

AKČNÍ PLÁN

k Územní energetické konceptci města Plzně na období 2015 - 2040



Podpora výstavby budov s téměř
nulovou spotřebou II

STATUTÁRNÍ MĚSTO PLZEŇ
Odbor správy
infrastruktury
Magistrátu města Plzně

srpen 2017

Rozpracování akčního plánu k uskutečnění ÚEKmP na roky 2015 až 2040

Prioritní oblast 1

EFEKTIVNÍ VYUŽÍVÁNÍ ENERGIE

Opatření 1.5

Podpora výstavby budov s téměř nulovou spotřebou

Cíl opatření:

V rámci tohoto opatření by měly být demonstrovány možnosti významné redukce energetických nároků u objektů různého účelu bez nutnosti (významně) vyšších investic, a to primárně u projektů realizovaných z prostředků města, v souladu s opatřením AP 5.1. Dále by měl být zpracován přehled vzorových projektů budov (nejlépe pro každý uživatelský sektor), a to jak projektů hrazených z veřejných prostředků, tak projektů realizovaných jinými investory.

Konkrétní aktivity:

- zpracování přehledu vzorových projektů budov pro všechny uživatelské sektory (realizovaných a hrazených z veřejných prostředků i z prostředků jiných investorů).
- **demonstrace možnosti významné redukce energetických nároků u objektů** různého účelu bez nutnosti (významně) vyšších investic, a to primárně u projektů realizovaných z prostředků města. [Zkušenosti s financováním nízkoenergetických objektů prokázaly, že vícenáklady vynaložené při výstavbě činí mezi 5 – 10 %. Návratnost vícenákladů na úsporách energie se pohybuje při současných cenách okolo 8 – 12 let.]
- **posouzení rozdílu energetických nároků standardních objektů a objektů s téměř nulovou spotřebou** u budov různého účelu vč. návratnosti investic, a to primárně u projektů realizovaných z prostředků města (sledování skutečné energetické náročnosti objektu po uvedení do provozu pro ověření splnění plánovaných parametrů a pro následnou propagaci)
- publikace výsledků a zkušeností

*Zpracovatelé: Ing. Ladislava Vaňková
František Kůrka*

Obsah

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV S TÉMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE	4
ENERGETICKÁ NÁROČNOST REKONSTRUOVANÝCH BUDOV	7
TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ UMOŽŇUJÍCÍ SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV	9
ENERGETICKÁ NÁROČNOST OBJEKTŮ MĚSTA	14
EKONOMICKÁ NÁROČNOST NULOVÝCH BUDOV	23
INVESTIČNÍ NÁROČNOST NULOVÝCH BUDOV	23
PROVOZNÍ NÁROČNOST NULOVÝCH BUDOV	26
ZÁVĚR	30

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOV S TÉMĚŘ NULOVOU SPOTŘEBOU ENERGIE

Efektivní využívání energie a minimalizace negativních dopadů na životní prostředí, a to jak při samotné realizaci stavby, tak i během celé její životnosti a užívání, je hlavním předpokladem udržitelného vývoje lidské společnosti. To je důvodem, proč se zákonodárci snaží prosazovat tyto principy v evropské, potažmo české, legislativě. Konkrétně zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií v pozdějším znění, ukládá povinnost snižování energetické náročnosti budov.

Kromě povinnosti plnění požadavků na energetickou náročnost budovy na nákladově optimální úrovni, která je v platnosti již od 1. ledna 2013, ukládá tento zákon splnění požadavků na energetickou náročnost budov s téměř nulovou spotřebou, a to pro orgány veřejné moci od 1. ledna 2016 u budov s energeticky vztahnou plochou větší než 1500 m², od 1. ledna 2017 u budov s energeticky vztahnou plochou větší než 350 m² a od 1. ledna 2018 u budov s energeticky vztahnou plochou větší než 50 m². Pro ostatní budovy jsou termíny na splnění požadavků na energetickou náročnost budov s téměř nulovou spotřebou posunuté o dva roky, tedy od 1. ledna 2020 budou muset všechny budovy s energeticky vztahnou plochou nad 50 m² být stavěny jako budovy s téměř nulovou spotřebou.

Navrhování kvalitních budov není problémem výlučně technickým či ekonomickým, ale ve značné míře problémem společenským. Na konečné podobě nově postavené budovy se podílí řada zainteresovaných stran a na jejich přístupu je závislá konečná podoba domu. K základním předpokladům pro akceptování nových řešení je kvalitní informace a schopnost její aplikace. Cílem této kapitoly je zmapovat energetické nároky budov s téměř nulovou spotřebou se zaměřením na otázku, kam je nutné posunout novou výstavbu.

Každého napadne, že postavit dům s nulovou spotřebou v našich zeměpisných podmínkách není možné, i ten nejkvalitněji postavený dům má nějakou potřebu energie. Pro splnění legislativní podmínky na výstavbu nových budov je nutné osadit tyto obnovitelnými zdroji energie. Jelikož při posuzování a výpočtech se na energii z obnovitelných zdrojů pohlíží jako na „zápornou“, a tudíž se od celkové energetické bilance domu odečítá, je výsledná potřeba energie domu blízká nule.

Dům s téměř nulovou spotřebou energie, zkráceně též nulový dům, je v podstatě dům postavený v nízkoenergetickém standardu (s obvodovými konstrukcemi v průměru o 30 % lepšími tepelně technickými vlastnostmi než požaduje současná norma), jehož spotřeba energie je kryta v maximální možné míře z obnovitelných zdrojů.

Nedílnou součástí návrhu budov s téměř nulovou spotřebou je využití přirozených podmínek pro řešení vytápění, chlazení a dalších technologických celků potřebných pro správný chod budovy. Zásadní je také řízené využívání či potlačení venkovních a vnitřních tepelných zisků.

V předcházejícím dokumentu tohoto opatření jsou detailněji popsány základní principy a požadavky při navrhování energeticky úsporných budov, jako je umístění a orientace stavby na vhodném pozemku, vnitřní uspořádání objektu, kompaktnost objektu, optimalizace velikosti prosklených částí

budovy, instalace stínících prvků, orientace vůči světovým stranám, nebo zastíněnost pozemku okolními přírodními prvky či objekty. V dokumentu je také nastíněno konstrukční řešení obvodového pláště a technologických systémů zajištění dodávek energie u budov s téměř nulovou spotřebou. Zmiňovaný dokument také přináší řadu ukázek pasivní či nulové výstavby. Z tohoto lze zobecnit přibližné parametry nové výstavby.

Tab. 1: Parametry pasivního (nulového) domu

Parametr	Pasivní dům
Potřebný měrný topný výkon	max. 10 W/m ²
Měrná spotřeba energie na vytápění	max. 15 kWh/m ²
Celková měrná spotřeba energie	max. 42 kWh/m ²
Měrná spotřeba primární energie	max. 120 kWh/m ²
Součinitel prostupu tepla pláštěm budovy	$U < 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$
Součinitel prostupu tepla oknem	$U \leq 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$
Solární propustnost oken	$g \geq 50 \%$
Podíl prosklení domu (s převážně jižní orientací)	30 – 40 %

Pozn.: uvedené hodnoty jsou pouze orientační

Kromě výše uvedených parametrů je pro dosažení pasivního standardu nutné splnit další předpoklady, jako je vzduchotěsnost budovy (průnik vzduchu netěsnostmi musí být menší než 0,6 objemu budovy za hodinu při rozdílu tlaku 50 Pa), instalace a využití řízeného větrání s rekuperací vzduchu o účinnosti min. 80 %, řízené využívání solárních zisků, vybavení budovy úspornými spotřebiči apod. Vylepšení parametrů je možné dosáhnout vybavením domu zemním kolektorem (výměnníkem tepla), který předeřívá čerstvý přiváděný vzduch do budovy (ani při mrazech potom teplota vzduchu neklesne pod 5 °C) nebo tento vzduch naopak chladí (v horkých dnech by teplota přiváděného vzduchu neměla být vyšší než 15 °C).

Tab. 2: Energetická bilance zobecněných objektů

Parametr	Pasivní dům	Běžná výstavba
Měrná spotřeba energie na vytápění	15 kWh/m ²	92 kWh/m ²
Měrná spotřeba energie na ohřev vody	21 kWh/m ²	21 kWh/m ²
Měrná spotřeba energie na osvětlení	6 kWh/m ²	6 kWh/m ²
Celková měrná spotřeba energie	42 kWh/m ²	119 kWh/m ²

Pro objekt o ploše 150 m²:

Parametr	Pasivní dům	Běžná výstavba
Měrná spotřeba energie na vytápění	2250 kWh/rok	13800 kWh/rok
Měrná spotřeba energie na ohřev vody	3050 kWh/rok	3050 kWh/rok
Měrná spotřeba energie na osvětlení	800 kWh/rok	800 kWh/rok
Spotřeba energie na provoz spotřebičů	230 kWh/rok	230 kWh/rok

K dosažení tzv. nulového standardu u budov je třeba pasivní (popř. nízkoenergetické) budovy osadit zařízením využívajícím obnovitelné zdroje energie s dostatečným výkonem tak, aby jejich výroba v maximální míře pokryla energetickou potřebu domu. Z výše uvedených tabulek vyplývá, že pokud by byl samostatně osazen pouze např. fotovoltaický systém, musel by jeho výkon odpovídat hodnotě cca 4,5 W_p/m² energeticky vztažné plochy objektu. Zařízení využívající obnovitelné zdroje energie lze v jednom objektu pochopitelně kombinovat (viz předcházející dokument tohoto opatření).

