



Stavební a technologická opatření vedoucí k úsporám energie a adaptaci budovy na změnu klimatu

1. Úvod

Možností stavebních a technologických opatření pro zvýšení úspor energie je opravdu mnoho, od nejzákladnějších (zateplení, výměna výplní otvorů), až po ta nejsložitější, realizovaná na náročných technologiích či technologických celcích.

Kapitola uvádí stručné informace o možnostech snížení spotřeby energie a konceptu jejich návrhu. Tento koncept je základním pilířem zpracování energetického auditu, jakožto i základním pilířem energetického managementu budovy či hospodářství.

Instalaci jakéhokoli úsporného opatření je potřeba předem zvážit. Některá opatření nevyvolávají v běžném prostředí žádné problémy či defekty, proto jejich instalaci lze považovat za naprosto bezpečnou. Tímto opatřením je například instalace perlátorů pro úsporu vody z výtokových armatur.

Neodborná instalace opatření, která mají vliv na snížení energetické náročnosti, se mohou velice negativně projevit na provozu budovy, ať již z pohledu nedostatečné technologické kapacity (výrobní budovy, budovy s významnou technologií), či z pohledu energetické náročnosti, provozních nákladů a vnitřního prostředí budovy.

1.1. Principy

Z důvodu odlišnosti staveb není možné jednoduše stanovit možná opatření pro snížení energetické náročnosti. Před samotným návrhem by měla v rámci energetického managementu budovy či celého hospodářství proběhnout prvotní analýza energetické náročnosti prováděných činností. Teprve na základě této analýzy by mělo dojít k návrhu vhodných opatření, přinášejících kýžený benefit nejen v podobě úspor energie a zvýšení energetické soběstačnosti, ale i v podobě snížení nákladů za provoz.

Úsporná opatření je možné rozdělit několika způsoby. Pro investora je pravděpodobně nejzajímavější rozdělení na základě investiční náročnosti. Takto lze opatření dělit na opatření:

- **Beznákladová:**
Do těchto opatření patří možnosti v podstatě nevyžadující žádnou znatelnou investici do budovy. Krásným příkladem těchto opatření je například:
 - Zavedení energetického managementu včetně kontroly a regulace provozu.
 - Instalace úsporných opatření na spotřebě vody (perlátory pro snížení průtoku vodovodní baterií, instalace úsporných splachovadel toalet).
 - Optimalizace odběrných míst energie (jedná se vyloženě o opatření generující úsporu provozních nákladů, ne úsporu energie).
- **Nízkonákladová:**
V této skupině jsou již opatření umožňující dlouhodobější přínos za vyšší investice. Příkladem tohoto opatření je u většiny budov například prostá výměna osvětlení či výměna zastaralého zdroje tepla.
- **Vysokonákladová:**
Tato skupina obecně sdružuje opatření, jejichž přínos je sice ze všech opatření standardně největší a tomu také odpovídá i finanční náročnost. Realizaci těchto opatření je možné zpravidla dosáhnout výrazných úspor až v druhé polovině jejich ekonomické životnosti, na druhou stranu se však jedná vesměs o opatření, která přinášejí i několik doplňkových benefitů, které obecně nelze finančně vyčíslit.



Mezi tato opatření patří:

- Zateplení a výměna výplní v budovách (doplňkovým benefitem je vytvoření optimálního prostředí v budově a získání kvalitního vnitřního prostředí).
- Instalace systému nuceného větrání s rekuperací tepla (doplňkovým benefitem je snížení hluku z okolí, trvalé snížení koncentrace CO₂, snížení prachu z venkovního prostředí a podobně).
- Realizace systémů rekuperace tepla u výrobních budov.
- Technologická opatření (doplňkovým benefitem je například snížení zátěže hlavních technologií a následně úspora na jejich obnově a podobně).

2. Stavební a technologická opatření¹

Protože se klimatická změna negativně projevuje nejen na kvalitě vnitřního prostředí, ale i na kvalitě prostředí v okolí budovy (městského prostředí), je vhodné realizovat na budovách taková opatření, která povedou k zajištění optimálního stavu.

