



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**ENERGETICKÁ NÁROČNOST NÍZKOENERGETICKÝCH
DOMŮ**

ENERGY PERFORMANCE OF LOW-ENERGY HOUSES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Strava

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Jan Strava**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Marek Baláš, Ph.D.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Energetická náročnost nízkoenergetických domů

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Náklady na elektrickou energii a vytápění jsou základními výdaji každé domácnosti. Proto se vyplatí hledat možné úspory, které by se pozitivně projevíly při ekonomické bilanci. Na nízkoenergetické domy jsou kladeny vysoké požadavky, které vedou k energetickým úsporám, ale také k navýšování investic do výstavby. V rámci práce budou posouzeny úsporná opatření po několika letech provozu.

Cíle bakalářské práce:

Požadavky kladené na nízkoenergetické domy
Posouzení plnění požadavků pro šesti letch provozu
Ekonomické posouzení vybraných opatření

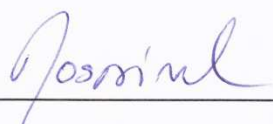
Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 12831. Tepelné soustavy v budovách - výpočet tepelného výkonu. 1. Praha: Český normalizační institut.

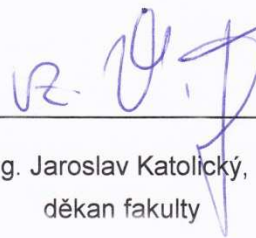
HUMM, Othmar. Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999. Stavitel. ISBN 80-716-9657-9.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 16. 10. 2016



doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu



doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou nízkoenergetických domů. U skutečné stavby postavené jako nízkoenergetické bude ověřeno, zda skutečně splňuje nízkoenergetický status. Následně budou navrženy možné další investice vedoucí ke snížení spotřeby energie. Rovněž bude posouzeno splnění požadavků investora po 10 letech provozu.

Abstract

The bachelor's thesis focuses on low-energy houses. It will prove whether or not a house built as low-energy house really does meet requirements for this classification. Further it suggests investment options for additional reduction of energy consumption. The actual results of 10 year old building will be compared with investor's original requests.

Klíčová slova

Nízkoenergetický dům, energetická náročnost, návratnost investice

Key words

Low-energy house, energy performance, return of investment

Bibliografická citace

STRAVA, J. *Energetická náročnost nízkoenergetických domů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. XX s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D..

Prohlášení o původnosti

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Energetická náročnost nízkoenergetických domů* vypracoval samostatně s použitím literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

V Brně dne 25.5. 2017

Jan Strava

Poděkování

Za cenné rady a připomínky při tvorbě této práce bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce panu doc. Ing. Markovi Balášovi, Ph.D.. Můj vděk patří i mým rodičům za podporu při studiu.

Obsah

1. Úvod	11
2. Nízkoenergetické domy	12
3. Stav v Evropské unii	13
4. Současný stav v České republice	14
5. Tepelné ztráty budovy	15
5.1. L_D – prostup tepla do vnějšího prostředí	15
5.2. L_S – tepelná prostupnost přes zeminu	16
5.3. H_U – tepelná ztráta přes nevytápěné prostory	16
5.4. H_V – tepelné ztráty výměnou vzduchu	16
6. Prostředky získání statusu nízkoenergetické budovy	18
6.1. Obecná koncepce	18
6.2. Obvodové konstrukce	18
6.2.1. Pálené cihelné bloky	19
6.2.2. Vápenopískové bloky	19
6.2.3. Porobetonové tvárnice	20
6.2.4. Tenkostěnné nosné prvky	20
6.3. Izolace	21
6.3.1. Vnější kontaktní izolace obvodového pláště budovy	21
6.3.2. Vnitřní kontaktní izolace stěn	21
6.3.3. Izolace stropů a střechy	21
6.3.4. Izolace podlah	22
6.4. Výplň otvorů	22
7. Popis hodnoceného objektu	23
7.1. Umístění objektu	23
7.2. Konstruktivní charakteristika	24
7.3. Dispozice domu	30
7.4. Vytápění a příprava TUV	30
7.4.1. Kotel Vaillant VU196/2 ecoTEC+	31
7.4.2. Kolektory Vaillant auroTHERMexclusiv VTK550	31
7.4.3. Akumulační zásobník Vaillant auroSTOR VPS SC 700	31
7.4.4. Krb na dřevo s krbovou vložkou StekoMars 7.1	32

7.5. Kontrola objektu termokamerou.....	33
8. Zhodnocení energetické náročnosti budovy	34
8.1. Hodnocení energetické náročnosti dle vyhlášky 78/2013 Sb.....	34
8.2. Národní kalkulační nástroj II.....	35
8.3. Analýza faktur	35
8.4. Vstupy do výpočtu NKN	37
8.4.1. Stanovení prostupu stěnou	37
8.4.2. Rozdělení objektu do zón.....	37
9. Průkaz energetické náročnosti budovy	39
10. Posouzení stavby.....	41
11. Další možnosti snížení energetické náročnosti	42
12. Závěr	45
Seznam použitých zdrojů	46
Seznam zkratk a symbolů.....	48
Seznam příloh.....	50

1. Úvod

Omezení spotřeby energie naší civilizací patří k největším trendům současnosti. Celo-světově se v budovách spotřebuje zhruba 40 % veškeré energie. [6] Česká republika jakožto člen Evropské unie reflektuje společnou unijní politiku, která si klade za cíl maximálně snížit dopad člověka na životní prostředí. Prostředky a opatření, kterými se toho snaží docílit, budou v této práci popsány.

Motivací k budování energeticky úsporných domů není pouze ochrana životního prostředí, mnoho lidí k budování takovýchto staveb vede i neustále se zvyšující cena energií. Skutečností ovšem je, že s rostoucí energetickou účinností domu rostou i náklady na jeho realizaci. Konstrukce takovýchto budov je navíc často natolik komplikovaná, že se realizací stavby musí zabývat specializovaná stavební společnost.

Cílem této práce je určit zařazení rodinného domu do kategorie dle potřeby tepla na vytápění. Budova byla navržena jako dům nízkoenergetický, skutečný stav však nikdy nebyl ověřen.

Výpočtem zjištěný stav domu bude dále vyhodnocen a následně budou navržena vhodná opatření, jimiž bude možné dále snížit energetickou náročnost stavby.

2. Nízkoenergetické domy

Jako nízkoenergetické domy se označují budovy se spotřebou tepla do 50 kWh/m² a rok. [1]

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
Starší domy	často více než dvojnásobné hodnoty než u obvyklých novostaveb
Obvyklá novostavba splňující aktuální normy	80-140 kWh/(m ² a)
Nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/(m ² a)
Pasivní dům	≤ 15 kWh/(m ² a)
Nulový dům	< 5 kWh/(m ² a)

Tab. 1 Tabulka základního rozdělení budov [1]

V tabulce se zohledňuje pouze potřeba tepla na vytápění, nehodnotí se ostatní faktory energetické bilance budovy (příprava TUV, chlazení, spotřebiče, obnovitelné zdroje). [1]

Rozdíl mezi nízkoenergetickým a pasivním domem

Každý pasivní dům je domem nízkoenergetickým. Domy pasivní však dosahují ještě menších tepelných ztrát než domy nízkoenergetické (dle normy ČSN 730540:2 je jejich tepelná ztráta nižší než 15 kWh/m²rok). Proto jsou u pasivních domů velmi významné vnitřní tepelné zisky, například: žárovky, zářivky, počítače, obyvatelé... Obvykle lze u pasivních domů celkovou potřebu tepla pokrýt bez použití otopné soustavy pouze systémem nuceného větrání s rekuperací tepla popřípadě, kombinací s malým zdrojem tepla pro dohřev vzduchu. [6]

3. Stav v Evropské unii

V době psaní této práce se mi bohužel nepodařilo najít oficiální statistiku zastoupení nízkoenergetických a pasivních domů v nové výstavbě v ČR ani v EU.

