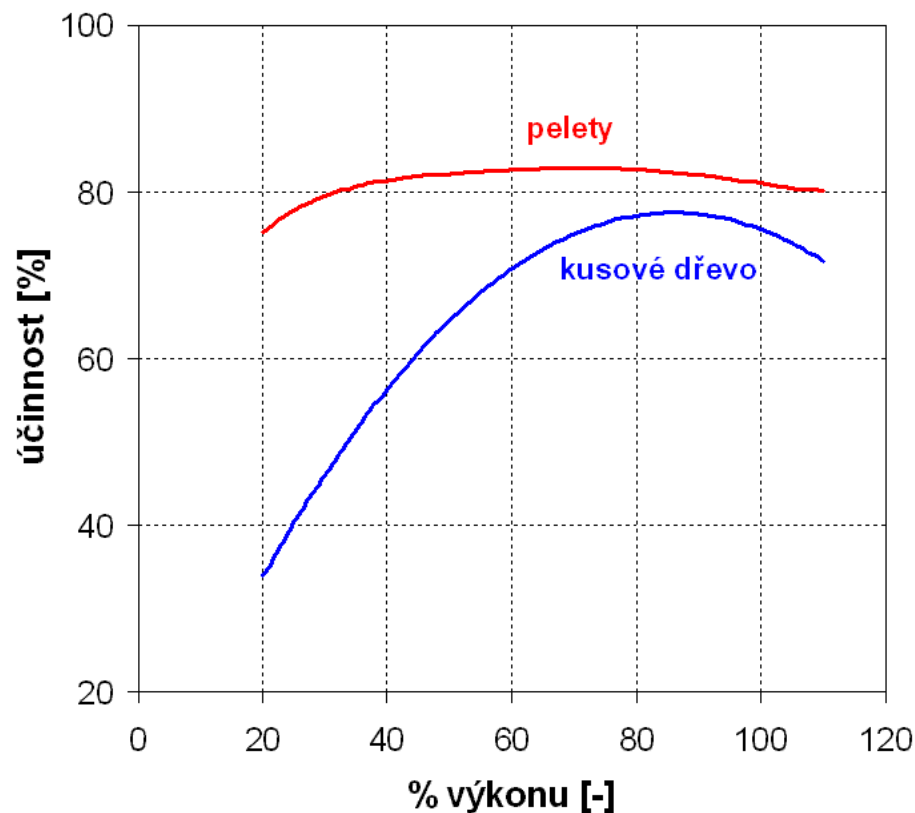




# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

## ■ akumulátor tepla

- provoz kotle (kusové dřevo) při **jmenovitých provozních podmínkách** (plný výkon, teploty 80 až 90 °C)
- snížení výkonu **omezením přívodu spalovacího vzduchu**
  - nedokonalé spalování
  - emise CO
  - snížení účinnosti
- snížení výkonu **omezením paliva** (kotle na pelety, štěpku)





# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

---

- **akumulátor tepla**

- **hydraulické oddělení**

- okruh zdroje tepla s **ustálenými** provozními podmínkami

- konstantní průtok
    - konstantní teploty

- otopná soustava s **proměnlivými** provozními podmínkami

- proměnlivý průtok (termostatické hlavice)
    - proměnlivé teploty (ekvitermní regulace)

- **akumulace tepla pro překlenutí zátopy (kusové dřevo)**

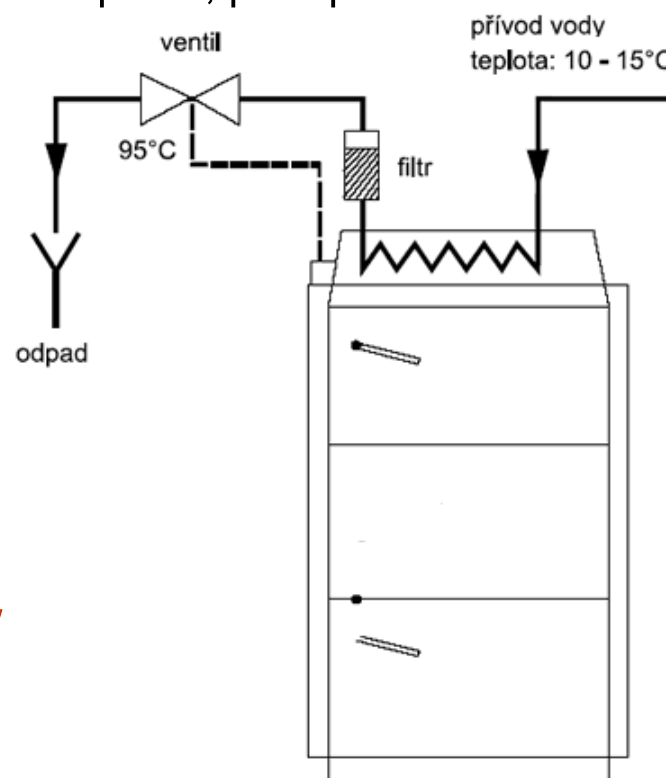


# Spalování dřeva – zásady zapojení soustav

## ■ ochrana proti přehřátí kotle

- provoz kotle (kusové dřevo) s omezenou regulací výkonu nelze pod 40 - 50 % (přívod vzduchu zcela uzavřen), setrvačnost
- výpadek elektrické energie, výpadek oběhového čerpadla, přetopení akumulátoru tepla