Renovace budov a jejich přizpůsobení se změně klimatu je vždy složitější nežli navržení novostavby, která je přizpůsobena změně klimatu, neboť jsou jednotlivá adaptační opatření omezena možnostmi stávající budovy, jejího charakteru a umístění.

V podstatě se dá říct, že budova a její okolní prostředí ovlivňuje nejen vnitřní pohodu v budově, ale také možnosti, jak docílit jejího zlepšení. Vždy je proto důležité mít na paměti, že při návrhu opatření na konkrétní budovu by měly být brány v potaz samotné náklady na opatření a přínosy, které pro budovu mohou mít.

Vhodným návrhem souboru opatření může být dosaženo kvalitního vnitřního prostředí i při letních tropických vedrech, a to při přípustných investičních nákladech pro majitele budovy.

Základem pro realizaci opatření je analýza stavu budovy, která definuje základní opatření (včetně investičních nákladů) a jejich kombinaci tak, aby bylo dosaženo efektivního poměru mezi přínosy a náklady investice.

Níže jsou uvedena stavební a technologická opatření popsaná v této kapitole.

- Zateplení budovy:
 - Obálka a střecha budovy
 - Okna a prosklení
- Ochrana proti slunečnímu záření:
 - Stínící prvky (vnější)
- Technologie:
 - Chlazení a vzduchotechnika

Výše uvedená opatření jsou popsána obecným způsobem. V praxi lze jednotlivá opatření realizovat jak samostatně, tak v synergiích s dalšími opatřeními. Tím lze docílit většího koncového efektu. Část opatření je pak podmíněna předchozí realizací stavebních opatření, neboť jinak by byla ekonomicky neefektivní. Příkladem může být instalace tepelného čerpadla, které by bez rekonstrukce obálky a střechy budovy bylo ekonomicky nevýhodné.

Jednotlivá opatření není možné plošně realizovat na všech budovách, vždy je nutné přihlédnout k charakteru budovy a jejího omezení. V určitých případech může být realizace opatření technicky proveditelná, avšak přínos opatření může být minimální. Vždy je proto nutné návrh opatření přizpůsobit technickým podmínkám konkrétního projektu či budovy. Důležitým faktorem jsou také stavební předpisy a památková ochrana.

¹ Kapitola je převzata z dokumentu *Adaptace domů na změnu klimatu* (Malý, 2019)



2.1. Zateplení budovy

Cílem zateplení obálky budovy by měla být realizace komplexních opatření, která zajistí tepelně izolační standard obálky budovy včetně výplní otvorů na úrovni hodnot doporučených pro pasivní domy (uvedených v tabulce 3 ČSN 730540-2:2011).