Evropská unie se snaží značně snížit dopad svých členských států na životní prostředí. S tím souvisí tlak na snížení množství spotřebované energie jednotlivými členskými státy. Směrnice EU 2010/31/EU udává, že celosvětově se v budovách spotřebuje až 40 % celkové energie. [6]

EU podporuje především projekty, jejichž cílem je šířit osvětu o pasivních domech, dále se pokouší zvýšit tlak na investory, aby takovéto budovy stavěli. Mezi tyto projekty patří například: **CEPHEUS** (Cost Efficient Passive Houses as European Standards, 1998-2001), **PEP** (Promotion of European Passive Houses, 2005-2007), **PASS-NET** (2007) a **CEPH** (Certified European Passive House Designer, 2008-2010). [6] Tvorba projektů podporující výstavbu nízkoenergetických budov je již zbytečná, neboť legislativa většiny členských států EU již vyžaduje výstavbu domů s nízkoenergetickým charakterem. Například ve spolkové zemi Horní Rakousko byla prováděcí vyhláškou platnou již od 1. ledna 2007 vyloučena možnost zkolaudovat novostavbu nesplňující přísná kritéria nízkoenergetické náročnosti. [6] V lednu 2008 vydal Evropský parlament prohlášení, kterým vyzval Evropskou komisi, aby všechny nové budovy vyžadující vytápění či chlazení splňovaly od roku 2011 kritéria pasivních budov. [6]

Velkým mezníkem ve změně požadavků na návrh a realizaci staveb zároveň se zvýšeným důrazem na doložení splnění deklarovaných požadavků bylo zavedení Směrnice EU O energetické náročnosti budov – EPBD (Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2002/91/ES o energetické náročnosti budov). [2] Tato směrnice byla v roce 2010 přepracována pod označením 2010/31/EU o energetické náročnosti budov. V této revizi jsou stanoveny cíle EU v oblasti energetiky do roku 2020. Rovněž upřesňuje a zpřísňuje požadavky na energetickou náročnost budov. Motem směrnice je 20-20-20. To znamená snížit v roce 2020 spotřebu energie o 20%, snížit produkci skleníkových plynů o 20% zvýšit podíl obnovitelných zdrojů v celkové energetické produkci o 20% oproti roku 1990. [1] Směrnice rovněž zavazuje členské státy, aby zajistily, že do 31. prosince 2020 budou všechny nové budovy „budovami s téměř nulovou spotřebou energie“, budovy vlastněné, popřípadě užívané veřejnou mocí mají tento termín zkrácen do roku 2018. [6]

4. Současný stav v České republice

Dne 1. července 2015 vstoupila v účinnost novela zákona o hospodaření energií. Jejím cílem je především upravovat podmínky ke zvyšování energetické účinnosti v ČR a podporovat energetické úspory.

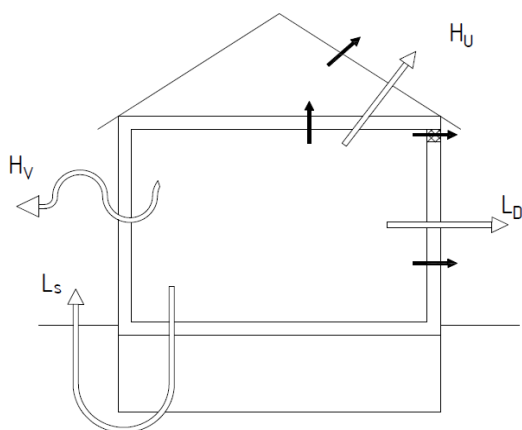
Novela reflektuje neustálé zvyšování tlaku EU na maximální šetření energií. Novela také reflektuje některé povinnosti plynoucí z evropské legislativy.

Jednou z hlavních novinek je povinnost velkých podnikatelů opakovaně zpracovávat energetické audity, a to každé 4 roky. Nově rovněž nebudou muset soukromé osoby, které chtějí stavět dům, žádat Státní energetickou inspekci o závazné stanovisko, že navržená budova plní požadavky na energetickou náročnost, ale doloží toto plnění pouze průkazem energetické náročnosti budovy (dále „průkaz“) přímo stavebnímu úřadu. Tímto by měla být snížena administrativní zátěž. [3]

Novela rovněž obsahuje úlevu z povinnosti zpracovat průkaz energetické náročnosti budovy (dále jen PENB) při prodeji či pronájmu budov postavených před rokem 1947, pokud tato budova neprodělala větší rekonstrukci. Úleva je rovněž poskytnuta kulturním památkám a budovám nacházejícím se v památkové rezervaci. Oproti předchozímu znění zákona budou nyní povinností nechat zpracovat PENB zatížení zprostředkovatelé pronájmu a prodeje, nikoli vlastníci nemovitostí. [3]

5. Tepelné ztráty budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T se dle ČSN EN ISO 13789 vypočte dle vztahu $H_T = L_D + L_S + H_U$



Obr. 1 Schéma tepelných prostupů

Kde je:

- L_D tepelná prostupnost obvodovým pláštěm mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím.
- L_S ustálená tepelná prostupnost přes zeminu
- H_U měrná ztráta prostupem tepla přes nevytápěné prostory
- H_V tepelná ztráta výměnou vzduchu

5.1. L_D – prostup tepla do vnějšího prostředí

Tepelná prostupnost obvodovým pláštěm se stanovuje na základě vztahu:

$$L_D = \sum_i A_i U_i + \sum_k l_k \psi_k + \sum_j \chi_j [17]$$

První suma odpovídá prostupu tepla v ploše konstrukcí, druhý člen přídatnému prostupu tepla v důsledku vzájemných napojení konstrukcí (lineární tepelné mosty) a třetí často zanedbávaný člen odpovídá přídatným bodovým prostupům tepla (bodové tepelné mosty).

Výše uvedené prvky vztahu jsou:

A_i	plocha prvku i obvodového pláště
U_i	součinitel prostupu tepla prvku i obvodového pláště [$\text{W/m}^2\text{K}$], stanovený v souladu s ČSN EN ISO 6946 pro neprůsvitné prvky a dle normy ČSN EN ISO 10077-1 pro prvky zasklené
l_k	délka lineárního tepelného mostu [m]
Ψ_k	lineární součinitel prostupu tepla tepelného mostu [W/mK], převzatý z ČSN EN ISO 14683 nebo vypočtený dle ČSN EN ISO 10211-1
χ_j	bodový činitel prostupu tepla tepelného mostu j [W/K], vypočtený z ČSN EN ISO 10211-1

5.2. L_s – tepelná prostupnost přes zeminu

Tepelná prostupnost zeminou je vypočtena dle normy ČSN EN ISO 13370. Výpočet zohledňuje vícerozměrné vedení tepla při obvodu. Pro toto potřebný vícerozměrný výpočet nahrazuje norma několika vztahy. Tento výpočet je však velmi zjednodušený a není příliš vhodný pro aplikaci při řešení nízkoenergetických budov.

5.3. H_u – tepelná ztráta přes nevytápěné prostory

Tuto měrnou ztrátu stanovíme ze vztahu: $H_u = L_{iu} * b$, $b = \frac{H_{iu}}{H_{iu} + H_{ue}}$ [17]

kde je:

L_{iu}	tepelná prostupnost mezi vytápěným a nevytápěným prostorem [W/K]
H_{iu}	měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do nevytápěného [W/K]
H_{ue}	měrná tepelná ztráta z nevytápěného prostoru do vnějšího prostředí [W/K]
b	redukční součinitel [-] charakterizující odlišnost teploty nevytápěného prostoru od teploty vnějšího prostředí

5.4. H_V – tepelné ztráty výměnou vzduchu

Měrnou tepelnou ztrátu výměnou vzduchu stanovíme dle vztahu:

$$H_V = \rho \cdot c \cdot V \quad [17]$$

U nízkoenergetický a pasivních/nulových budov je kladen velký důraz na vzduchotěsnost. Norma stanovuje že průvzdušnost styků a spojů konstrukčních prvků by měla být nulová. K dosažení požadovaných hodnot průvzdušnosti je obvykle potřeba přesně specifikovat vrstvu (vrstvy) zamezující průvzdušnosti konstrukce, zajistit její spojitost a perfektní napojení na okolní prvky, minimalizovat prvky narušující tuto vrstvu a provést důslednou kontrolu kvality provedení. [4]

Průvodním jevem kritické průvzdušnosti je pocit průvanu. Typickými netěsnostmi jsou například: krb, digestoř, odvětrávání toalet...Velkým problémem jsou netěsnosti vzniklé nekvalitním provedením stavby, mezi které patří například chybně provedené spoje stavebních prvků (napojení oken na zdi), nedokonale slepené pásy parozábrany nebo špatně vytvořené otvory pro elektroinstalace. Defektní místa lze většinou odhalit pomocí termokamery, tato metoda detekce je ale vhodná zejména v chladném období. [4]

6. Prostředky získání statusu nízkoenergetické budovy

6.1. Obecná koncepce

Spotřeba tepla u nízkoenergetických budov je omezena zejména kvalitním a propracovaným návrhem domu. Ten v ideálním případě vychází z požadavků investora, samotnou dispozici budovy pak přizpůsobí okolnostem. Zohlednit musí mimo jiné: volbu pozemku, polohu domu na parcele, jeho orientaci vůči světovým stranám, převládající směr a intenzitu větru, solární osvit budovy, volbu stavebních materiálů a výplní otvorů, velikost prosklených ploch, zateplení obálky domu, izolace střechy, stropů či základů, zadání investora a předpokládané využití domu, způsob vytápění, popřípadě i větrání a způsob přípravy TUV.

Požadovaných výsledků je zpravidla dosaženo návrhem stavby vícepodlažní. Tvar budovy by měl být co nejkompaktnější, bez zbytečných výstupků, zároveň by měl mít co nejmenší poměr povrchu pláště budovy vůči obestavěnému objemu. Z praktických důvodů jsou budovy nejčastěji koncipovány ve tvaru kvádrů, který je nejlepším kompromisem mezi vnitřním prostorem a náročností realizace stavby. [4]

Dispozice interiéru by měly být rozděleny do zón podle požadované vnitřní teploty. Tyto zóny je ideální vhodně rozmístit vůči světovým stranám, kdy zóny s nejvyšší požadovanou vnitřní teplotou budou orientovány k jihu, a naopak vstup a méně používané místnosti a technické zázemí budou orientovány směrem k méně osluněné straně domu.