Pro správnou výstavbu nulových budov je, kromě dodržení obecných podmínek výstavby, nutné reflektovat místní podmínky, vycházet z konkrétní lokality a topografie pozemku. Velmi důležité pro správné naprojektování jsou také vstupní informace investora o způsobu užívání budovy, počtu osob užívajících budovu, apod. Také je třeba již předem počítat se zakomponováním obnovitelných zdrojů energie (např. fotovoltaických panelů na střechu) a tomu přizpůsobit celou stavbu.

ENERGETICKÁ NÁROČNOST REKONSTRUOVANÝCH BUDOV

Pro rekonstrukci stávajících budov do nízkoenergetického, pasivního či dokonce nulového standardu platí stejné obecné podmínky jako pro novostavby. Přestavba domu je však daleko náročnější a má svá omezení, proto ne vždy je možné objekt takto rekonstruovat. To reflektuje i česká legislativa, a proto zákon o hospodaření energií stanoví pro větší změny dokončených budov podmínku splnění požadavků na energetickou náročnost budovy na nákladově optimální úrovni pro budovu nebo pro měněné stavební prvky obálky a měněné technické systémy. To v praxi znamená, že musí být dodrženy požadavky technických norem.

Splněním pouze požadavků daných technickými normami se energetická náročnost budovy sice významně sníží, avšak k pasivnímu standardu se tak nepřiblíží. Aby bylo možné rekonstruovat budovu na parametry nízkoenergetického či pasivního standardu, je třeba splnit minimálně doporučené hodnoty norem, popř. i lepší.

Tab. 3: Normové požadavky na obálku budovy u vybraných konstrukcí (ČSN 73 0540-2/říjen 2011)

Konstrukce	Součinitel prostupu tepla [$\text{W/m}^2\text{K}$]		
	Požadované hodnoty	Doporučené hodnoty	Doporučené hodnoty pro pasivní domy
Vnější stěna	0,30	0,25 (0,20)	0,18 ÷ 0,12
Střecha strmá	0,30	0,20	0,18 ÷ 0,12
Střecha plochá	0,24	0,16	0,15 ÷ 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou	0,30	0,30	0,15 ÷ 0,10
Podlaha přilehlá k zemině	0,45	0,30	0,22 ÷ 0,15
Strop z vytápěného do nevytápěného prostoru (např. strop nad nevytápěným sklepem)	0,60	0,40	0,30 ÷ 0,20
Výplň otvoru – se sklonem nad 45°	1,5	1,2	0,8 ÷ 0,6
Výplň otvoru – se sklonem do 45°	1,4	1,1	0,9
Dveřní výplň otvoru	1,7	1,2	0,9

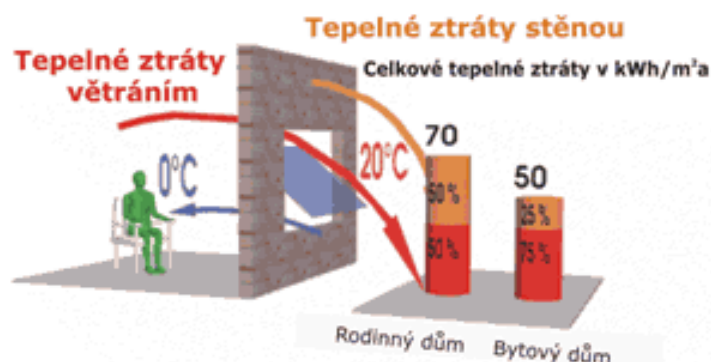
Tab. 4: Parametry budovy rekonstruované na nízkoenergetický standard

Parametr	Nízkoenergetický dům
Potřebný měrný topný výkon	max. 35 W/m ²
Měrná spotřeba energie na vytápění	max. 50 kWh/m ²
Celková měrná spotřeba energie	max. 77 kWh/m ²
Měrná spotřeba primární energie	max. 220 kWh/m ²
Součinitel prostupu tepla pláštěm budovy	$U < 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$
Součinitel prostupu tepla oknem	$U \leq 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$
Solární propustnost oken	$g \geq 50 \%$

Pozn.: uvedené hodnoty jsou pouze orientační

TECHNOLOGICKÁ ZAŘÍZENÍ UMOŽŇUJÍCÍ SNÍŽENÍ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

Na potřebě energie na vytápění se významnou měrou podílejí tepelné ztráty větráním. Velikost jejich podílu je pro každý objekt jiná, neboť je závislá na celé řadě okolností, zejména pak na velikosti oken, na kompaktnosti budovy (poměr A/V) a zejména na míře zateplení (čím menší jsou tepelné ztráty prostupem, tím více se na celkových ztrátách podílejí tepelné ztráty větráním). Pro představu u obytných domů představují tepelné ztráty větráním 50 až 70 % z celkových tepelných ztrát.

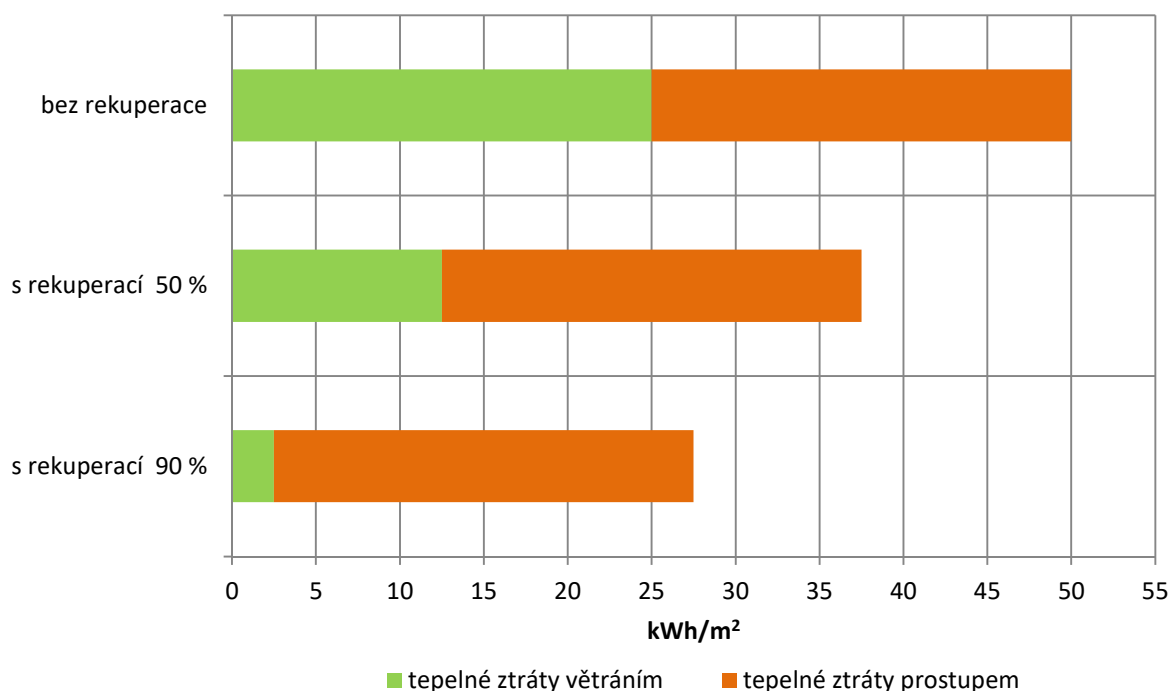


Zdroj: <http://www.tzb-info.cz/2361-moznosti-pouziti-bytoveho-ventrani-s-rekuperaci-tepla-v-rodinnych-a-bytovych-domech-i>

Aby nízkoenergetický dům spotřeboval co nejméně tepla na vytápění, musí být vzduchotěsný (není již využíváno přirozené větrání infiltrací). Z tohoto důvodu je třeba takový dům vybavit systémem větrání. Účelem řízeného větrání je udržovat vnitřní mikroklima objektu, tj. kontrolovaně vzduch měnit, popř. i upravovat (filtrace vzduchu, ale i jeho vlhčení apod.). Větrací systém může být buď centrální (jedna větrací jednotka pro celou budovu) nebo decentrální (každá místnost má vlastní větrací jednotku). V rekonstruovaných objektech jsou vhodné spíše decentrální jednotky, neboť je zde obvykle obtížné umístit rozvody a vyčlenit technickou místnost pro centrální jednotku. Decentrální jednotky se využívají též v případech, kdy není třeba odvětrávat všechny místnosti budovy.

Pro minimalizaci tepelných ztrát větráním, bývá řízené větrání často kombinováno se systémem rekuperace, tj. se zařízením k využití tepla z odváděného vzduchu. Nejčastěji se používá tzv. rekuperační výměník pro zpětné získávání tepla, v němž vzduch odváděný z domu předává teplo čerstvému vzduchu přiváděnému zvenčí. Např. vnitřní vzduch o teplotě 20°C má po předání tepla vzduchu přiváděnému z venku teplotu 2°C a naopak venkovní vzduch o teplotě 0°C je ohřátý na 17°C. Tímto systémem lze zpětně vrátit až 90 % tepelných ztrát větráním. Účinnost rekuperační jednotky je u centrálních systémů vyšší než u decentrálních, kde je kolem 50 %. Obecně platí, že účinnost větrací jednotky klesá s větším objemem protékajícího vzduchu. Znamená to, že jednotka, která běží na polovinu, bude mít lepší účinnost než menší jednotka pracující na plný výkon. Při výběru větracího systému je tedy třeba se zajímat o účinnost rekuperačního výměníku při maximálním větracím výkonu.