2.1.1. Obálka a střecha budovy

- Izolace podlahové plochy:
 - Provedení izolace se odvíjí od prostorových možností (například požadavek na minimální zvýšení podlahy s ohledem na dveře/francouzská okna a podobně).
 - Důležitým prvek je také podsklepení objektu. Je možné využít tenké vakuové izolace podlahy, přírodních kamenných vln, pěn a polystyrénů (šířka izolace 10-20 cm). To vše má velký vliv na cenu investice.
 - Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla je minimálně $0,22 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (pro pasivní domy), nezateplené, případně nedostatečně zateplené podlahy, mají hodnotu $0,3 - 3 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Dosahuje-li budova doporučené hodnoty, není třeba opatření realizovat.
- Zateplení obálky budovy:
 - Snižuje pohlcení slunečního záření obálkou budovy během letních měsíců. Provedení izolace se odvíjí od tvaru objektu (například členění objektu, lodžie, balkóny, okna, dveře/francouzská okna a podobně). Zároveň je možné využít velké množství izolačních materiálů (tloušťka izolace obvodových zdí 15-30 cm).
 - Celková tloušťka zdi a izolace by však neměla přesahovat 80 cm, proto je vhodné u starších domů využít vysoce účinné tenké izolace.
 - Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla je minimálně $0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (pro pasivní domy), nezateplené, případně nedostatečně zateplené stěny objektu, mají hodnotu nejčastěji v rozmezí $0,5 - 1,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Dosahuje-li dům doporučené hodnoty, není třeba opatření realizovat.
- Zateplení střechy:
 - Zateplení střechy má pozitivní vliv zejména na spotřebu energie na vytápění. Druhým benefitem je snížení pohlcení slunečního záření střechou během letních měsíců.
 - Problematické jsou střechy s velkým sklonem (nad 30°), neboť mají větší ochlazenou plochu a není technicky možné dotěsnit jednotlivé detaily střechy a dochází ke vzniku tepelných mostů (dochází k úniku až $\frac{1}{4}$ tepla z domu).
 - Vhodným řešením jsou pultové střechy vytvářející nakloněnou rovinu dobře využitelnou pro solární panely. Při rekonstrukci je nutné posoudit stávající stav konstrukce a navrhnout správné řešení. Tloušťka izolace by měla být 35-40 cm, přičemž lze využít širokého spektra izolací a způsobu jejich ukládání (například foukání a podobně).
 - Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla je minimálně $0,18 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ (pro pasivní domy), nezateplené, případně nedostatečně zateplené střechy objektu, mají hodnotu $0,4 - 1,5 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Dosahuje-li dům doporučené hodnoty, není třeba opatření realizovat.
- Střecha-zásyp štěrkem (kačírkem, speciálním kamenivem):
 - Zásyp střechy kačírkem/kamenivem má pozitivní vliv zejména na pohlcení slunečního záření střechou během letních měsíců, neboť jej pomáhá omezovat (závisí na výšce vrstvy, barvě, frakci a odrazivosti).
 - Napomáhá také ke snížení tepelné ztráty konstrukce, neboť tvoří další vrstvu omezující ztráty tepla z objektu. Dalším benefitem je i vliv na mikroklima v okolí budovy, kdy správnou volbou zásypu může být docíleno i snížení teploty v blízkém okolí střechy o $1 - 5^\circ \text{C}$, neboť rozdíl v teplotě rozpálené střechy a střechy se zásypem se pohybuje v rozmezí $5 - 20^\circ \text{C}$.
 - Požadavek na únosnost podkladu/střechy je $70 - 150 \text{ kg/m}^2$ (v závislosti na typu a tloušťce zásypu), přičemž je možné využít střechy až do sklonu 30° .
 - Vždy ale pozor na místní regulativ, který může určovat jak sklon, tak materiál, i barevný odstín střechy.
- Střecha-barva/odrazivost střešní konstrukce:
 - Využitím speciálních barev nebo povlakových izolací/fólií s velmi světlou barvou lze docílit vysoké odrazivosti střechy (bílé povrchy mají odrazivost okolo 0,85 SRI, tmavé okolo 0,1 SRI), což má pozitivní vliv zejména na pohlcení slunečního záření střechou

během letních měsíců, neboť jej pomáhá omezovat. Zvýšená odrazivost světla, tedy i UV záření, zvyšuje životnost střešních materiálů.

- Dalším benefitem je i vliv na mikroklima v okolí budovy, kdy správnou volbou barvy/odrazivosti může být docíleno i snížení teploty nad střechou objektu o 1-10 °C, neboť rozdíl v teplotě rozpálené střechy a střechy se speciálním povrhem a barvou se pohybuje v rozmezí 5-40 °C.
- Střecha- materiál střešní krytiny:
 - Vhodná střešní krytina (materiál, ze které je vyrobena, barva krytiny, sklon střechy a podobně) má pozitivní vliv zejména na pohlčení slunečního záření střechou během letních měsíců, neboť jej pomáhá omezovat.
 - Zvýšená odrazivost světla, tedy i UV záření, zvyšuje životnost střešních materiálů. Střešní krytina by měla být vybírána s ohledem na konstrukci stavby, lokalitu umístění a také na využití podkrovní/vrchního patra objektu.
 - Dalším benefitem je i vliv na mikroklima v okolí budovy, kdy správnou volbou barvy/odrazivosti může být docíleno i snížení teploty nad střechou objektu o 1-5 °C, neboť rozdíl v teplotě rozpálené střechy a střechy s vhodným materiálem střešní krytiny se pohybuje v rozmezí 1-20 °C.
 - Existuje velké množství druhů střešních krytin (v závislosti na typu střechy). Mezi nevhodné krytiny s ohledem na změnu klimatu můžeme zařadit (vždy ale záleží na návrhu a řemeslném provedení) zejména plechové a asfaltové střešní krytiny, hlavně kvůli velké tepelné vodivosti a barvě/barevné nestálosti.
 - Za nejvhodnější pak můžeme považovat střechy s kačírkem/kamenivem a zelené střechy.