U nízkoenergetických staveb jsou obecně kladeny velmi vysoké nároky na kvalitu stavebních materiálů i na kvalitu provedení stavby.

U vnější obálky je rovněž nutné maximálně eliminovat tepelné mosty. Toho lze dosáhnout detailně zpracovanou technickou dokumentací. V praxi je největším kamenem úrazu nekvalitně provedená stavba, byť výkresová dokumentace je zpracována správně. Dělníci by měli být správně proškolení a stavební dozor by měl jejich práci pečlivě zkontrolovat, pozdější opravy již zpravidla nejsou možné, neboť dojde k překrytí defektní vrstvy vrstvou jinou (špatně napojená izolace je následně překryta sádrokartonem). [4]

Garáže by v žádném případě neměly být součástí domu, značně zvyšují tepelnou ztrátu. Garážová vrata mají zpravidla nízký tepelný odpor a často se u jejich napojení na obálku budovy a podlahu vyskytují netěsnosti. Otevření vrat rovněž dochází k velké výměně vzduchu. Garáže umístěné v budově jsou ovšem velmi komfortním řešením a v současnosti se těší velké oblibě. [4]

6.2. Obvodové konstrukce

Konstrukce domu lze v zásadě dělit na konstrukce lehké a těžké (masivní). Druhé uvedené se ve Střední Evropě a v České republice zejména těší velké oblibě. Volba ovšem záleží spíše na osobních preferencích investora než na vlastnostech. Mezi nízkoenergetickými budovami mají dřevostavby o něco větší podíl než mezi běžnou zástavbou. [4]

Stavební materiály musí podléhat požadavkům stanoveným stavebním zákonem a příslušným vyhláškám.

Dále je uveden stručný přehled nejčastěji používaných materiálů těžkých konstrukcí na našem trhu, tento seznam rozhodně není vyčerpávající.

6.2.1. Pálené cihelné bloky

V České republice se jedná o tradiční stavební materiál. Dříve používané plné cihly byly nahrazeny cihelnými bloky s dutinami. Bloky jsou větší, mají lepší izolační vlastnosti a při stavbě se spotřebuje méně malty. Současným trendem je výroba cihel s broušenými dosedacími plochami. Tyto cihly se nepokládají na maltu, ale na velmi tenkou vrstvu lepidla. Tím je eliminován vliv tepelného mostu mezi maltou a cihlou. Další novinkou je výroba bloků plněných izolační hmotou například polystyrenem nebo minerální vatou (WIENERBERGER). Tímto je dále navýšen tepelný odpor zdiva.

Blok Heluz Family 50



Rozměry:	247 x 500 x 249 mm
Hmotnost:	20 kg
Tepelný odpor R:	7,10 m ² ·K/W

Obr. 2[12]

Tab. 2 Parametry Heluz Family 50 [12]

Blok Heluz Family 50 2v1



Rozměry:	247 x 500 x 249 mm
Hmotnost:	20 kg
Tepelný odpor R:	9,16 m ² ·K/W

Obr. 3[13]

Tab. 3 Parametry Heluz Family 50 2v1 [13]

6.2.2. Vápenopískové bloky

Skládají se z jemného křemičitého písku, nehašeného vápna a vody. Konečný blok je vyroben lisováním za tepla v autoklávu. Tyto bloky vynikají zejména svou únosností v tlaku a dobrými zvukově izolačními vlastnostmi.

Blok KM Beta SENDWIX 16DF-LD

Rozměry:	248 x 498 x 240 mm
Hmotnost:	26,5 kg
Tepelný odpor R:	1,35 m ² ·K/W

Obr. 4[14]

Tab. 4 Parametry KM Beta Sendwix 16DF-LD [14]

6.2.3. Porobetonové tvárnice

Porobetonové tvárnice vznikají kombinací složky plniva, pojiva a vody. Plnivem je křemičitý písek, někdy popílek (nejčastěji z elektráren). Jejich výhodou je pevnost a dobré izolační vlastnosti a také výborná přesnost.

Tvárnice YTONG Lambda YQ P2-300

Rozměry:	450 x 249 x 499 mm
Hmotnost:	16,8 kg
Tepelný odpor R:	6,49 m ² ·K/W

Obr. 5[15]

Tab. 5 Parametry YTONG Lambda YQ P2-300 [15]

6.2.4. Tenkostěnné nosné prvky

Do této skupiny patří nosné prvky v tloušťkách typicky 120 až 180 mm, například železobetonové monolitické nebo prefabrikované stěny. Toto řešení je však u běžné výstavby poměrně vzácné. Nosná část pak musí být z vnější strany doplněna vhodnou tepelnou izolací.

6.3. Izolace

Jako izolace označujeme souhrnně materiály zvyšující tepelný odpor konstrukce. Správně izolovaná konstrukce je podstatná pro dosažení optimálního tepelného odporu budovy. Obecně můžeme říci, že izolujeme všechny konstrukce, které nesplňují námi kladené požadavky. Je důležité, aby na sebe jednotlivé vrstvy izolace spolu s prvky konstrukcí dobře navazovaly s izolací stěn. V opačném případě hrozí riziko vzniku tepelných mostů, případně defektů způsobených pronikáním vlhkosti do konstrukce.

6.3.1. Vnější kontaktní izolace obvodového pláště budovy

S touto metodou izolace se v České Republice setkáváme nejčastěji. Tepelně izolační vlastnosti zajišťuje vrstva tepelné izolace, která je připevněná ke stěně lepidlem popřípadě jiným způsobem kotvení.

Na tepelnou izolaci se nanese stěrková omítka nebo je izolace překryta montovanou fasádou. Tyto prvky mají především estetický význam, dále chrání izolaci před povětrnostními vlivy okolí.

Polystyren STYRO EPS 100 F

Desky mají rozměry 1000 x 500 mm a tloušťku až 300 mm, součinitel tepelné vodivosti λ je **0,037 W/mK** [5]

Minerální vata Knauf Classic 032

Vata se dodává v rolích o rozměrech 1200 x 2500 mm až 1200 x 8300 mm a v tloušťkách od 50 do 160 mm. Součinitel tepelné vodivosti λ je **0,032 W/mK**. [5]

Desky z fenolitické pěny Baumit Resolution

Desky mají rozměry 1000 x 500 mm a tloušťku 30 až 300 mm. Součinitel tepelné vodivosti λ je **0,022 W/mK**. [5]

6.3.2. Vnitřní kontaktní izolace stěn

Toto řešení zateplení se uplatní spíše při rekonstrukci budov, a to tehdy, když vnější izolaci z nějakého důvodu nelze udělat. (Nejčastěji se jedná o památkově chráněný objekt.) U vnitřní izolace může docházet k hromadění vlhkosti, s čímž souvisí řada problémů. Zároveň dojde k omezení vnitřního prostoru místnosti.

6.3.3. Izolace stropů a střechy

U izolace střechy je důležitá správně provedená parozábrana, jejímž úkolem je zamezení přístupu vodní páry do střešní konstrukce.

U novostaveb se většinou izoluje střecha, a to umístěním tepelné izolace pod nebo nad krokve, popřípadě kombinací zmíněného. U starších objektů

se zpravidla izoluje strop půdy. Zde se nejčastěji používá tzv. foukaná izolace, kdy se izolační materiál pod tlakem vžene do předem připravených dutin nad stávajícím stropem půdy.

6.3.4. Izolace podlah

U podsklepených objektů je ideální izolovat strop sklepa. Nepodsklepené objekty by měly mít izolaci v podlaze.

6.4. Výplň otvorů

Okna a dveře tvoří významnou část pláště budovy.

Prostup tepla oknem je dle [4] ovlivněn zejména:

- a) vlastnostmi zasklívací jednotky a vlastnostmi rámu
- b) poměrem plochy zasklívací jednotky a celého okna
- c) vlastnostmi distančního rámečku na okraji zasklívací jednotky a jeho délkou
- d) vazbou mezi oknem a obvodovou stěnou
- e) skutečným provedením.

Dnes nejpoužívanější zasklívací jednotkou je dvojsklo s pokovenými povrchy, u pasivních domů se používají i trojskla. Dutina bývá často vyplněna plynem (Ar nebo Xe), čímž se ještě sníží prostup tepla. V současnosti jsou již rámy oken slabším místem než samotné zasklení. Nejčastěji se setkáváme s rámy plastovými, dále existují rámy dřevěné a hliníkové.