Graf 1: Rozložení tepelných ztrát objektu



Na grafu je znázorněno, nakolik systém rekuperace ovlivňuje tepelné ztráty objektu, resp. spotřebu tepla na vytápění. Při úvaze nízkoenergetického domu se spotřebou tepla na vytápění 50 kWh/m², podílem větrání na celkových tepelných ztrátách 50 % a účinnosti rekuperace 90 % bude celková úspora tepla na vytápění až 45 %.

Dalším atributem užívaným při snížení spotřeby tepla v objektu je zemní kolektor (výměník tepla), který předeheřívá (popř. chladí) čerstvý vzduch přiváděný do budovy. Toto zařízení je využíváno především u menších objektů cca velikosti rodinných domů. Zemní kolektor může být vzduchový anebo solankový.

Vzduchový kolektor je vlastně potrubí uložené v zemi v hloubce 1,5 až 2 metry, kde teplota celý rok kolísá mezi 5 a 15°C. Nejčastěji se jedná o polyetylenové potrubí používané pro kanalizaci, DN 150 až 200. Roury musí být hladké, aby je bylo možno čistit. Nasávací otvor je standardně opatřen filtrem, který zachycuje prach, případně i jemnějším pylovým filtrem. Během léta dochází ke kondenzaci vlhkosti z ochlazovaného vzduchu (při objemu větracího vzduchu 130 m³/h je množství kondenzátu cca 1,5 l/h), proto musí být potrubí vyspádováno a kondenzát odveden do kanalizace (přes sifon). Protože potrubí je řešeno obvykle jako podtlakové (ventilátor je umístěn v domě), je nutné, aby bylo provedeno těsně. Jinak by roura nasávala vzduch, třeba i s radonem, přímo z půdy. Kvůli snížení tlakových ztrát (a tím spotřeby ventilátorů) je vhodné volit co nejjednodušší trasu. Rychlost v potrubí by neměla být vyšší než 0,2 m/s, zejména kvůli tlakovým ztrátám. Velikost potrubí je dána objemem větracího vzduchu (resp. velikostí domu). Podzemní vzduchový kolektor se využívá jen část roku. Znamená to, že i když je větrací systém v chodu skoro nepřetržitě, je podzemní vzduchový kolektor v provozu asi polovinu této doby.

V zimním období chladný venkovní vzduch vstupuje do podzemního potrubí, kde se vzduch průchodem potrubím předehřívá a vstupuje do větrací jednotky. Nejvyšší efekt má kolektor začátkem topné sezóny, kdy je země nahřátá sluncem a teplem z ochlazovaného letního vzduchu. V nízkoenergetickém domě však topná sezóna začíná později (a končí dříve), díky důkladným izolacím a využití pasivních solárních zisků. Kolektor se tak využívá kratší dobu. Energetický přínos pro objekt velikosti rodinného domu (větrání 130 m³/h) se dá čekat 1000 až 1500 kWh za rok, což u nízkoenergetického domu může pokrýt cca 10 % spotřeby energie.

Naopak v létě se proděním v potrubí vzduch předchlazuje. Chladicí přínos lze čekat o něco menší, než je topný, neboť v našem podnebném pásmu je potřeba chladit dům jen několik týdnů v roce. Energetický přínos pro objekt velikosti rodinného domu je tedy přibližně 800 až 1200 kWh. Energetický přínos však lze uvažovat pouze tam, kde by jinak bylo instalováno klimatizační zařízení. V opačném případě je výše uvedený přínos nutno chápat spíše jako zvýšení komfortu, než jako úsporu elektřiny pro chladicí (klimatizační) zařízení.

Solankový neboli kapalinový kolektor pracuje na podobném principu jako tepelné čerpadlo. Jedná se o plastové potrubí umístěné kolem základů domu, v němž proudí nezamrzající kapalina (solanka), která se průchodem zemním potrubím zahřívá a dále proudí přes výměník, kterým zároveň prochází vstupní chladný vzduch a teplem ze solanky je předehříván před vstupem do větrací jednotky. V létě opět kolektor pomáhá ochlazovat příliš teplý vzduch vstupující do jednotky.

Neopomenutelnou součástí návrhu nízkoenergetického, pasivního, ale zejména nulového objektu, jsou obnovitelné zdroje energie. Nejčastěji využívanými obnovitelnými zdroji energie v budovách jsou:

- fotovoltaické systémy
- fototermické systémy
- spalovací zařízení na biopaliva
- tepelná čerpadla

Fotovoltaické systémy mají největší potenciál pro kompenzaci primární energie, proto jsou také nejčastějším zdrojem budovaným u objektů na pokrytí jejich energetické náročnosti. K jejich širšímu využívání přispěl též výrazný pokles ceny této provozně bezemisní a bezhlučné technologie v posledních letech. Výhodou je i možnost poměrně snadné integrace do obvodového pláště. Existuje několik druhů fotovoltaické technologie – monokrystalické, polykrystalické, amorfni tenkovrstvé apod. s různou účinností systému (obecně cca 10 až 15 %). Roční zisk z instalovaného kW_p je asi 1000 kWh.

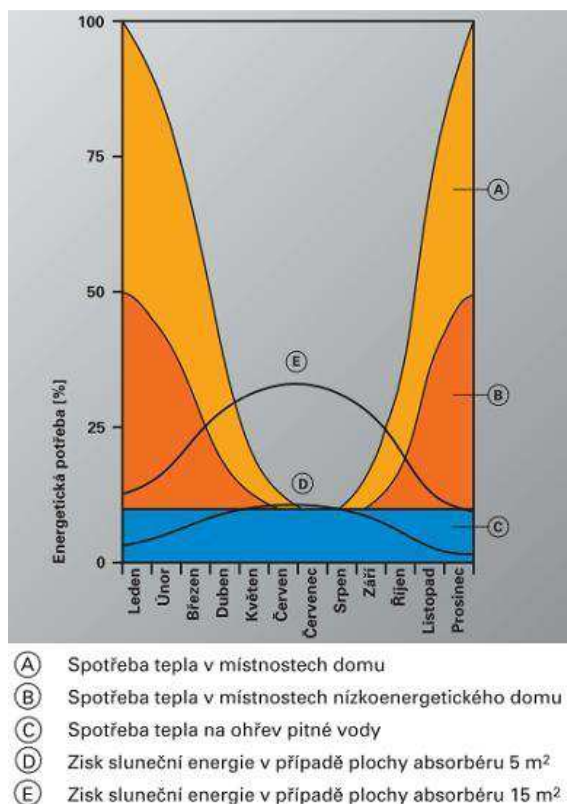
Fotovoltaický zdroj může vyrobenou energii prodávat do distribuční sítě nebo ji spotřebovávat přímo (popř. přes bateriové uložení). Nulovou energetickou roční bilanci může mít i objekt prodávající energii do sítě, za předpokladu, že saldo potřeby energie v objektu a vyrobené energie v budově (včetně energie prodané) je vyrovnané. Z tohoto důvodu je velmi důležité navrhnout fotovoltaický zdroj vhodné velikosti. Využití fotovoltaického systému v budově je velmi široké. Kromě standardního odběru elektřiny pro osvětlení a pohony různých spotřebičů instalovaných v budově, lze tuto využívat též k vytápění (zejména v kombinaci s tepelným čerpadlem) či k ohřevu teplé vody.

Tab. 5: Informativní hodnoty součinitele špičkového výkonu FV modulu dle ČSN EN 15316-4-6

Druh fotovoltaického modulu	K_{pk} [kW/m ²]
Monokrystalický křemík	0,12 až 0,18
Multikrystalický křemík	0,10 až 0,16
Tenkvrstvý amorfni křemík	0,04 až 0,08
Ostatní tenkvrstvé	0,035
Tenkvrstvý CIGS (měď-indium-galium-diselenid)	0,105
Tenkvrstvý CdTe (kadmium-telurid)	0,095

V současné době běžnějším zařízením využívajícím solární energii pro vytápění a ohřev teplé vody v objektech je fototermický systém. Solární kolektory mohou být různé konstrukce – ploché, trubkové vakuové aj. Také fototermický systém lze konstrukčně a architektonicky integrovat do obálky budovy. Přínos termické soustavy je u ohřevu vody 40 až 60 % celkové spotřeby, u vytápění 10 až 30 %. Pro co nejvyšší využití solárních energetických zisků z kolektorů je důležité vhodné nadimenzování jejich plochy, sklonu a orientace kolektoru a návrh optimálního odběru energie. Na grafu 2 je patrné, že chceme-li termický systém dimenzovat na celoroční pokrytí energie potřebné k ohřevu teplé vody, je vhodné využívat solární energii též k přitápění, a v letních měsících i k např. ohřevu vody v bazénu.