Výše uvedená opatření zaměřená na vnější podobu střechy (zásyp střechy, barva a odrazivost, vhodný materiál krytiny) jsou pro přehlednost rozdělena. Mají však velkou synergii, neboť při komplexním navržení podoby střechy by se měla daná opatření doplňovat/vzájemně prolínat. Vždy ale musí být brán zřetel na místní regulativ, který může určovat jak sklon, tak materiál, i barevný odstín střechy.



Obrázek 1: Zateplení objektu (zdroj: PORSENNA o.p.s.)



2.1.2. Okna a prosklení

Cílem opatření je úprava zasklení budovy s ohledem na optimalizaci k efektivnímu využití slunečního záření v zimě a současně nezpůsobení přehřívání interiéru v létě. Instalace trojitého zasklení s $U_g \leq 0,60 \text{ W/m}^2\text{K}$ a upravenou solární propustností dle orientace na světové strany ($g = 0,38 - 0,65$) je možná s využitím speciálních zasklení s proměnnou solární a spektrální propustností či možnostmi její změny uživatelem.

Doporučená opatření:

- Izolační trojsklo s inertním plynem:
 - Kvalitní okno má pozitivní vliv zejména na spotřebu energie na vytápění. Druhým benefitem je snížení pohlcení slunečního záření okny a dalšími předměty v interiéru během letních měsíců. Izolační trojsklo s inertním plynem („netečný“ plyn, který oknům dává lepší izolační vlastnosti než pouhý vzduch) má velmi dobré tepelné izolační parametry.
 - Doporučená hodnota součinitele prostupu tepla je minimálně $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ (pro pasivní domy), starší, ale i stávající jednoduchá/dvojitá/špaletová okna, mají hodnotu $1,5 - 4 \text{ W/m}^2\text{K}$. Dosahuje-li okno doporučené hodnoty, není třeba opatření realizovat.
 - Vždy ale pozor na místní regulativ a památkovou ochranu, která může stanovovat tvar a podobu oken. Ve většině případů se však vždy dá najít řešení, které umožňuje aplikaci kvalitního okna s dodržением všech požadavků na památkovou ochranu.
- Solární propustnost:
 - Různé druhy fólií/speciálního skla mají pozitivní vliv na snížení pohlcení slunečního záření okny a dalšími předměty v interiéru během letních měsíců. Jednoduchá okna, okna s izolačními dvojskly mají absolutní intenzitu tepelného toku v rozmezí $400-700 \text{ W/m}^2$ (jižně orientovaná), zatímco okna s kvalitní protisluneční ochranou dosahují hodnot okolo 200 W/m^2 . Solární propustnost je tak možné snížit až na hodnotu okolo 20 %.
 - Zatímco v zimě jsou tepelné zisky žádoucí, v letním období (zejména jižní a západní okna) nikoli, neboť budovu přehřívají. Využití fólií/speciálních skel se proto u pasivních domů mnohdy nedoporučuje z důvodů snížení tepelných zisků v zimě. Místo toho je kladen důraz na instalaci exteriérových žaluzií/rolet/okenic/slunolamů, které v létě odstíní sluneční záření, v zimě ho však pustí okny dovnitř budovy.

2.2. Ochrana proti slunečnímu záření

Zajištění protichůdných požadavků na okna (více energie v zimě, méně v létě) je možné především návrhem vhodných stínících prvků: pasivní (bez možnosti změny polohy), či aktivní (s možností změny polohy či rozsahu stínění) ochrany proti slunečnímu záření. K tomuto účelu lze využít i vegetaci v okolí domu, případně investovat do zelených fasád.

Opatření se zaměřuje na aplikaci stínících prvků a stanovení jejich vlastností na základě posouzení stability místnosti v letním období s požadavkem na maximální vzestup teploty vnitřního vzduchu v interiéru budov (dle ČSN 73540-2:2011 pro obytné budovy maximálně 27°C).