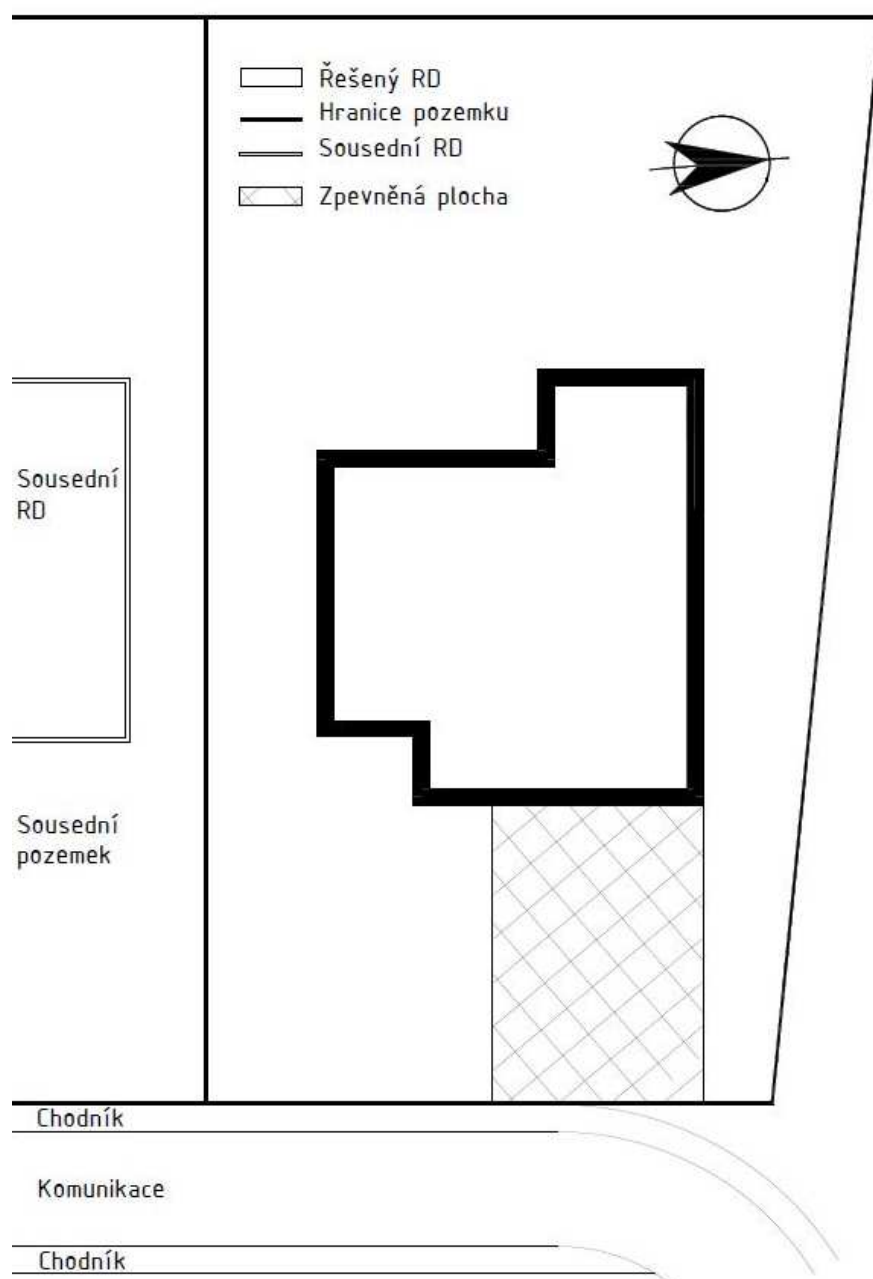
Vstupní dveře do objektu mají většinou menší tepelný odpor než okna. Dveře většinou zabírají mnohem menší plochu než okna. Častým způsobem eliminace prostupu tepla dveřmi je použití předsíně, která vytvoří meziprostor mezi vnitřním a vnějším prostředím.

7. Popis hodnoceného objektu

7.1. Umístění objektu

Objekt, kterým je v této práci popsán, je řešen jako samostatně stojící rodinný dům. Kolaudace domu se uskutečnila v prosinci 2007. Dům je napojen na elektrickou distribuční síť, plynovodní, vodovodní a kanalizační síť.

Dům stojí v obci Blučina, která se nachází v okrese Brno-venkov. Průměrná nadmořská výška v obci je 187 m n. m. V lokalitě je dosahováno průměrné hodnoty globálního slunečního záření 1,2 MWh/m²rok. Výpočtová vnější teplota v této lokalitě je -12 °C.



Obr. 6 Lokalizace domu

7.2. Konstrukční charakteristika

Rodinný dům je řešen jako patrový podsklepený objekt. Dům je vetknut do mírného svahu. Obvodové konstrukce jsou z cihelných bloků Heluz SUPERTHERM STI 44, tloušťka konstrukcí je 440 mm. Bloky jsou pokládány „na maltu“. V době výstavby hrubé stavy nebyla ještě rozšířena současná metoda pokládání broušených bloků na tenkou vrstvu lepidla. Obvodový plášť je izolován minerální vatou IZOVER TF. Tloušťka obkladu je 120 mm.

Okna jsou dřevěná typu EURO s izolačními dvojskly. Výrobce deklarovaný součinitel prostupu tepla sklem $U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tloušťka skel je 4 mm, mezi skly je 16 mm mezera vyplněná argonem. Vstupní dveře jsou dřevěné, bezpečnostní. Tyto dveře dosahují normou požadované hodnoty součinitele prostupu tepla $1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Střecha je sedlová, jako střešní krytina je použita pálená taška. Střecha je izolována čedičovou vatou Isover ORSET tl. 300 mm.

Podlaha ve spodním podlaží je izolována 30 mm minerální vaty. Stropy jsou izolovány systémovými deskami podlahového vytápění tloušťky 60 mm. Základy domu izolovány nejsou.

Vnitřní omítka je jednovrstvá od výrobce Cemix, ve vrstvě cca 20 mm. Součinitel tepelné vodivosti vnitřní omítky λ je max. $0,38 \text{ W/mK}$. [9] Vnější omítka je silikátová tenkovrstvá se sítkou Weber.pas v tloušťce 2 mm. Výrobce vnější omítky deklarovaný součinitel tepelné vodivosti λ je $0,75 \text{ W/mK}$ [10]

Heluz SUPERTHERM STI 44

Rozměry [mm] (d x š x v)	247 x 440 x 238
Tepelný odpor R [$\text{m}^2\text{K/W}$]	4,77

Tab. 6 Parametry Heluz Supertherm STI44 [7]

Isover TF

Rozměry [mm]	1000 x 600
Tloušťka [mm]	120
Tepelný odpor R [$\text{m}^2\text{K/W}$]	3,15

Tab. 7 Parametry Isover TF [8]

Isover ORSET

Rozměry [mm]	1250 x 2400
Tloušťka [mm]	300
Tepelný odpor R [m ² ·K/W]	7,895

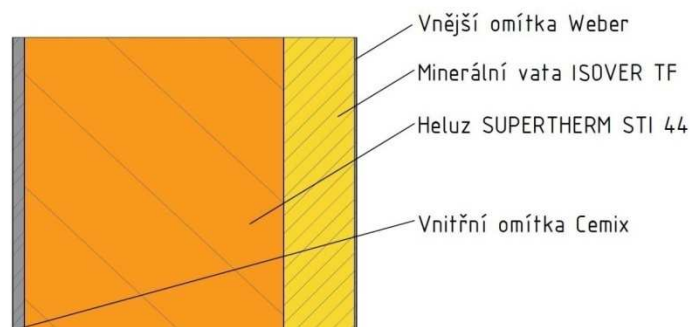
Tab. 8 Parametry Isover ORSET [16]

Určení celkového součinitele prostupu tepla konstrukcí U_K

Celkový součinitel prostupu tepla stanovíme dle normy ČSN 73 0540 ze vzorce:

$$U_K = \frac{1}{R_{si} + \sum_1^n R_n + R_{se}} [W/m^2 \cdot K], \text{ kde je:}$$

Veličina	Popis	Jednotka
U_K	součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí	W/m ² ·K
R_{si}	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce, dle normy ČSN 73 0540-3 je pro stěnu roven 0,13 m ² ·K/W, pro střechu 0,1 m ² ·K/W a pro podlahu 0,17 m ² ·K/W	m ² ·K/W
R_n	tepelný odpor daného konstrukčního materiálu	m ² ·K/W
R_{se}	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce, dle normy ČSN 73 0540-3 používám hodnotu 0,04 m ² ·K/W	m ² ·K/W

Součinitel prostupu tepla stěnou

Obr. 7 Schématický řez obvodové stěny

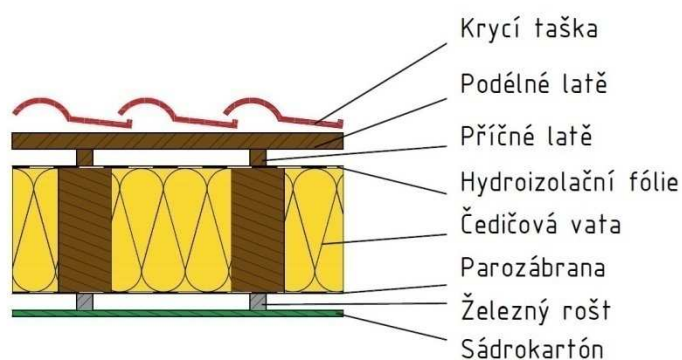
Prvek	Tloušťka [mm]	Tepelný odpor[m ² ·K/W]
Vnitřní omítka Cemix	20	0,0526
Heluz SUPERTHERM STI 44	440	4,77
Minerální vata ISOVER TF	120	3,16
Vnější omítka Weber	2	0,00267

Tab. 9 Parametry konstrukčních prvků stěny

$$U_K = \frac{1}{0,13 + 0,0526 + 4,77 + 3,16 + 0,00267 + 0,04} = 0,122 \text{ W/m}^2 \cdot K$$

Norma ČSN 75 0540 požaduje pro vnější stěnu hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,30 \text{ W/m}^2 \cdot K$, doporučená hodnota pro těžkou stěnu $U_{rec,20}$ je $0,25 \text{ W/m}^2 \cdot K$. Konstrukce splňuje i normou doporučenou hodnotu pro pasivní domy $U_{pas,20}$ 0,18 až $0,12 \text{ W/m}^2 \cdot K$.