Graf 2: Pokrytí potřeby tepla ze solárních kolektorů



Zdroj:
http://econet2012.cz/ThermoSolarSystem_s_UsageTypes.htm

Spalovací zdroje na biopaliva se v budovách využívají pro výrobu tepla určeného k vytápění, popř. k ohřevu teplé vody. Využívají se centrální kotle s automatickým či ručním přikládáním i lokální zdroje, zejména krbová kamna. Zplyňovací kotle s ručním přikládáním mají při jmenovitých podmínkách účinnost až 85 %, přičemž při regulaci výkonu, který se většinou pohybuje mezi 50 % a 100 %, účinnost významně klesá. U těchto zdrojů je nezbytná akumulace tepelné energie. Automatické kotle na sypaná paliva (pelety, štěpka) mají při jmenovitých podmínkách účinnost až 92 %, přičemž jejich regulační schopnost se pohybuje mezi 25 % a 100 % bez výrazného poklesu účinnosti. Akumulace u těchto zdrojů není nezbytná, ale je doporučena, neboť snižuje počet startovacích cyklů. Krbová kamna mají při jmenovitých podmínkách účinnost až 80 %, jejich výhodou je vysoký tepelný příkon do prostoru, avšak je třeba počítat s přívodem spalovacího vzduchu. Všechny výše uvedené zdroje mohou ohřívat též teplou vodu (i u krbových kamen je možná integrace teplovodních výměníků).

Tepelná čerpadla jsou někdy z obnovitelných zdrojů vyjímána, neboť „pouze“ přečerpávají energii na využitelné teploty. Typů tepelných čerpadel existuje celá řada, ať již je budeme dělit podle způsobu konstrukce (absorpční, poháněná plynovým motorem, ...), podle teplotnosné látky, do které je energie předávána (vzduch, voda) či podle prostředí, z něhož je energie získávána (vzduch, voda, země). Účinnost tepelných čerpadel je určována topným faktorem, který vyjadřuje poměr mezi vyrobeným teplem pomocí tepelného čerpadla a elektrickou energií, kterou při tom spotřebuje. Topný faktor označovaný zkratkou COP závisí zejména na teplotě, na kterou chceme teplotnosnou látku ohřát, a na prostředí, z něhož energii čerpáme. Vyšší účinnost mají tepelná čerpadla získávající energii ze země než ze vzduchu, a čím nižší je výsledná teplota média, do něhož energii vkládáme. Například, je-li teplotnosnou látkou voda, udává se obvykle COP při teplotě 35°C. Ve skutečnosti ale bude voda ohřívána na vyšší teplotu a sezónní topný faktor (SCOP) tak bude nižší než udávaný při 35°C. V následující tabulce jsou uvedeny požadavky na energetickou účinnost pro hlavní druhy tepelných čerpadel (pro průměrné klima). Z uvedeného vyplývá, že tepelná čerpadla se lépe uplatní v nízkoteplotní otopné soustavě (< 40°C). U domů, kde je pomocí tepelných čerpadel zároveň připravována teplá voda, jejíž příprava bude činit významný podíl, může být užití tepelných čerpadel problematické vzhledem k rozdílným parametrům vytápění a přípravy teplé vody. Pro efektivní využití tepelných čerpadel je vhodná jejich kombinace s jinými zdroji, např. se solární tepelnou soustavou (letní ohřev teplé vody) nebo kombinace s fotovoltaickým systémem (přímá kompenzace příkonu tepelného čerpadla).

Tab. 6: Požadavky na energetickou účinnost tepelných čerpadel v režimu vytápění platné od 26. září 2017

Typ TČ	standardní			nízkoteplotní		
	η_s [%]	třída en. účinnosti	SCOP [-]	η_s [%]	třída en. účinnosti	SCOP [-]
vzduch-voda, vzduch-vzduch	110	A+	2.83	125	A+	3.20
kapalina-voda, voda-voda			2.95			3.33

ENERGETICKÁ NÁROČNOST OBJEKTŮ MĚSTA

V současné době není v Plzni žádný městský objekt, který by mohl být označen za budovu v nulovém standardu. Existují však objekty (ať již se jedná o budovy nově vystavěné v několika posledních letech či budovy v tomto období komplexně zrekonstruované), které byly postaveny (resp. přestavěny) jako objekty energetické třídy C (některé i v nízkoenergetickém standardu). V následujících příkladech je posouzeno, zda by bylo možné za určitých podmínek tyto objekty na téměř nulový standart upravit. Do těchto objektů bylo hypoteticky doplněno nucené větrání s rekuperací a fotovoltaický systém. V následujících příkladech jsou uvedeny objekty a jejich současné parametry (z Průkazu energetické náročnosti budov) a dále je zde vyčísleno, jaké úspory energie by bylo možné dosáhnout instalací nuceného větrání s rekuperací a jak velký fotovoltaický systém by zde musel být nainstalován, aby jeho výroba pokryla spotřebu objektu, popř. zda by bylo možné takovýto zdroj umístit na střechu dané stavby.

Pro vyčíslení teoreticky dosažené úspory energie při instalaci nuceného větrání s rekuperací bylo uvažováno se 40 % úspory energie potřebné na vytápění (tepelné ztráty objektu se skládají ze ztrát prostupem (TZ_p) a ztrát větráním (TZ_v), pomocí rekuperace uspoříme pouze část tepelných ztrát větráním – při poměru TZ_p 55 % : TZ_v 45 % a účinnosti rekuperace až 90 % by úspora z rekuperace byla 40 %). Pro dosažení nulového standardu musí být objekt, který vždy potřebuje pro svůj provoz jistou energii, osazen nějakým obnovitelným zdrojem energie. V následujících příkladech bude naznačeno, co by pro stávající objekty znamenalo pokrýt jejich energetickou náročnost prostřednictvím fotovoltaického systému a zda by bylo vůbec možné na uvedené objekty tento systém teoreticky nainstalovat. Pro toto posouzení bude vycházeno z předpokladu, že 1 kW_p FV zařízení vyrobí v našich podmínkách cca 1000 kWh/rok a průměrný součinitel špičkového výkonu FV je 0,1 kW/m² (viz tab. 5), tj. pro instalaci 1 kW_p jsou zapotřebí FV články o velikosti 10 m².

Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy [kW_p]

=

plocha střechy [m²] x 0,8 (využitelná plocha střechy) x 0,8 (plocha FV modulů) x 0,1 (součinitel špičkového výkonu FV kW/m²)

Potřebný teoretický výkon FV systému k pokrytí energetické potřeby budovy [kW_p]

=

(celková dodaná energie [kWh/m²] x energeticky vztahná plocha [m²] / roční energetická výroba instalovaného FV modulu o výkonu 1 kW_p [kWh/kW_p])

Potřebná plocha střechy pro FV systém k pokrytí energetické potřeby budovy [m²]

=

celková dodaná energie [kWh/m²] x energeticky vztahná plocha [m²] / 1000 (roční energetická výroba instalovaného FV modulu o výkonu 1 kW_p [kWh/kW_p]) / 0,1 (průměrný součinitel špičkového výkonu FV je 0,1 kW/m²) / 0,8 (plocha FV modulů) / 0,8 (využitelná plocha střechy)

VÝPOČTY

Příklady objektů různého užití: (pozn.: měrné energie jsou vztaženy na m² energeticky vztažené plochy)**Objekt Dětského centra Plzeň, Partyzánská 55**

Dvoupodlažní budova, užívaná jako kojenecký ústav s dětským domovem, byla původně postavena v 60. letech 20. století. V roce 2008 byla dokončena přestavba objektu, kdy byla vyměněna okna, a zatepleny stěny a střecha objektu.

Základní parametry:

Typ objektu:	budova pro zdravotnictví
Energeticky vztažná plocha:	710 m ²
Plocha obálky budovy:	1543 m ²
Obestavěný prostor:	3345 m ³
Poměr A/V (obálka budovy /objem):	0,46 m ² /m ³
Typ střechy budovy:	plochá
Plocha střechy budovy:	355 m ²

Technické parametry:

Měrná potřeba tepla na vytápění:	137 kWh/m ² .rok
Celková dodaná energie:	179 kWh/m ² .rok
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U _{em} :	0,44 W/m ² .K
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí:	
vnější stěna	U = 0,25 W/m ² .K
strop/střecha	U = 0,24 W/m ² .K
podlaha	U = 0,85 W/m ² .K
otvory	U = 1,2 W/m ² .K

Technická zařízení:

Zdroj vytápění: soustava CZT

Zdroj ohřevu teplé vody: soustava CZT

Parametry pro dosažení nulového standardu:

Úspora z případné rekuperace:	55 kWh/m ² .rok
Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	22,7 kW _p
Teoret. výroba FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	32 kWh/m ² .rok
Potřebný teoretický výkon FV systému bez úspor z rekuperace:	97,3 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém bez úspor z rekuperace:	1520 m ²
Potřebný teoretický výkon FV systému při instalaci rekuperace:	58,2 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém při instalaci rekuperace:	910 m ²

Fotovoltaický systém potřebný pro dosažení nulového standardu není možné na střechu stávajícího objektu umístit, a to ani při snížení energetické náročnosti objektu pomocí rekuperace. Hodnocený objekt byl rekonstruován na normou požadované hodnoty (energetická třída C), což ani po dosazení nuceného větrání s rekuperací a FV systému na střechu objektu neumožňuje dosáhnout téměř nulové spotřeby energie. Objekt by musel být doplněn ještě o další obnovitelné zdroje.

Objekt administrativní budovy města Plzeň, Koterovská 162

Šestipodlažní administrativní budova byla původně postavena v 70. letech 20. století. V roce 2015 byla dokončena přestavba objektu do nízkoenergetického standardu.