- Stínící prvky-externí žaluzie, rolety, okenice:
 - Exteriérové (vnější) žaluzie/rolety/okenice/slunolamy snižují tepelný zisk objektu přijímaný skrze okna, neboť umožňují odstínění přímého slunečního záření se zachováním požadavků na denní osvětlení místností. Oproti tomu existují i řešení, která propouštějí denní světlo do interiéru v malém množství. Zde ale vždy záleží na požadavcích majitelů.
 - U pasivních stínících prvků je klíčovým prvkem člověk, který s nimi nakládá. Aktivní stínící prvky jsou pak automaticky ovládány a regulují odstínění slunečního záření v závislosti na předem přednastavených hodnotách a na aktuálním počasí. Po započtení vlivu užívání se reálná účinnost snížení tepelné zátěže pohybuje v rozmezí 50-80 %. Trh poskytuje velké množství řešení s rozličnými způsoby zabudování (přímo na fasádu objektu, skrytě v rámci zateplovacího systému a podobně).
 - Stínící prvky je vhodné aplikovat zejména na jižní a západní fasády. Vnitřní stínící prvky pak nejsou doporučovány, neboť dosahují velmi nízkých účinností stínění (5-25 %).

- Vždy ale pozor na místní regulativ a památkovou ochranu, která může aplikaci vnějších stínících prvků znemožnit. Jedinou možností, jak odstínit přímé sluneční záření, tak mohou být vnitřní žaluzie, případně jiné stínící prvky.



Obrázek 2: Stínící prvky (zdroj: PORSENNA o.p.s.)

- Pasivní stínící prvky-překrytí (markýzy):
 - Různé druhy překrytí (markýzy a podobně) snižují tepelný zisk objektu přijímaný skrze okna (nejčastěji pak francouzská okna), neboť umožňují odstínění přímého slunečního záření. Reálná účinnost snížení tepelné zátěže se pohybuje v rozmezí 25-35 %. Jedná se o relativně jednoduché a levné řešení, které umožňuje ochranu teras před slunečním zářením, čímž snižuje i tepelné zisky oken/francouzských dveří.
 - Využití markýz na bytových domech a veřejných budovách je však problematické, uplatnitelné jsou zejména na rodinných domech.

2.3. Technologie

V rámci oblasti technologií jsou zařazena opatření cílící na zajištění vhodné kvality vnitřního prostředí (koncentrace CO₂ vlhkosti a ostatních škodlivin ve vnitřním prostředí, tepelná pohoda v objektu, využití vody) a opatření zaměřující se na využití obnovitelných zdrojů energie.

2.3.1. Chlazení a vzduchotechnika

Opatření se zaměřuje na instalaci různých druhů řízeného větrání k dosažení kvality vnitřního prostředí z pohledu koncentrace CO₂ vlhkosti a ostatních škodlivin ve vnitřním prostředí, zejména včetně využití tzv. nočního předchlazení v letním a přechodném období. Snahou by mělo být přednostní využití pasivních prvků ochrany budovy (stínící prvky, zateplení budovy, prosklení oken) a tím redukovat či zcela eliminovat nutnost aplikace systému řízeného větrání.

- Centrální chlazení:
 - Instalaci centrálního chlazení (klimatizace) lze docílit snížení tepelné zátěže (teploty v °C) v objektu. Instalaci systému však musí vždy předcházet využití stavebních úprav (stínící prvky, zateplení, okna a podobně), aby mohl být potřebný výkon jednotky co nejmenší. Chlad lze v budově distribuovat vzduchem (vzduchovody, což je v podmínkách ČR nejběžnější způsob), vodou (vodním potrubím), chladivem (chladičovým potrubím, pro renovaci budov nejjednodušší způsob) či jejich vzájemnou kombinací. Z hlediska prostorových nároků jsou nejnáročnější vzduchové systémy, nejméně pak rozvody chladiva.
 - Vzduchové systémy umožňují řízené větrání (vytápění, chlazení, vlhčení, odvlhčování a podobně dle podmínek a požadavků). Dodávku chladu zajišťuje centrální zdroj s větracími jednotkami. Systém je omezen množstvím vzduchu, který je možné vyměnit, a také svojí prostorovou náročností.
 - U chladičového systému jsou jednotlivé místnosti vybaveny vnitřními chladičnými jednotkami a rozvody chladiva zajišťují propojení s venkovními jednotkami



(kondenzátory, které odvádějí teplo). Venkovní jednotky jsou však relativně hlučné, je proto nutné zvážit jejich vhodné umístění.