Součinitel prostupu tepla střechou



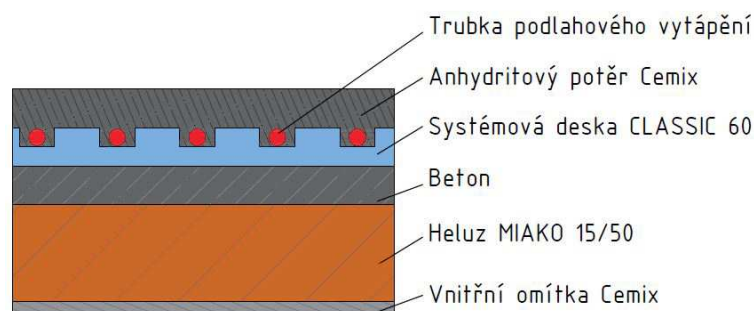
Obr. 8 Schematický řez střechou

Prvek	Tloušťka [mm]	Tepelný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
Sádrokartonový podhled	15	0,068
Čedičová vata ISOVER ORSET	330	7,895

Tab. 10 Parametry konstrukčních prvků střechy

$$U_K = \frac{1}{0,1 + 0,068 + 7,895 + 0,04} = 0,123 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Norma ČSN 75 0540 požaduje pro střechu plochou a šikmou se sklonem do 45° včetně hodnotu součinitele prostupu tepla $U_{N,20} = 0,24 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, doporučená hodnota pro střechu $U_{\text{rec},20}$ je $0,16 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Konstrukce splňuje i normou doporučenou hodnotu pro pasivní domy $U_{\text{pas},20}$ 0,15 až $0,10 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Součinitel prostupu tepla stropem

Obr. 9 Schématický řez stropem

Prvek	Tloušťka [mm]	Tepelný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
Vnitřní omítka Cemix	20	0,0526
Heluz MIAKO 15/50	150	0,575
Beton	60	0,0429
Systémová deska CLASSIC 60	60	1,25
Anhydritový potěr Cemix	60	0,048

Tab. 11 Parametry konstrukčních prvků stropu

$$U_K = \frac{1}{0,17 + 0,0526 + 0,575 + 0,0429 + 1,25 + 0,048 + 0,04} = 0,459 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Normou ČSN 75 0540 požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro strop z vytápěného k temperovanému prostoru $U_{N,20}$ je $0,75 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, doporučená hodnota $U_{\text{rec},20}$ je $0,50 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Konstrukce splňuje normou doporučenou hodnotu. Ve výpočtu je zanedbána svrchní podlahová krytina z důvodu minimálního ovlivnění výsledků ($R < 0,05 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$) a značné rozmanitosti jednotlivých krytin v budově.

Součinitel prostupu tepla podlahou

Obr. 10 Schématický řez podlahou

Prvek	Tloušťka [mm]	Tepelný odpor [$\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$]
Podkladový beton	200	0,154
Asfaltová hydroizolace Sklobit	4	0,02
Minerální vata ISOVER TF	30	0,789
Svrchní vrstva betonu	50	0,038

Tab. 12 Parametry konstrukčních prvků podlahy

$$U_K = \frac{1}{0,17 + 0,154 + 0,02 + 0,789 + 0,038} = 0,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Normou ČSN 75 0540 požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla pro podlahu temperovaného prostoru přilehlá k zemině $U_{N,20}$ je $0,85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, doporučená hodnota $U_{\text{rec},20}$ je $0,60 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$. Konstrukce splňuje hodnotu požadovanou.

7.3. Dispozice domu

Dům se dělí na část technickou a část obývanou. V prvním podzemním podlaží se nachází dvojgaráž, kotelná, sklep a pracovna s WC. V tomto podlaží se obvykle netopí. Ustálená teplota je zde 15° C.

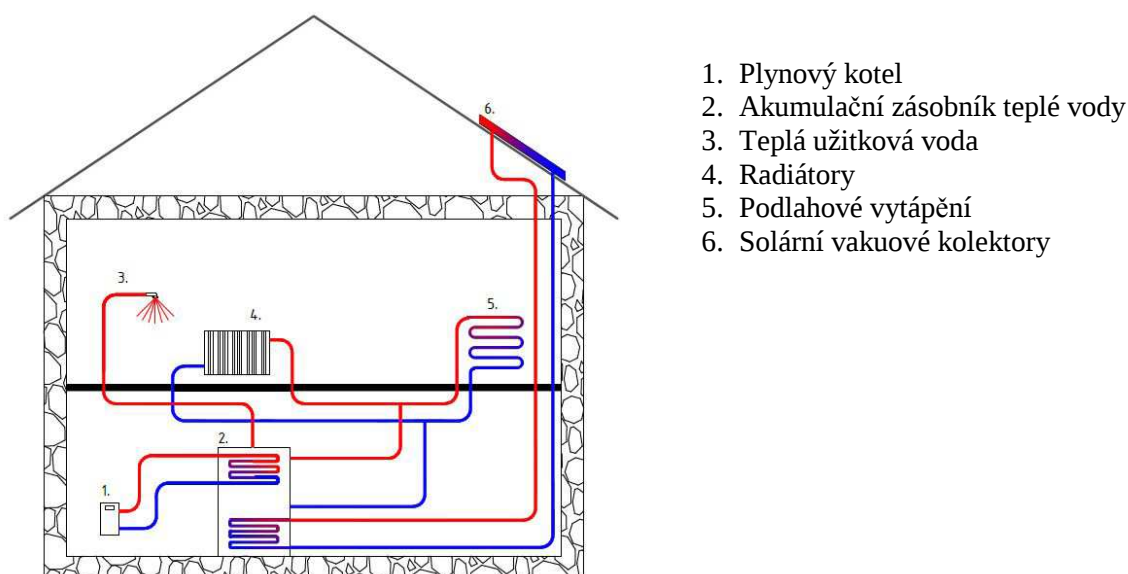
První nadzemní podlaží tvoří společenské jádro domu. Je zde umístěna kuchyně propojená s obývacím pokojem, pracovna, ložnice prarodičů, oddělená koupelna, WC a předsíň. Z obývacího pokoje i z ložnice je přístup na zahradu balkonovými dveřmi. V celém podlaží je podlahové topení, každá místnost je řízena vlastním termostatem. V koupelně je doplňkový elektrický „žebřík“ na ručníky.

Ve druhém nadzemním podlaží se nachází čtyři ložnice, šatna, koupelna a WC. Rovněž v tomto podlaží je podlahové topení v každé místnosti ovládané vlastním termostatem. V koupelně je doplňkový elektrický „žebřík“ na ručníky.

Podkroví je momentálně nevyužito, je koncipováno jako otevřený prostor.

7.4. Vytápění a příprava TUV

Vytápění domu je ústřední s otopnými tělesy v kombinaci s podlahovým vytápěním. V obývacím pokoji je krb s vložkou a horkovzdušným rozvodem.



Obr. 11 Schéma systému přípravy teplé vody

7.4.1. Kotel Vaillant VU196/2 ecoTEC+

Hlavním zdrojem tepla v domě je závěsný kondenzační plynový kotel Vaillant o celkovém výkonu 20 kW (v kondenzačním provozu).



Obr. 12 Kotel Vaillant VU196/2 [18]

7.4.2. Kolektory Vaillant auroTHERM exclusiv VTK550

Přídavným zdrojem tepla je kolektorové pole složené z devíti vakuových trubkových kolektorových panelů. Panel se skládá z 16 kolektorových trubek ICR v hliníkovém plášti. V kolektorech je podtlak 1,09 baru.



Obr. 13 Kolektor Vaillant VTK550 [19]

7.4.3. Akumulační zásobník Vaillant auroSTOR VPS SC 700

Teplá voda je připravována v solárním zásobníkovém akumulčním ohřivači o objemu 670 l s plovoucím zásobníkem o objemu 180l. V období nedostatečných solárních zisků slouží k dohřevu teplé vody topná voda ohřívaná v plynovém kotli. Solární akumulční zásobník je napojen na otopnou soustavu a část tepla ze solárního systému je tak užívána k vytápění objektu.



Obr. 14 Akumulační zásobník Vaillant VPS SC 700 [20]

7.4.4. Krb na dřevo s krbovou vložkou Steko Mars 7.1

V obývacím pokoji je umístěn krb na dřevo. Vložka je opatřena kouřovou klapkou sloužící k regulaci odvodu spalin. Krb je napojený nerezovým kouřovodem na vícevrstvý komín Schiedel o vnitřním průměru 200 mm. Stavební výška komínu je 8 m, účinná 6,5 m.