Základní parametry:

Typ objektu:	administrativní budova
Energeticky vztažná plocha:	5339 m ²
Plocha obálky budovy:	6418 m ²
Obestavěný prostor:	20168 m ³
Poměr A/V (obálka budovy /objem):	0,32 m ² /m ³
Typ střechy budovy:	plochá
Plocha střechy budovy:	1435 m ²

Technické parametry:

Měrná potřeba tepla na vytápění:	31 kWh/m ² .rok
Celková dodaná energie:	78 kWh/m ² .rok
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U _{em} :	0,43 W/m ² .K
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí:	
vnější stěna	U = 0,21 W/m ² .K
strop/střecha	U = 0,16 W/m ² .K
podlaha	U = 3,5 W/m ² .K
otvory	U = 1,25 W/m ² .K

Technická zařízení:

Zdroj vytápění: soustava CZT
Zdroj ohřevu teplé vody: el. boilers

Parametry pro dosažení nulového standardu:

Úspora z případné rekuperace:	12 kWh/m ² .rok
Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	91,8 kW _p
Teoret. výroba FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	17 kWh/m ² .rok
Potřebný teoretický výkon FV systému bez úspor z rekuperace:	416,4 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém bez úspor z rekuperace:	6510 m ²
Potřebný teoretický výkon FV systému při instalaci rekuperace:	352,4 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém při instalaci rekuperace:	5510 m ²

Fotovoltaický systém potřebný pro dosažení nulového standardu není možné na střechu stávajícího objektu umístit, a to ani při snížení energetické náročnosti objektu pomocí rekuperace. Hodnocený objekt byl sice rekonstruován na nízkoenergetický standard, nicméně tvar budovy, resp. poměr plochy střechy a obestavěného objemu, je tak velký, že ani po dosažení nuceného větrání s rekuperací a FV systému na střechu objektu neumožňuje dosáhnout téměř nulové spotřeby energie. Objekt by musel být doplněn ještě o další obnovitelné zdroje.

Objekt 10. základní školy v Plzni, Náměstí míru 6

Součástí objektu postaveného v roce 1965, je čtyřpodlažní učebnový pavilon a budova tělocvičny propojená s učebnovým pavilonem spojovací chodbou. V roce 2009 bylo provedeno komplexní zateplení všech budov objektu na normou požadované hodnoty.

**Základní parametry:**

Typ objektu:	vzdělávací zařízení
Energeticky vztažná plocha:	4415 m ²
Plocha obálky budovy:	6910 m ²
Obestavěný prostor:	19170 m ³
Poměr A/V (obálka budovy /objem):	0,36 m ² /m ³
Typ střechy budovy:	plochá
Plocha střechy budovy:	1800 m ²

Technické parametry:

Měrná potřeba tepla na vytápění:	69 kWh/m ² .rok
Celková dodaná energie:	93 kWh/m ² .rok
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U _{em} :	0,45 W/m ² .K
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí:	
vnější stěna	U = 0,30 W/m ² .K
strop/střecha	U = 0,21 W/m ² .K
podlaha	U = 1,29 W/m ² .K
otvory	U = 1,2 W/m ² .K

Technická zařízení:

Zdroj vytápění: soustava CZT

Zdroj ohřevu teplé vody: soustava CZT

Parametry pro dosažení nulového standardu:

Úspora z případné rekuperace:	27 kWh/m ² .rok
Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	115,2 kW _p
Teoret. výroba FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	26 kWh/m ² .rok
Potřebný teoretický výkon FV systému bez úspor z rekuperace:	410,6 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém bez úspor z rekuperace:	6416 m ²
Potřebný teoretický výkon FV systému při instalaci rekuperace:	291,4 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém při instalaci rekuperace:	4553 m ²

Fotovoltaický systém potřebný pro dosažení nulového standardu není možné na střechu stávajícího objektu umístit, a to ani při snížení energetické náročnosti objektu pomocí rekuperace. Hodnocený objekt byl rekonstruován na normou požadované hodnoty (energetická třída C), což ani po dosazení nuceného větrání s rekuperací a FV systému na střechu objektu neumožňuje dosáhnout téměř nulové spotřeby energie. Objekt by musel být doplněn ještě o další obnovitelné zdroje.

Objekt 31. základní školy v Plzni, Elišky Krásnohorské 10

Celý areál základní školy zahrnující devět objektů (učebnové pavilony, mimoškolní výchovu, tělocvičny, jídelnu apod.) byla původně postavena v 80. letech 20. století. Komplexní rekonstrukce školy proběhla v roce 2010.

**Základní parametry:**

Typ objektu:	vzdělávací zařízení
Energeticky vztažná plocha:	10593 m ²
Plocha obálky budovy:	18556 m ²
Obestavěný prostor:	43856 m ³
Poměr A/V (obálka budovy /objem):	0,42 m ² /m ³
Typ střechy budovy:	plochá
Plocha střechy budovy:	4378 m ²

Technické parametry:

Měrná potřeba tepla na vytápění:	69 kWh/m ² .rok
Celková dodaná energie:	102 kWh/m ² .rok
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U _{em} :	0,47 W/m ² .K
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí:	
vnější stěna	U = 0,22 W/m ² .K
strop/střecha	U = 0,16 W/m ² .K
podlaha	U = 0,89 W/m ² .K
otvory	U = 1,2 W/m ² .K

Technická zařízení:

Zdroj vytápění: soustava CZT

Zdroj ohřevu teplé vody: soustava CZT

Parametry pro dosažení nulového standardu:

Úspora z případné rekuperace:	27 kWh/m ² .rok
Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	280,1 kW _p
Teoret. výroba FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	26 kWh/m ² .rok
Potřebný teoretický výkon FV systému bez úspor z rekuperace:	1080,5 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém bez úspor z rekuperace:	16890 m ²
Potřebný teoretický výkon FV systému při instalaci rekuperace:	794,5 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém při instalaci rekuperace:	12420 m ²

Fotovoltaický systém potřebný pro dosažení nulového standardu není možné na střechu stávajícího objektu umístit, a to ani při snížení energetické náročnosti objektu pomocí rekuperace. Hodnocený objekt byl rekonstruován na normou požadované hodnoty (energetická třída C), což ani po dosazení nuceného větrání s rekuperací a FV systému na střechu objektu neumožňuje dosáhnout téměř nulové spotřeby energie. Objekt by musel být doplněn ještě o další obnovitelné zdroje.

Objekt 80. mateřské školy v Plzni, Úslavská 80

Jednopodlažní objekt mateřské školy byl nově vybudován v roce 2014.

**Základní parametry:**

Typ objektu:	vzdělávací zařízení
Energeticky vztažná plocha:	758 m ²
Plocha obálky budovy:	2050 m ²
Obestavěný prostor:	2933 m ³
Poměr A/V (obálka budovy /objem):	0,70 m ² /m ³
Typ střechy budovy:	plochá
Plocha střechy budovy:	734 m ²

Technické parametry:

Měrná potřeba tepla na vytápění:	131 kWh/m ² .rok
Celková dodaná energie:	185 kWh/m ² .rok
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U _{em} :	0,28 W/m ² .K
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí:	
vnější stěna	U = 0,24 W/m ² .K
strop/střecha	U = 0,19 W/m ² .K
podlaha	U = 0,28 W/m ² .K
otvory	U = 1,1 W/m ² .K

Technická zařízení:

Zdroj vytápění: soustava CZT

Zdroj ohřevu teplé vody: soustava CZT

Parametry pro dosažení nulového standardu:

Úspora z případné rekuperace:	52 kWh/m ² .rok
Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	47,0 kW _p
Teoret. výroba FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	62 kWh/m ² .rok
Potřebný teoretický výkon FV systému bez úspor z rekuperace:	140,2 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém bez úspor z rekuperace:	2190 m ²
Potřebný teoretický výkon FV systému při instalaci rekuperace:	100,8 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém při instalaci rekuperace:	1575 m ²

Fotovoltaický systém potřebný pro dosažení nulového standardu není možné na střechu stávajícího objektu umístit, a to ani při snížení energetické náročnosti objektu pomocí rekuperace. Hodnocený objekt byl postaven na normou požadované hodnoty (energetická třída C), což ani po dosazení nuceného větrání s rekuperací a FV systému na střechu objektu neumožňuje dosáhnout téměř nulové spotřeby energie. Objekt by musel být doplněn ještě o další obnovitelné zdroje.

Objekt mateřské školy v Plzni-Černicích, Vltavínová 10

Dvoupodlažní budova mateřské školy byla postavena v roce 2014 jako součást polyfunkčního centra.

Základní parametry:

Typ objektu:	vzdělávací zařízení
Energeticky vztahná plocha:	512 m ²
Plocha obálky budovy:	1230 m ²
Obestavěný prostor:	2055 m ³
Poměr A/V (obálka budovy /objem):	0,60 m ² /m ³
Typ střechy budovy:	plochá
Plocha střechy budovy:	360 m ²

Technické parametry:

Měrná potřeba tepla na vytápění:	54 kWh/m ² .rok
Celková dodaná energie:	107 kWh/m ² .rok
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U _{em} :	0,28 W/m ² .K
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí:	
vnější stěna	U = 0,18 W/m ² .K
strop/střecha	U = 0,15 W/m ² .K
podlaha	U = 0,29 W/m ² .K
otvory	U = 1,2 W/m ² .K

Technická zařízení:

Zdroj vytápění: plynové kondenzační kotle
Zdroj ohřevu teplé vody: plynové kondenzační kotle
VZT: větrací zařízení s rekuperací

Parametry pro dosažení nulového standardu:

Úspora z případné rekuperace:	- kWh/m ² .rok
Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	23,0 kW _p
Teoret. výroba FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	45 kWh/m ² .rok
Potřebný teoretický výkon FV systému bez úspor z rekuperace:	54,8 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém bez úspor z rekuperace:	856 m ²
Potřebný teoretický výkon FV systému při instalaci rekuperace:	- kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém při instalaci rekuperace:	- m ²

Fotovoltaický systém o výkonu potřebném pro dosažení nulového standardu není možné na střechu stávajícího objektu umístit, a to i přestože je budova osazena rekuperací. Objekt by musel být doplněn ještě o další obnovitelné zdroje.