- Existuje velké množství systémů využívajících různé zdroje chladu a rozvodu chladiva. Vždy je nutné zohlednit možnosti objektu, jeho stav a potřeby uživatelů. Od druhu instalovaného systému se také liší i cena.
- Absorpční nebo adsorpční chlazení:
 - Absorpční nebo adsorpční chlazení fungují obdobným principem jako klasické chladicí systémy využívající elektřinu ke svému chodu. Nespotebovávají však elektřinu, nýbrž teplo. Vhodné jsou zejména na objektech, kde je možné využít přebytečné/odpadní teplo, případně je efektivní využít solární termické systémy.
 - Jedná se o chladivové systémy, kdy jsou jednotlivé místnosti vybaveny vnitřními chladicími jednotkami a rozvody chladiva zajišťují propojení s venkovními jednotkami (kondenzátory, které odvádějí teplo).
 - Užití absorpčního nebo adsorpčního chlazení je u rodinných a bytových domů v podmínkách ČR komplikované (téměř vzácné) s ohledem na vyšší investici (až 80 %), nutnost dodávky tepla a větší prostorové nároky. Oproti tomu je jejich provoz levnější.
- Rekuperační větrací jednotka:
 - Rekuperační jednotka je větrací zařízení s rekuperátorem a ventilátory, která zajišťuje odvod vzduchu mimo objekt a jeho nahrazení čerstvým ohřátým (v létě ochlazeným) vzduchem. Rekuperátor zajišťuje, že v zimě odváděný teplý vzduch v rekuperátoru ohřívá přiváděný studený čerstvý vzduch, čímž snižuje spotřebu energie na vytápění.
 - Rekuperační jednotky snižují vlhkost (vhodné i pro starší domy po rekonstrukci). Důležitým požadavkem na rekuperační jednotku je objem vzduchu, který je jednotka schopná vyměnit.
 - V závislosti od velikosti objektu a počtu místností lze instalovat jak lokální, tak centrální jednotky o výkonech od 15 m³ – 1 000 m³/h. Systém je tak omezen množstvím vzduchu, který je možné vyměnit, a také svojí prostorovou náročností.
 - Pro místnost o velikosti 20 m² je potřeba vyměnit 20-30 m³ vzduchu za hodinu (v závislosti podle užívání místnosti a počtu osob). Nevýhodou rekuperačních jednotek je jejich omezený provoz při nízkých teplotách (-5 °C a méně).
- Centrální vzduchotechnika:
 - Vzduchotechnika zajišťuje výměnu vzduchu a zajištění jeho požadované kvality (teplota, koncentrace CO₂ a podobně) v celém objektu, případně v jeho dílčích částech. Lze instalovat jak centrální vzduchotechniku (zajišťuje výměnu vzduchu v celém objektu), nebo lokální vzduchotechniku (pro jednotlivé místnosti), kdy přívod i odvod vzduchu jsou řešeny samostatně pro každou jednotku.
 - Důležitým požadavkem na vzduchotechniku je objem vzduchu, který je jednotka schopná vyměnit a upravit na požadovanou kvalitu.
 - V závislosti od velikosti objektu a počtu místností lze instalovat jak lokální, tak centrální jednotky o výkonech od 15 m³ – 1 000 m³/h. Systém je tak omezen množstvím vzduchu, který je možné vyměnit, a také svojí prostorovou náročností.
 - Pro místnost o velikosti 20 m² je potřeba vyměnit 20-30 m³ vzduchu za hodinu (v závislosti podle užívání místnosti a počtu osob). Pokud je na vzduchotechniku napojeno i strojní chlazení, je důležité zohlednit i orientaci místnosti na světové strany obzvláště v případě, kdy chceme zajistit požadovanou teplotu i během horkých letních dnů. Pak je třeba počítat s větším množstvím přiváděného ochlazeného vzduchu.
 - Častým řešením je odvětrání domů podtlakovým větráním pomocí větrací jednotky s automatickou regulací, která zajišťuje konstantní podtlak pro výměnu vzduchu.