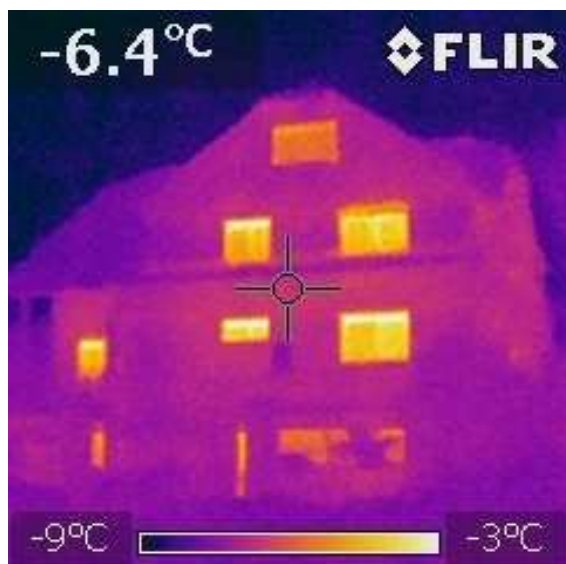
Krb je využíván pouze výjimečně ke zvýšení tepelného komfortu v místnosti, nikoli jako stálý zdroj vytápění.



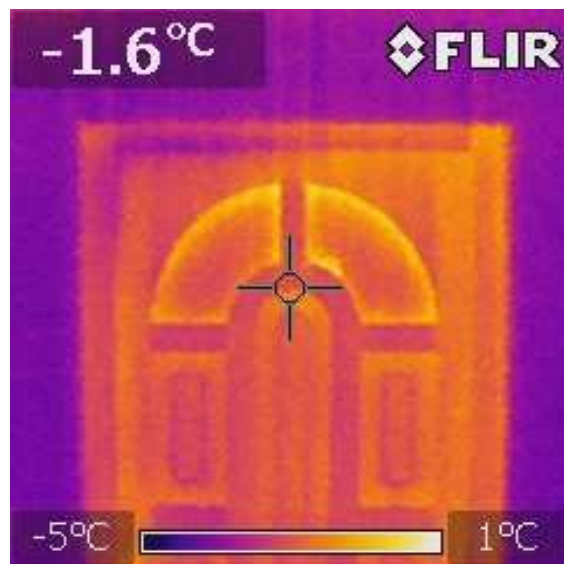
Obr. 15 Krbová vložka Steko Mars 7.1 [21]

7.5. Kontrola objektu termokamerou

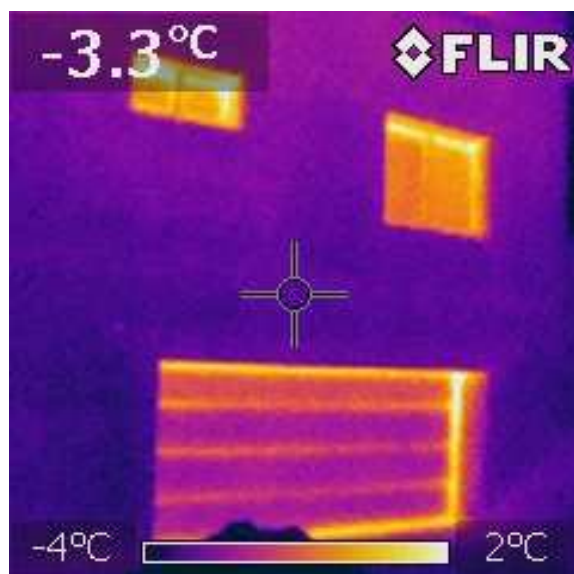
Objekt byl v lednu 2017 nasnímán termokamerou FLIR i7. Analýza snímků neukázala žádný zásadní problém. Únik tepla lze pozorovat zejména na místech, kde byla porušena vnější obálka budovy, například v místě, kde je nainstalována venkovní anténa televize. Zřetelný únik byl také viditelný u komínků ventilace z WC a u digestoře. Prostup tepla lze rovněž pozorovat garážovými vraty a vchodovými dveřmi.



Obr. 16 Pohled z ulice



Obr. 17 Detail vchodových dveří



Obr. 18 Detail garážových vrat

8. Zhodnocení energetické náročnosti budovy

8.1. Hodnocení energetické náročnosti dle vyhlášky 78/2013 Sb.

Tato vyhláška stanovuje:

- a) nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost pro nové budovy, větší změny dokončených budov, jiné než větší změny dokončených budov a pro budovy s téměř nulovou spotřebou energie,
- b) metodu výpočtu energetické náročnosti budovy,
- c) vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,
- d) vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,
- e) vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování a
- f) umístění průkazu v budově.

Dle § 4 vyhlášky jsou ukazatele energetické náročnosti budovy:

- a) celková primární energie za rok
- b) neobnovitelná primární energie za rok,
- c) celková dodaná energie za rok,
- d) dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,
- e) průměrný součinitel prostupu tepla,
- f) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- g) účinnost technických systémů.

Hodnocení energetické náročnosti provedeme porovnáním budovy skutečné (hodnocené) s budovou referenční.

Ta je definována dle bodu a) jako: výpočtově definovaná budova téhož druhu, stejného geometrického tvaru a velikosti včetně prosklených ploch a částí, stejné orientace ke světovým stranám, stínění okolní zástavbou a přírodními překážkami, stejného vnitřního uspořádání a se stejným typickým užíváním a stejnými uvažovanými klimatickými údaji jako hodnocená budova, avšak s referenčními hodnotami vlastností budovy, jejích konstrukcí a technických systémů budovy.

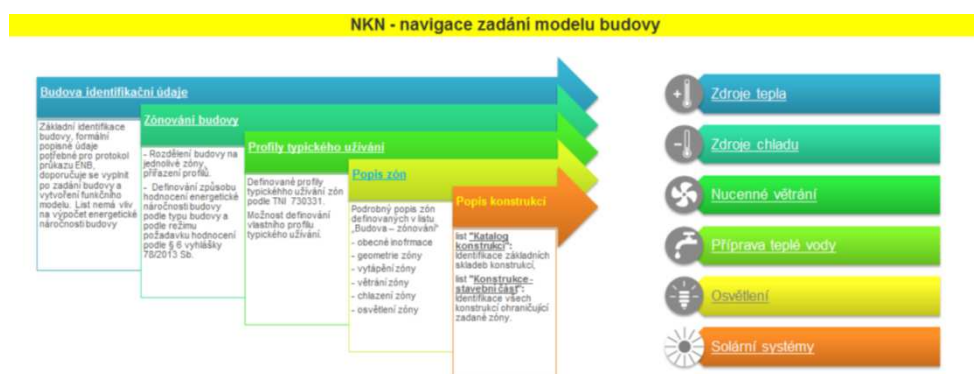
Ve skutečnosti jsou tedy prováděna řešení dvě.

8.2. Národní kalkulační nástroj II

Software NKN II je volně šiřitelný výpočetní nástroj určený ke zpracování bilance budov a stanovení dílčích dodaných energií na vytápění, chlazení, nucené větrání, přípravu teplé vody a osvětlení, který využívá okrajové podmínky výpočtu definované v TNI 730331 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet. [22]

Národní kalkulační nástroj II (dále jen NKN) vznikl v roce 2014 na katedře technických zařízení budov fakulty stavební na ČVUT v Praze. Projekt byl podporován Evropskou unií: Projekt OP VaVpI č. CZ.1.05/2.1.00/03.0091 – Univerzitní centrum energeticky efektivních budov. [11]

NKN II je určený pro zpracování průkazu energetické náročnosti budov dle požadavků zákona 406/2000 Sb., ve znění pozdějších předpisů a vyhlášky 78/2013 Sb. Současně lze výpočetní nástroj využít pro analýzu energetických potřeb budovy bez ohledu na princip hodnocení energetické náročnosti budov. [11]



Obr. 19 Algoritmus tvorby PENB pomocí NKN [22]

8.3. Analýza faktur

Přibližnou hodnotu tepelných ztrát lze určit i pomocí faktur za energie do objektu dodané. Na fakturách lze nalézt množství spotřebovaného plynu v m³ i ekvivalent v MWh. Tato hodnota je určena vynásobením objemu plynu odečteného z plynoměru příslušným koeficientem stanoveným dodavatelem plynu. Koeficient reflektuje polohu plynoměru, nadmořskou výšku plynoměru a vnější tlak. Výsledný součin je dále vynásoben spalným teplem zemního plynu H_s. Hodnotu H_s stanovuje dodavatel plynu společnost RWE jako 10,55 kWh/m³. Vzhledem k informativnímu charakteru tohoto výpočtu vycházím z hodnot v MWh. Plyn se v domě používá kromě vytápění a přípravě TUV i k vaření.

PENB hodnotí náročnost budovy na vytápění dle kWh/m² podlahové plochy, proto:

$$\text{náročnost} = \frac{\text{spotřeba energie}}{\text{celková podlahová plocha}}$$

Celková podlahová plocha objektu činí 611,5m².