Objekt 6. mateřské školy v Plzni, Republikánská 25

Objekt mateřské školy se třemi nadzemními a jedním podzemním podlažím byl původně postaven v 60. letech 20. století. Přestavba objektu byla dokončena v roce 2009.

**Základní parametry:**

Typ objektu:	vzdělávací zařízení
Energeticky vztahná plocha:	1078 m ²
Plocha obálky budovy:	1772 m ²
Obestavěný prostor:	4619 m ³
Poměr A/V (obálka budovy /objem):	0,38 m ² /m ³
Typ střechy budovy:	plochá
Plocha střechy budovy:	325 m ²

Technické parametry:

Měrná potřeba tepla na vytápění:	76 kWh/m ² .rok
Celková dodaná energie:	99 kWh/m ² .rok
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy U _{em} :	0,54 W/m ² .K
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí:	
vnější stěna	U = 0,25 W/m ² .K
strop/střecha	U = 0,15 W/m ² .K
podlaha	U = 1,04 W/m ² .K
otvory	U = 1,44 W/m ² .K

Technická zařízení:

Zdroj vytápění: soustava CZT

Zdroj ohřevu teplé vody: soustava CZT

Parametry pro dosažení nulového standardu:

Úspora z případné rekuperace:	30 kWh/m ² .rok
Teoretický výkon FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	20,8 kW _p
Teoret. výroba FV systému při jeho osazení na celou plochu střechy:	19 kWh/m ² .rok
Potřebný teoretický výkon FV systému bez úspor z rekuperace:	106,74 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém bez úspor z rekuperace:	1670 m ²
Potřebný teoretický výkon FV systému při instalaci rekuperace:	74,4 kW _p
Potřebná plocha střechy pro FV systém při instalaci rekuperace:	1160 m ²

Fotovoltaický systém potřebný pro dosažení nulového standardu není možné na střechu stávajícího objektu umístit, a to ani při snížení energetické náročnosti objektu pomocí rekuperace. Hodnocený objekt byl rekonstruován na normou požadované hodnoty (energetická třída C), což ani po dosažení nuceného větrání s rekuperací a FV systému na střechu objektu neumožňuje dosáhnout téměř nulové spotřeby energie. Objekt by musel být doplněn ještě o další obnovitelné zdroje.

Z výše uvedeného vyplývá, že rekonstruovat již postavené objekty na nulový standard je velmi obtížné. Znamenalo by to využít k zateplení materiálů mnohem větších tloušťek, než je doposud zvykem, ale pak je třeba zvážit otázku návratnosti takového počínání.

Jak je z již uvedeného patrné, není účelné zaměřovat se při snaze o dosažení nulových standardů budov na rekonstrukce, ale zejména na novou výstavbu. Problematiku projektování budov v nulových standardech je třeba chápat ve zcela nových souvislostech a změnit zavedený přístup projektantů, neboť realizace domů s téměř nulovou spotřebou vyžaduje komplexní přístup k řešení stavby.

EKONOMICKÁ NÁROČNOST NULOVÝCH BUDOV

Pro správné posouzení ekonomické náročnosti výstavby nulových budov je důležité do rozvahy zahrnout nejen investiční náklady na výstavbu, ale také provozní náklady v průběhu životního cyklu budovy. Je však třeba mít na paměti, že v ekonomické analýze lze zohlednit pouze faktory vyčíslitelné, kvalitu stavby a komfort užívání nelze finančně vyčíslit.

Pro ekonomické hodnocení lze použít metodu prosté návratnosti nebo metodu celkových ekvivalentních ročních nákladů, tj. kapitálových nákladů. Vzhledem ke skutečnosti, že metoda prosté návratnosti nezohledňuje faktor času, což znevýhodňuje dlouhodobé investice, je vhodnější využít pro hodnocení metodu kapitálových nákladů, která umožňuje zohlednění budoucího růstu cen energie, životnosti opatření, popř. zhodnocení vynaložených peněžních prostředků jiným způsobem.

INVESTIČNÍ NÁROČNOST NULOVÝCH BUDOV

Paušalizovat finanční náročnost výstavby budovy je prakticky nemožné. Každý dům může být postaven z jiných materiálů a jinou technickou náročností výstavby apod. Pro představu finanční náročnosti nulových budov bude níže uvedeno několik příkladů výstavby a porovnání finanční náročnosti výstavby nulového a standardního domu.

Například rodinný dům o podlahové ploše 120 m² se dle statistiky realizovaných staveb v roce 2016 a 2017 dá kompletně postavit za cenu mezi 4 a 6 mil. Kč. Na webu architektonický ateliér MASTER DESIGN s.r.o. lze nalézt vzorec pro výpočet orientační ceny stavby, do něhož je zahrnuta cena domu, včetně ostatních položek a DPH:

$$\text{COC} = (11000 * \text{PPD} * P * \text{SP} * \text{ZPS} * L * R + \text{PPD} * \text{SDP} * R + \text{CO}) * \text{DPH},$$

kde je	COC	celková orientační cena
	PPD	celková podlahová plocha domu v m ²
	P	patrovost (pro jednopodlažní dům se dosadí 1,05; pro vícepatrový dům 1)
	SP	svažitost pozemku (pro svažitý pozemek se dosadí 1,1; pro rovinný pozemek 1)
	ZPS	způsob provádění stavby (u stavby svépomocí se dosadí 0,9; dodavatelsky 1)
	L	lokalita (pro Prahu a Středočeský kraj 1,2; pro Moravskoslezský kraj 0,9; pro ostatní 1)
	R	rezerva (uvažuje se cca 10 %, dosadí se 1,1)
	SDP	standard dokončovacích prací (vše, co nepatří do hrubé stavby, může mít velmi rozdílné ceny – i několika násobně; minimální cena je 20 000 Kč/m ² , u luxusnějších domů 30 000, ale i 50 000 Kč/m ²)
	CO	cena ostatních položek (kryté stání – cca 150 000 Kč pro 1 auto; přípojky inženýrských sítí – orientačně min. 150 000 Kč; oplocení – z drátového pletiva min. 500 Kč/m plotu, pro zděný plot vč. brány a vstupní branky min. 5 000 Kč/m, pojezdová brána cca 60 000 Kč/m; terasy, zpevněné plochy a zahrada – cca 500 000 Kč; interiér v běžném standardu - cca 1 mil. Kč; technologie – bazén, sauny, OZE, klimatizace)
	DPH	daň z přidané hodnoty

VÝPOČET

Výstavba nulového domu bude pravděpodobně o něco dražší než běžného domu, což je dáno vyšší technologickou vybaveností domu. Vyšší pořizovací cena ale může být kompenzována úsporou financí za provoz domu. Existují však příklady pasivních domů, které byly postaveny dokonce za nižší cenu, než je průměrná cena výstavby v České republice. Pokud je precizně proveden návrh domu a stavební práce jsou řízeny efektivně lze pasivní dům postavit levněji než dům „standardní“.

Na webu www.nulovedomy.org/ je proveden výpočet návratnosti čtyř zcela shodných modelových domů s podlahovou plochou 150 m², stavěných stejnými postupy, se stejně efektivně řízenými stavebními pracemi. První je „standardní“ rodinný dům splňující požadavky současných norem, je vytápěn plynovým kondenzačním kotlem a náklady na vytápění 26 422 Kč/rok. Druhý je tentýž dům, ale splňující požadavky na pasivní dům. Vytápěn je kompaktní větrací jednotkou s aktivní rekuperací tepla a náklady na vytápění jsou 8 485 Kč/rok. Třetí splňuje požadavky na nulový dům, vytápěn je, stejně jako druhý, kompaktní větrací jednotkou s aktivní rekuperací tepla a náklady na vytápění jsou 8 485 Kč/rok. Tento dům vyrobí za rok 6 500 kWh vlastní energie, s příjmy z vyrobené energie 40 000 Kč. Čtvrtý dům splňuje požadavky na nulový dům, vytápěn je, krbem na dřevo s akumulací nádrží a náklady na vytápění jsou 6 070 Kč/rok. Tento dům vyrobí za rok 3 000 kWh vlastní energie, s příjmy z vyrobené energie 18 500 Kč. Vícenáklady druhého domu oproti prvnímu jsou 286 660 Kč a návratnost této investice při uvažovaném 5% růstu cen energií je 12 let. Ve třetím případě jsou vícenáklady 611 660 Kč a návratnost této investice při uvažovaném 5% růstu cen energií je 9 let. U čtvrtého domu jsou vícenáklady 561 660 Kč a návratnost této investice při uvažovaném 5% růstu cen energií je 12 let.



Zdroj: www.nulovedomy.org/prakticke-informace-a-rady-pro-stavbu/navratnost-investice-do-pasivniho-a-nuloveho-domu.htm

Jiným příkladem může být ekonomické porovnání pasivního, nízkoenergetického a běžného domu provedené Ing. Arch. Ivanem Krausem, certifikovaným projektantem pasivních domů, který na svých webových stránkách ukazuje, o kolik snížené náklady na vytápění u pasivního domu kompenzují zvýšené náklady na splácení hypotéky.