3. Příklady praxe

Velké množství možných úsporných opatření, včetně jejich dopadu na energetickou náročnost budovy, a základní ekonomické zhodnocení lze nalézt v online verzi katalogu úsporných opatření (<http://kataloguspor.cz/>).

V tomto katalogu jsou uvedena nejen opatření pro snížení energetické náročnosti průmyslových staveb, ale též staveb rezidenčních a staveb veřejných.

3.1. Obnova Střední odborné školy stavební Emila Belluše, Trenčín

Střední odborná škola stavební Emila Belluše v Trenčíně prošla komplexní modernizací. Základní energetické údaje:

	Před rekonstrukcí	Po rekonstrukci
Spotřeba tepla:	858,9 MWh/rok	192,15 MWh/r (-77 %)
Spotřeba elektrické energie:	136,7 MWh/rok	2,2 MWh/r (-60 %)
Energetická třída:	E	A (0)
Roční náklady na energii:	87 600 EUR	<30 000 EUR
Náklady obnovy: 70 EUR/m ³		

Více informací se můžete dozvědět na následující stránce: <https://www.archinfo.sk/diela/rekonstrukcia-a-obnova/obnova-strednej-odbornej-skoly-stavebnej-emila-bellusa-v-trencine.html>.

3.2. Renovace kancelářské budovy, Rimbach

Historická budova v obci Rimbach byla postavená v roce 1733. Budova byla původně používána pro zemědělské účely. Následně byla přeměněna na bytový dům se třemi bytovými jednotkami. Dům měl před renovací omítnutou fasádu, která z historického hlediska umožnila energeticky rozumnou rekonstrukci i přesto, že se jedná o památkově chráněnou budovu se sklepem. Budova byla zrekonstruována do pasivního standardu, přičemž horní patro se od roku 2010 používá jako kanceláře.



Obrázek 3: Renovace kancelářské budovy, Rimbach (zdroj: https://passivehouse-database.org/#d_3961)