Sezóna	Množství plynu [MWh]	Spotřeba tepla na metr čtvereční [kWh/m ²]
2011-2012	25,689	42,01
2012-2013	26,109	42,697
2013-2014	22,198	36,301
2014-2015	23,666	38,702
2015-2016	23,39	38,25

Tab. 13 Spotřeba plynu v období 2011-2016

Podle hodnot spotřeby tepla na jednotku plochy v tabulce 11 lze objekt označit za budovu nízkoenergetickou. V tabulce nejsou uvedeny hodnoty plynu spotřebovaného pouze k vytápění ale i k přípravě teplé užitkové vody. K hodnocení budovy se dle [1] využívá pouze spotřeba tepla k vytápění, vztažená na jednotku plochy (m²). Tento způsob výpočtu zdaleka není přesný. Slouží zejména pro porovnání s finálním výpočtem provedeným nástrojem NKN. Pro přesné hodnoty by bylo potřeba do spotřeby energie započítat i spotřebu elektřiny na osvětlení. Spotřebu elektřiny ve stejných obdobích, ve kterých je zaznamenána spotřeba plynu, se ovšem nepodařilo dohledat.

8.4. Vstupy do výpočtu NKN

8.4.1. Stanovení prostupu stěnou

Potřebné hodnoty součinitelů prostupu tepla U_K byly stanoveny v kapitole 7.2.

Konstrukce	Součinitel U_K W/m ² ·K
Vnější stěna	0,122
Střecha	0,123
Strop	0,459
Podlaha	0,85

Tab. 14 Součinitelé U_K složek obálky budovy

8.4.2. Rozdělení objektu do zón

Budova byla rozdělena do dvou zón. První zóna je běžně obývaná, druhá zóna je tvořena temperovaným technickým podlažím.

Zóna	Popis	Plocha [m ²]	Objem [m ³]
Zóna 1	Obytné prostory	453,4	1121,7
Zóna 2	Technické zázemí	158,1	458,5
Celkem		611,5	1580,2

Tab. 15 Parametry zón NKN

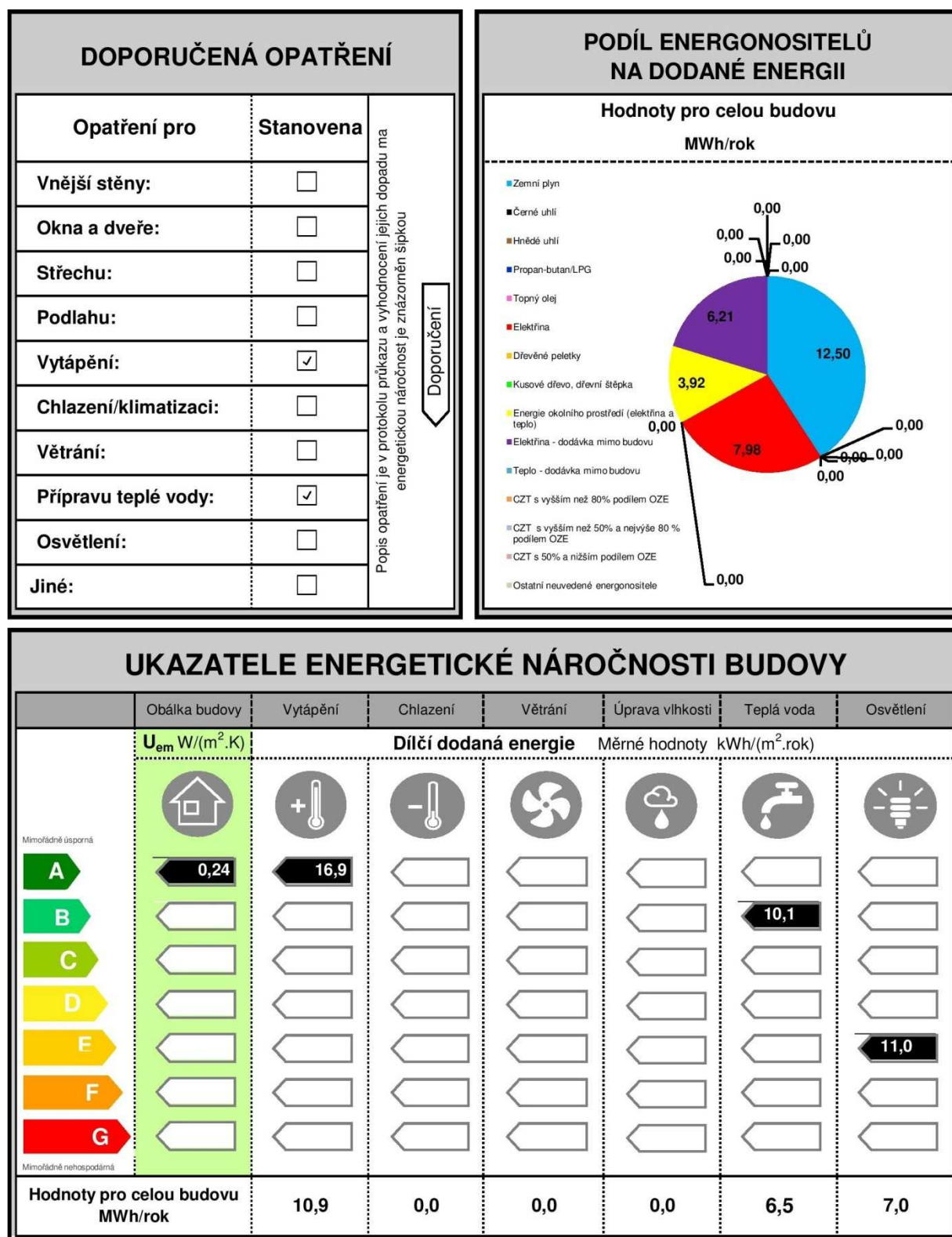


Obr. 20 Výpočtové zóny objektu

9. Průkaz energetické náročnosti budovy

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY		
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov		
Ulice, číslo: U Hájičku 679, Blučina, 664 56 PSČ, místo: Typ budovy: Rodinný dům Plocha obálky budovy: 1038 m ² Objemový faktor tvaru A/V: 0,66 m ² /m ³ Celková energeticky vztažná plocha: 642 m ²		
ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY		
Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)	
Měrné hodnoty kWh/(m ² .rok)		
Mimořádně úsporná A 40,7 Velmi úsporná B 61,0 Úsporná C 81,4 Méně úsporná D 122,1 Nehospodárná E 162,8 Velmi nehospodárná F 203,5 Mimořádně nehospodárná G	38,0 A B C D E F G	29,7 52,4 78,6 104,8 157,1 209,5 261,9
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	24,41	19,07

Obr. 21 PENB 1/2



Obr. 22 PENB 2/2

10. Posouzení stavby

Dle softwaru NKN se skutečně jedná o budovu nízkoenergetickou. Vnější obálka budovy dosahuje již nyní výborného tepelného odporu. Jedinou výjimku tvoří garážová vrata. Vrata použitá v domě mají dle výrobce součinitel prostupu tepla $1,26 \text{ W/m}^2\text{K}$. Současná sekční vrata dosahují hodnot přibližně $0,92 \text{ W/m}^2\text{K}$ [23]. Samotná přítomnost garáže uvnitř objektu není z hlediska úspornosti ideální. Garáž je otevíraná běžně i šestkrát denně, vždy na dobu několika minut. Při tomto otevření dojde k prudkému poklesu teploty v místnosti.

Dalším konstrukčním nedostatkem je podlaha v suterénu. Podlaha těsně splňuje minimální požadavek normy na součinitel prostupu tepla. Jelikož je na podlaze položena dlažba, investice do dodatečného zateplení podlahy se nevyplatí. Za předpokladu, že by při stavění domu bylo položeno 100 mm izolace místo stávajících 30 mm, klesl by součinitel prostupu tepla z hodnoty $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ na hodnotu $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$. Tím by byla s přehledem splněna i hodnota normou doporučená. Toto opatření by ve výsledku snížilo celkový součinitel prostupu tepla obálkou budovy U_{em} z hodnoty $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ na hodnotu $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$. Klasifikace budovy ani měrná hodnota energie by se však nezměnila. Přidanou hodnotou by patrně byla pocitově teplejší podlaha.

Zjištěné nedostatky jsou spíše drobnosti. Prostup tepla garáží je navíc z dnešního pohledu relativní. V roce 2006 dosahovala použitá garážová vrata velmi dobrého tepelného odporu. Vývoj od té doby ovšem značně pokročil.

Ani bezmála 10 let provozu budovy se na jejích vlastnostech nijak negativně neprojevovalo. Použitý systém vytápění a přípravy teplé vody neměl žádnou zásadnější poruchu, bylo nutné vyměnit oběhové čerpadlo a expanzní nádobu kotle. Velice se osvědčil ohřev vody pomocí solárních kolektorů, v létě se kotel prakticky nespíná. Obecně tedy můžeme konstatovat, že dům plní požadavky, které na něj byly od začátku kladeny.