Zkušeností s nulovou výstavbou, zejména u menších domů, je již celá řada. Z nich lze shrnout, že nulovou budovu lze postavit za cca 30 000 – 40 000 Kč/m² a vícenáklady na nulovou výstavbu oproti běžné se pohybují okolo 5 - 15 %, přičemž návratnost této investice je díky sníženým provozním nákladům v závislosti na ceně energie cca 10 - 15 let.

Při podrobnějším zkoumání zvýšené investice při výstavbě nulového domu zjistíme, že výše vícenákladů se odvíjí od cen za zateplení obálky budovy (větší tloušťky tepelných izolací, kvalitnější okna s nižším prostupem tepla, ...) a od cen za instalovaná technická zařízení. Orientační vícenáklady konstrukčních systémů při realizaci nulového domu v porovnání s běžnou výstavbou jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 7: Orientační vícenáklady konstrukčních systémů

Typ konstrukce	Zlepšení	Vícenáklady [Kč/m ²]	
Tepelná izolace obvodových zdí	+ 180 mm	300,-	0,9 %
Zlepšení tepelné izolace střešní konstrukce	+ 220 mm	270,-	0,8 %
Zlepšení tepelné izolace podlahové konstrukce	+ 200 mm	180,-	0,5 %
Okna dvojkřídlá zasklená trojskly v tepelně izolačním 8 komorovém rámu	pův. $U_w = 1,2 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}$ nově $U_w = 0,5 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}$	1 500,-	4,3 %

Investiční cenu výstavby významně ovlivňuje také zvolené technické zařízení budovy, a to i u běžné výstavby. V následující tabulce jsou uvedeny investiční náklady pro několik variant technického zařízení na vytápění.

Tab. 8: Investiční náklady

Technické zařízení	Investiční náklady	
	[Kč/m ²]	[Kč/kW]
kondenzační kotel na zemní plyn s otopnou soustavou	1 200,-	9 000,-
elektrokotel s teplovodní otopnou soustavou	1 100,-	8 500,-
přímotopné elektrické panely s elektrickým boilerem	700,-	5 000,-
kompaktní jednotka s tepelným čerpadlem a vestavěným elektrokotlem	2 200,-	16 000,-
automatický kotel na pelety se zásobníkem paliva a akumulací nádrží	1 800,-	13 500,-
solární termické panely s kondenzačním plynovým kotlem	1 700,-	12 500,-

Pozn.: uvažované náklady byly stanoveny z cen zařízení pro objekt o podlahové ploše 150 m², potřebou tepla na vytápění 15 kWh/m² a přípravou teplé vody pro 4 osoby.

Pro stanovení vícenákladů při výstavbě nulového domu na technické zařízení bylo uvažováno pouze s těmi technickými zařízeními domu, která by v běžném domě pravděpodobně nebyla instalována. Jedná se zejména o vzduchotechnické zařízení s řízenou výměnou vzduchu a s rekuperací, alternativně též s přehřevem vzduchu v zemním kolektoru, o solární systém pro vytápění a ohřev teplé vody, o fotovoltaický systém, popř. jiný obnovitelný zdroj energie k pokrytí energetické potřeby domu. Orientační vícenáklady technických zařízení při realizaci nulového domu v porovnání s běžnou výstavbou jsou uvedeny v tabulce.

Tab. 9: Orientační vícenáklady technických zařízení

Typ zařízení	Zlepšení	Vícenáklady [Kč]
systém řízeného větrání s rekuperací	původně bez vzduchotechniky	120 000,-
zemní kolektor	původně bez zemního kolektoru ^{*)}	340 000,-
test neprůvzdušnosti (blower door test)	původně bez testu	5 000,-
fotovoltaický solární systém ^{**)}	původně bez FV systému	225 000,-
fototermický solární systém ^{***)}	původně bez FT systému	160 000,-

^{*)} odhad dle GEROTop spol. s r.o.

^{**)} cena FV systému o výkonu 5 kW_p

^{***)} cena trubicového FT systému k pokrytí potřeby tepla RD o podlahové ploše 150 m², potřebou tepla na vytápění 15 kWh/m² a přípravou teplé vody pro 4 osoby

Pozn.: Vzhledem k velkým investičním nákladům na realizaci zemních výměníků se, zejména u menších objektů, od jejich využívání v současnosti ustupuje. Přispívá k tomu i zvyšování účinnosti rekuperačních jednotek, proto využití zemního výměníku již nemá takový efekt. Navíc je tu vždy riziko chybného provedení výměníku, kdy v potrubí bude zůstat kondenzát a bude hrozit možný výskyt plísní a jiných nečistot.

Údaje uvedené v této kapitole jsou orientační a pro jednotlivé případy se mohou lišit. V praxi je nutné vycházet z cenových nabídek dodavatelů materiálů a zařízení pro konkrétní objekt.

PROVOZNÍ NÁROČNOST NULOVÝCH BUDOV

Provozní náklady objektu se skládají z nákladů na palivo (na vytápění a přípravu teplé vody), ze stálých měsíčních plateb za elektřinu a zemní plyn, z nákladů na osvětlení, elektrické spotřebiče vč. pomocné energie a z nákladů na údržbu celého systému (servis, revize apod. technického zařízení).

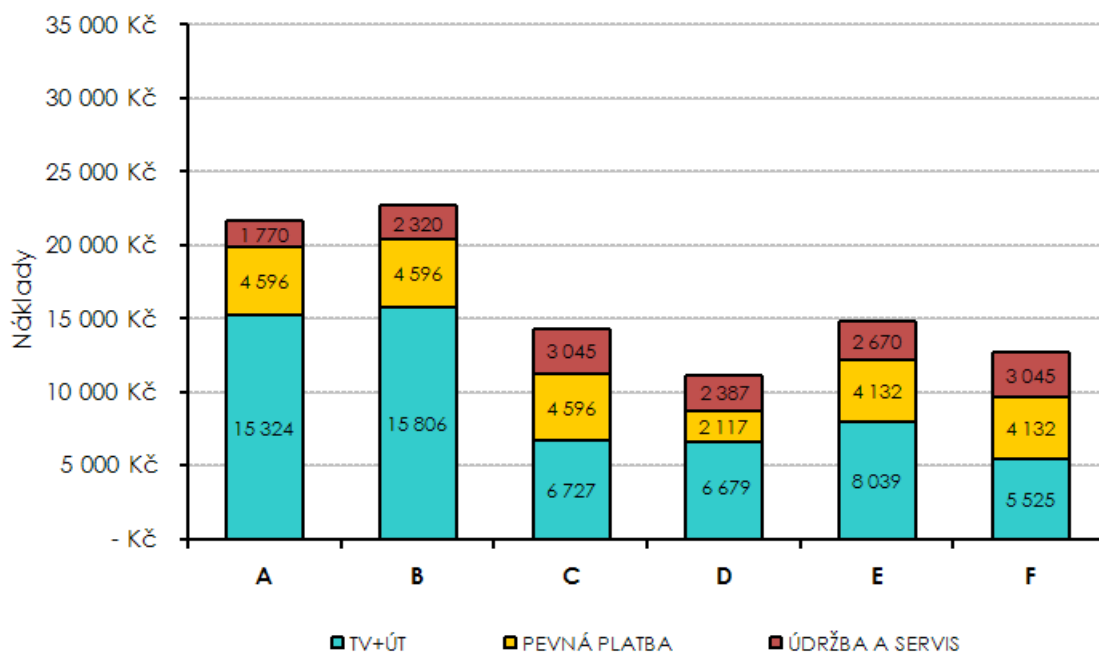
V následujícím grafu je porovnáno několik variant systému vytápění a ohřevu teplé vody pro objekt s podlahovou plochou 150 m², potřebou tepla na vytápění 15 kWh/m² a přípravou teplé vody pro 4 osoby. Vzhledem k vysokému podílu energetické náročnosti přípravy teplé vody oproti vytápění, je vhodné řešit oba systémy společně. Instalované technické zařízení bylo uvažováno jako ucelený systém včetně veškerých komponent nutných pro jeho provoz. Ve všech variantách je uvažováno řízené větrání s rekuperací tepla. U všech variant (kromě var. A) je uvažováno s teplovodní otopnou soustavou s deskovými otopnými tělesy. Výpočet zohledňuje též účinnost přenosu a distribuce energie otopnou soustavou a účinnost regulace zdroje.