- **záložní zdroj** elektrické energie (UPS)
- výškové situování akumulční nádrže nebo otopné plochy pro zajištění odvodu výkonu **přirozeným oběhem**
- bezpečnostní chladicí smyčka s přímo ovládaným ventilem na **přívodu studené vody**





# Architektonická integrace – spalování dřeva

- dopad na interiér – interiérová topidla
  - otevřené krby
  - krbová kamna
  - obestavěné krbové vložky
  - kachlová akumulční kamna

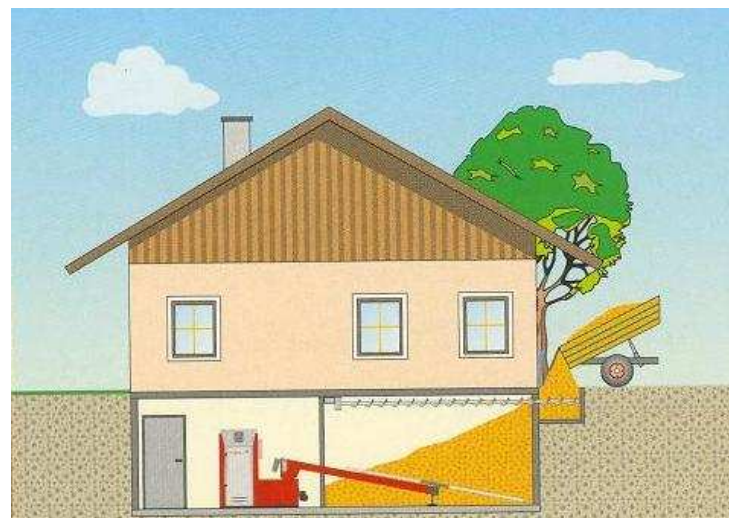
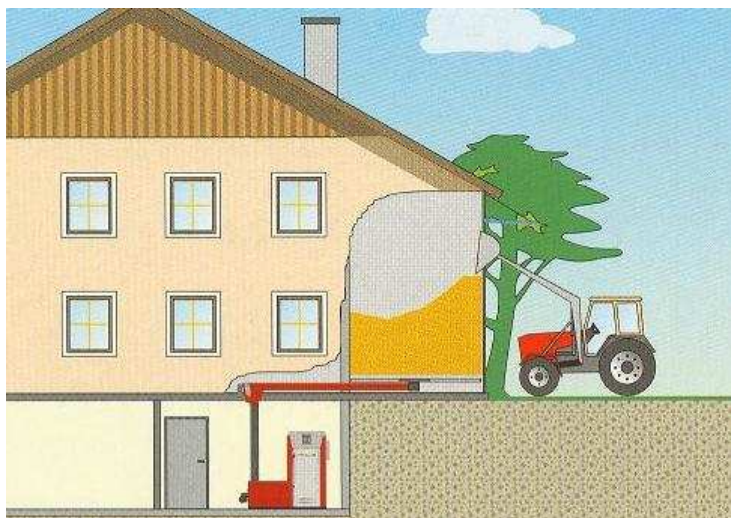
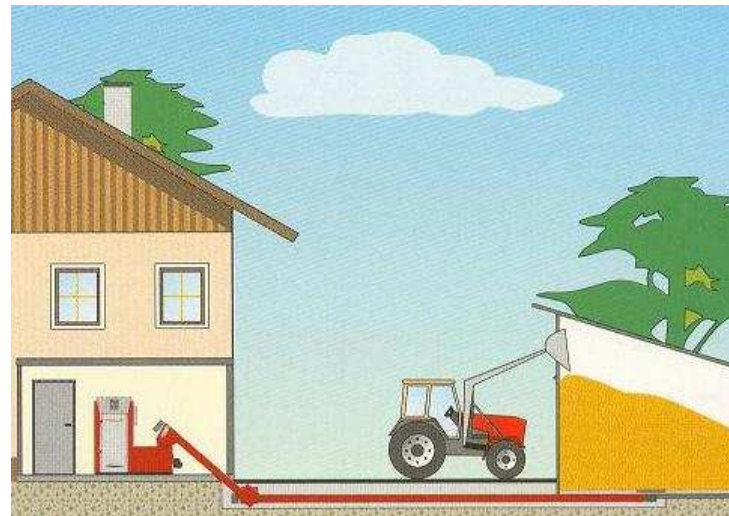






# Konstrukční integrace – zásobník na pelety

- **zásobníky paliva (pelety)**
  - zásobník paliva – součást budovy
  - přívod paliva k spalovacímu zařízení
  - přístup zásobovacího vozu k zásobníku





---

**Děkuji za pozornost**

tomas.matuska@fs.cvut.cz