3.2.1. Stavební úpravy

- Tepelné oddělení od klenutého sklepa:
 - Nízký suterén byl nejprve vyhlouben 1,20 m a na obou stranách základu byla položena drenáž, aby byl suterén co nejvíce suchý.
 - Pod novou podlahovou desku bylo instalováno 16 cm izolace (typ WLG 035).
 - Pro zajištění vhodného klimatu pro archivní materiál (sklep slouží jako archiv) bylo zabudováno podlahové vytápění přímo do betonové desky.
 - Kromě toho byl nainstalován stacionární odvlhčovač.
 - Aby byly tepelné mosty co nejnižší, byla ke spodní hraně základu natažena obvodová izolace 20 cm (typ WLG 035).
 - U-hodnota sklepní podlahy: 0,21 W/(m²K).
- Vnější stěny byly opatřeny izolací z minerálních vláken o průměru 20 cm (typ WLG 035):
 - Památkový úřad nedovolil více.
 - Zvětšení domu bylo nastaveno do měřítka plus 3 % pro všechny viditelné části.
 - V souladu s tímto faktorem byly všechny ozdobné prvky použity jako tvarové díly a omítnuty.
 - V oblasti základny byl pískovcový vlys přilepen přímo na obvodovou izolaci.
 - Celkově byl dům o 40 cm širší a 40 cm delší.
 - Výsledná U-hodnota fasády: 0,15 W/(m²K)
- Střecha již byla renovována, avšak pouze 20 cm minerální vlny s malou vzduchotěsností:
 - Aby byla struktura střechy viditelná zevnitř, byla použita 24 cm polyuretanová izolace (typ WLG 025).
 - Stávající střešní krytina (bobrovky) byla odstraněna a převisy střechy se posunuly o část izolace fasády.
 - Ve střeše byla ponechána stávající izolace mezi krokvemi, 20 cm minerální vlna (typ WLG 035).
 - Jako dodatečná izolace pod krokví byl použit kompaktní panel, který se skládá ze 100 mm izolace (typ WLG 035) a 10 mm sádrokartónu, což také vytváří vzduchotěsnou vrstvu.
 - Byl taktéž vytvořen snížený strop ze sádrokartónu, ve kterém je veden elektroinstalační materiál.
 - Celkově bylo těmito opatřeními dosaženo U-hodnoty 0,06 W/(m²K).
- Stávající okna byla nahrazena jednokřídlými dřevěnými okny, hodnota $U_w=0,72$ W/(m²K) ve stylu předchozích oken s připevněnými lištami v bílé barvě:
 - Vzhledem k omezené tloušťce izolace fasády se okna nemohla úplně pohnout do úrovně izolace.
 - Okna byla vyfrézována tak, aby se dále zmenšila kontaktní plocha s pískovcem. Kromě toho byly interiéry (vnitřní ostění oken) opatřeny 2 cm tepelně izolační omítkou.
 - Okenní rámy z masivu byly vyrobeny na zakázku a okenice byly vytvořeny tak, aby odpovídaly původnímu vzhledu.
 - U_f -hodnota: 0,90 W/(m²K)
 - U_g -hodnota: 0,5 W/(m²K)
- Vzduchotěsnost:
 - Vzduchotěsnost je zajištěna střešní membránou střechy, která probíhá pod izolací střechy na krokech, a je vedena dovnitř pomocí kruhové kotvy a napojena na vnitřní omítku.
 - Okenní prvky jsou připevněny před stěnu v ostění pískovce pomocí úhlů a ze všech stran přelepeny těsnicí páskou. Okna jsou ve vnitřním ostění omítnuta.
 - Celý dřevěný trám je zalit do betonu. V místě proniknutí bylo zatmeleno napojení na vnitřní omítku.
 - V oblasti podlahy byla vytvořena vzduchotěsná úroveň pomocí nové podlahové desky, která byla odlita přímo na stávající stěny.
 - Při měření vzduchotěsnosti dosáhl objekt hodnoty $n_{50} = 0,64$ l / h-1.
- Řízené větrání s rekuperací:
 - Celá budova byla vybavena řízeným větráním místnosti s rekuperací tepla.



- Systém byl dimenzován tak, aby bylo možné v létě použít noční větrání a snížit spotřebu energie na aktivní chlazení, protože větrání okny není možné z důvodu pojištění nemovitosti a lokality.
- Byla nainstalována ventilační jednotka Zehnder ComfoAir 800 od společnosti Zehnder.
- Řídící jednotka je umístěna v suterénu. Odtud vedou dvě hlavní linky přes toalety až pod střechem. Distribuce byla instalována pod stropem pro každé patro.
- Maximální rychlost výměny vzduchu: 1,0 m³/h
- Elektrická účinnost: 0,36 Wh/m³
- Vytápění:
 - U budovy se použilo reverzibilní tepelné čerpadlo vzduch/voda, které bylo instalováno v méně vzdálené sousední budově.
 - Topný výkon: 9 KW
 - Chladicí výkon: 5 KW
 - Vzhledem ke kombinaci chlazení a vytápění byly použity sálavé stropní panely. Ty mohly být také instalovány pod úhlem v podkroví.
 - Topné desky byly instalovány v jedné rovině se stropem, aby byly co nejméně viditelné.

3.2.2. Investiční náklady a energetická bilance

Celkové stavební náklady činily 600 000 EUR.

Standardu pasivního domu bylo dosaženo s požadavkem na vytápění 15 kWh/(m²/rok).

- S vypočtenou spotřebou primární energie 108 kWh/(m²/rok) je budova pod požadavkem pasivního domu 120 kWh/(m²/rok).

Další podrobnosti najdete v databázi Passive House Database: Dostupné z: https://passivehouse-database.org/#d_3961

Supported by:



Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety



European
Climate Initiative
EUKI

based on a decision of the German Bundestag

4. Literatura

Malý, V. a kolektiv. Adaptace domů na změnu klimatu, Agentura Koniklec, 2019