Varianty systému vytápění a ohřevu vody:

- A) přímotopné elektrické panely s elektrickým boilerem
- B) elektrokotel s teplovodní otopnou soustavou
- C) kompaktní jednotka s tepelným čerpadlem a vestavěným elektrokotlem
- D) automatický kotel na pelety se zásobníkem paliva a akumulací nádrží
- E) kondenzační kotel na zemní plyn s otopnou soustavou
- F) solární termické panely s kondenzačním plynovým kotlem

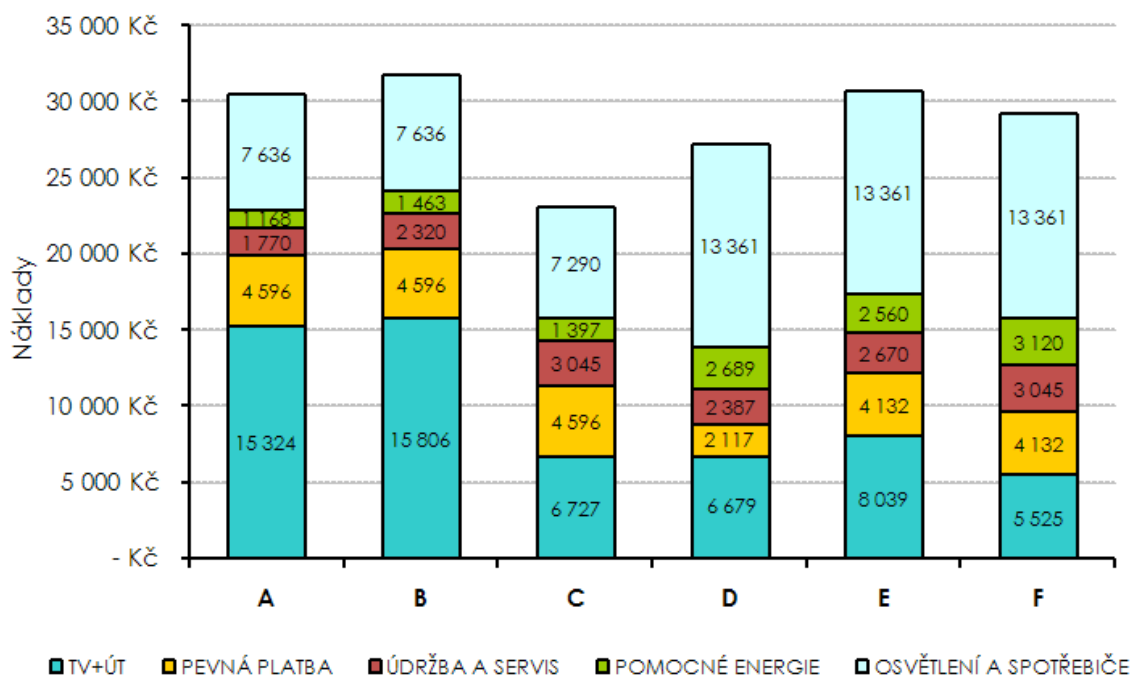
Následující dva grafy jsou převzaty z <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/8238-ekonomicke-porovnani-provozu-pasivniho-domu-a-bezne-vystavby>. První znázorňuje roční provozní náklady na vytápění a přípravu teplé vody, včetně údržby a servisu. Z grafu je patrné, že nejnižší provozní náklady za sledované období vykazuje kotel na pelety, nejvyšší pak systémy elektrických přímotopů a elektrokotle.

Graf 3: Roční provozní náklady na vytápění a přípravu teplé vody



Ve druhém grafu jsou k nákladům na vytápění a ohřev vody přidány i náklady na osvětlení a provoz elektrických spotřebičů. Velikost spotřebované energie je ve všech variantách shodná. V případě pomocných energií se energetická náročnost jednotlivých systémů mírně liší, projevuje se však především vliv uplatňovaného tarifu. V případě volby zdroje na elektrickou energii (varianty A – C) je na její spotřebu využit příslušný zvýhodněný tarif, který je současně uplatňován i pro spotřebu elektřiny na osvětlení a provoz elektrických spotřebičů. Při takto uvažovaném provozu se pořadí výhodnosti jednotlivých systémů změní ve prospěch varianty A (změna je dána ekonomicky výhodnějšími tarify).

Graf 4: Roční provozní náklady na vytápění, přípravu teplé vody, na osvětlení a provoz elektrických spotřebičů



Pro výběr nejvhodnějšího systému vytápění do nulového domu je nedostatečné posuzovat pouze provozní náklady, je zapotřebí porovnat společně provozní i investiční náklady, nejlépe za dobu životnosti technického zařízení (15 – 20 let). Uvážíme-li investiční náklady na jednotlivé systémy s provozními náklady v prostém součtu za 15 let, zjistíme, že rozdíl mezi jednotlivými systémy není natolik významný, jak by bylo možné usuzovat na základě hodnocení ročních provozních nákladů. Obecně lze říci, že čím nižší bude potřeba energie na provoz domu, tím větší váhu při vyhodnocování finanční výhodnosti technického systému bude mít jeho investiční cena. Všechny hodnocené energetické systémy mají potenciál uplatnit se ve výstavbě nulových domů víceméně rovnocenně. U nulových domů je tedy z hlediska ekonomiky provozu méně podstatné, čím a jak je objekt vytápěn, důležitější je soustředit pozornost na kvalitní řešení samotné stavby.

Ze stejného zdroje jako předchozí dva grafy je i porovnání investičních a provozních nákladů pro jednotlivé varianty vytápění uvedené v následující tabulce. Tabulka byla doplněna o varianty G, H a I, což jsou v podstatě varianty A, B a E doplněné o fotovoltaický systém. Do provozních nákladů jsou zahrnuty i náklady na osvětlení a elektrické spotřebiče.

Tab. 10: Porovnání investičních a provozních nákladů

systém		pasivní / nulový dům		běžná výstavba	
		investiční náklady [Kč]	celkem provozní náklady [Kč]	investiční náklady ¹⁾ [Kč]	celkem provozní náklady [Kč]
A	sálavé panely	236 300	30 500	141 300	60 610
B	elektrokotel	266 600	31 820	200 300	64 210
C	kompaktní jednotka	444 600	23 060	421 700	32 410
D	kotel na pelety	390 300	27 230	313 000	39 090
E	kotel na plyn	300 600	30 760	250 700	46 010
F	kotel na plyn, solární termické panely	372 300	29 180	310 000	44 430
G	sálavé panely, FV systém	461 300 ²⁾	16 500	141 300	60 610
H	elektrokotel, FV systém	499 600 ²⁾	17 820	200 300	64 210
I	kotel na plyn, FV systém	525 600 ²⁾	10 260	250 700	46 010
¹⁾ Technické zařízení běžné výstavby neobsahuje systém řízeného větrání s rekuperací tepla. Investice do tohoto zařízení v pasivním domě je uvažována ve výši 120 000 Kč. ²⁾ Uvažována instalace FV systému o výkonu 5 kW _p s investicí ve výši 225 000 Kč.					

Mezi ročními provozními náklady v jednotlivých variantách běžné výstavby je výrazný rozdíl. Podíl nákladů na vytápění a přípravu teplé vody tvoří, na rozdíl od domů pasivních či nulových, převážnou část celkových ročních plateb. Náklady na palivo tvoří 55 až 80 % celkových nákladů.

V souvislosti s instalací technického zařízení do pasivního / nulového domu dojde k nárůstu investičních nákladů oproti běžné výstavbě, a to z důvodu instalace řízeného větrání s rekuperací tepla, které ušetří energii na vytápění a zároveň zvýší kvalitu vnitřního prostředí. V posledních třech variantách navyšuje investiční náklady též instalace fotovoltaického systému. Odečteme-li vícenáklady na technické zařízení budovy od vypočtených úspor nákladů za 15 let provozu, dostaneme výslednou úsporu provozních nákladů v pasivním / nulovém domě oproti provozním nákladům v běžné výstavbě.

ZÁVĚR

Ze zpracovaného materiálu vyplývá, že u nulových a pasivních domů není rozhodující, jaký systém vytápění bude použit, neboť ať je pro vytápění použito jakékoli palivo v jakémkoli z uvedených otopných systémů, za dobu 15 let budou celkové výdaje za energii v prostém součtu velmi podobné. Jedinou rozumnou cestou, jak reálně ušetřit, je výstavba domu tak, aby jeho potřeba energie byla za daných podmínek skutečně a plánovitě nejnižší možná.

Posoudit rentabilitu nulového domu, v případě, že není možné odhadnout tempo růstu ceny energie v budoucnosti, je velmi obtížné (z hlediska budoucího vývoje cen energie a plateb za ni, je jedinou jistotou energii nepotřebovat). Stejně tak nelze jednoznačně říct, jak velké vícenáklady vzniknou. Nulový (potažmo pasivní) standard budov je především podmíněn vhodným umístěním a orientací budovy, optimalizovaným tvarem, optimalizovanou plochou a orientací zasklení z hlediska světových stran, kvalitní obálkou budovy, optimalizovanými konstrukčními detaily, kvalitními okny a vhodným dispozičním řešením. Jeho dosažení předpokládá využití kvalitních materiálů a dodržení technologické kázně při výstavbě. Zvýšené náklady pak většinou souvisejí s investicí do kvalitnějších oken, kvalitnější obálky budovy, technického zařízení, projektové dokumentace a technického dozoru stavby.

Vhodnou optimalizací lze takovýto objekt postavit za cenu shodnou či zhruba o 10 % vyšší v porovnání s běžnou výstavbou. To potvrzují i studie ze zahraničí, kde je již postavena celá řada objektů s minimální spotřebou energie. Z těchto vyhodnocení vyplývá, že je možné postavit pasivní či nulový dům za srovnatelnou cenu jako normální, ale je rovněž možné postavit dům výrazně dražší. Průměrně se uvádějí vícenáklady 5-10 %, při této výši lze vícenáklady financovat z úspor na vytápění. Vyšší náklady (do 15 %) se bezpečně zaplatí během prvních 25 let provozu domu (při ročním růstu cen energie o 5 %), s rostoucí cenou energie se tato doba výrazně zkracuje. Ekonomiku provozu pasivního či nulového domu je nutno hodnotit pro konkrétní případ s konkrétními okrajovými podmínkami, neboť návratnost investice do pasivního (nulového) standardu závisí především na individuálních požadavcích investora. Větší část těchto požadavků (např. estetické prvky fasády, vnitřní vybavení, apod.) ekonomickou návratnost nemá nebo ji nelze hodnotit.