11. Další možnosti snížení energetické náročnosti

Co se týče osvětlení, mnoho prostoru pro snížení spotřeby elektrické energie zde není. Vysoká hodnota energie spotřebované na osvětlení je dána zejména množstvím světel v domě (instalovaným příkonem). Málokdy jsou ovšem všechna tato světla zapnutá současně. V objektu se prakticky nevyskytují běžné žárovky, ve všech světlech jsou použity úsporné zářivky. Na půdě a v suterénu jsou použity zářivky. Současným trendem je aplikace LED žárovek. Zároveň se ovšem spekuluje o případném negativním vlivu těchto žárovek na zdraví obyvatel domu. Vlastnosti žárovek a náklady na jejich provoz a pořízení jsou shrnuty v tabulce 23.

Zdroj světla	Úsporná žárovka Philips E27/8 W/230 V	LED žárovka Philips E27/6 W/230 V
Deklarovaná svítivost	2 roky	25 let
Cena	60 Kč	100 Kč
Příkon	8 W	6 W

Tab. 16 Srovnání zdrojů světla odpovídajících běžné 40W žárovce [24]

Z tabulky 16 vyplývá, že úsporné žárovky mají oproti LED žárovkám o stejné svítivosti přibližně o 25 % vyšší příkon. Zároveň mají i znatelně kratší dobu, po kterou mají deklarovanou svítivost. Jejich cena je přibližně o 40 % nižší. V současnosti se o změně zdroje světla neuvažuje.

Největší prostor pro investice vidím v systému vytápění a ve způsobu přípravy teplé užitkové vody. Dům využívá solární energie k vytápění, přípravě teplé vody i k výrobě elektrické energie. Nevýhodou tohoto systému je jeho omezená použitelnost související s potřebou slunečního záření. Dalším problémem, se kterým se setkáváme, jsou hlodavci, kteří pravidelně ničí kabeláž senzorů vedoucí ke kolektorům z řídicí jednotky.

Jako potenciálně nejzajímavější řešení se jeví pořízení tepelného čerpadla (dále jen TČ). Vzhledem k možnostem pozemku a domu budeme uvažovat čerpadlo vzduch - voda. Toto čerpadlo by bylo použito k vytápění objektu i pro přípravu TUV. Jeli-kož ovšem účinnost TČ klesá s klesající vnější teplotou, bylo by vhodné v objektu zachovat i stávající kondenzační kotel. Ideální sladění obou zdrojů tepla by řídila přesně nastavená řídicí jednotka.

Často diskutovanou otázkou u tepelných čerpadel je, zda je výhodnější kaskádové zapojení více malých tepelných čerpadel nebo využít jedno velké čerpadlo. Při konzultaci s projektantem působícím ve společnosti NIBE mi bylo řečeno, že u běžného objektu se kaskádové zapojení TČ vů-

bec nevyplatí. Jako ideální řešení pro tuto aplikaci mi bylo doporučeno použít jednotku s proměnným výkonem.

Výhodou TČ je možnost použít je v létě i k chlazení, kdy je využito k cirkulaci chladné vody stávajícím okruhem vytápění. Tato aplikace však vyžaduje pečlivě nastavenou teplotu vody v potrubí. V podlaze by mohl vzniknout rosný bod, což s sebou nese řadu komplikací. Další komplikací je potřeba pro chlazení vyhradit vlastní akumulční zásobník (nemá smysl chladit TUV). Dalším záporem tohoto řešení je nepříjemný pocit chladné podlahy.

Dřívější výhodou tepelných čerpadel byl nárok majitelů na jiný elektrický tarif. Konkrétně se jednalo o nárok na dvoutarifovou sazbu D56d [25]. Od března 2016 však byl tento tarif nahrazen méně výhodným tarifem D57d (20 h nízké sazby oproti dřívějším 22 h). Stále je však snížena cena za 1 kWh elektrické energie. Například ČEZ účtuje za 1 kWh při NT 2,07 Kč a při VT 2,52 Kč. To je proti současné ceně přibližně 3,82 Kč za 1 kWh znatelné snížení nákladů. Výhodu TČ lze spatřit i v menší závislosti na zemním plynu, jelikož zemní plyn je komodita do České republiky dovážená.

Pro výpočet stavu s tepelným čerpadlem je uvažováno čerpadlo **NIBE F2300**

Výpočtová vnitřní teplota $t_H = 22^\circ\text{C}$

Výpočtová vnější teplota $t_C = -12^\circ\text{C}$

Cena TČ $C_{\check{c}} = 390\,000\text{ Kč}$ [26]

COP čerpadla (ε_t): 3,84 [26]

Cena za 1kWh elektřiny: 2,07 Kč (cena společnosti ČEZ v NT)

Cena za 1kWh plynu: 1,42 Kč (smlouva E-ON)

Uvažovaná tepelná ztráta $Q_H = 13\text{ kW}$ (hodnota z projektu domu)

Délka topné sezóny: 120 dní

Výpočet:

Výkon kompresoru (uvažujeme Carnotův cyklus): $|A_0| = \frac{|Q_H|}{\varepsilon_t} = \mathbf{3385,42\text{ W}}$

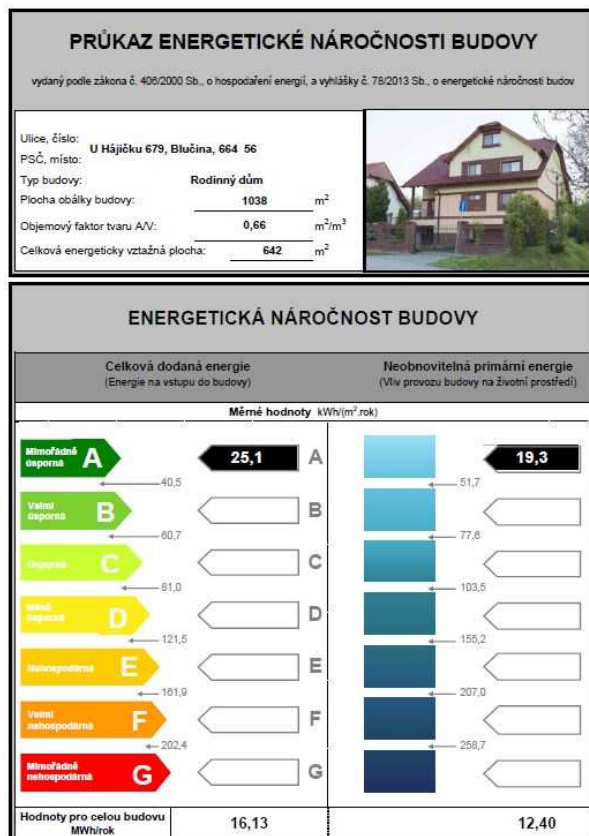
Roční náklady TČ: $RN_{\check{c}} = 120 \cdot 24 \cdot |A_0| \cdot 2,07 = \mathbf{20\,182,52\text{ Kč}}$

Roční náklady kondenzační kotel: $RN_K = 120 \cdot 24 \cdot |Q_H| \cdot 1,42 = \mathbf{53\,164,8\text{ Kč}}$

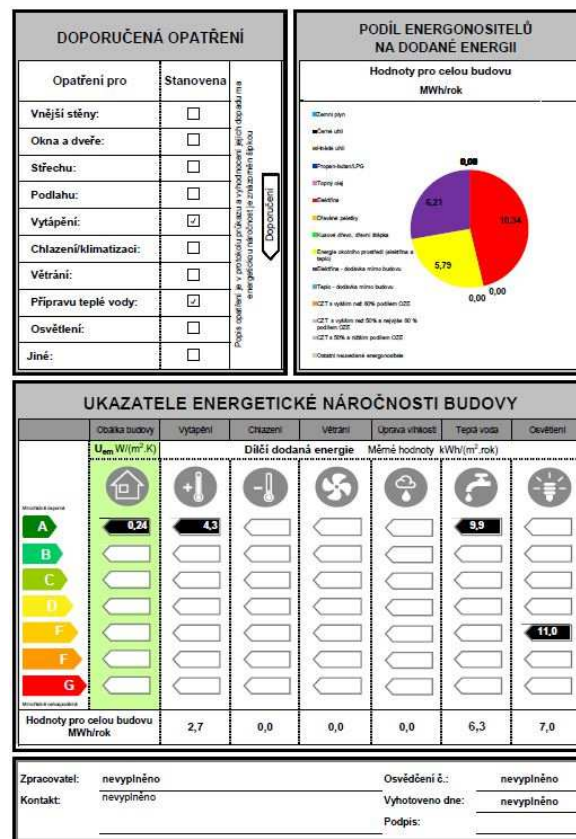
Přibližná návratnost investice do tepelného čerpadla:

$$N = \frac{C_{\check{c}}}{RN_K - RN_{\check{c}}} = \mathbf{11,82\text{ let}}$$

Byl proveden druhý výpočet v NKN, v němž byl plynový kondenzační kotel nahrazen TČ NIBE F2300. Čerpadlo by fungovalo jako zdroj tepla i TUV. Stávající systémy ohřevu vody pomocí solárních kolektorů i fotovoltaické články by zůstaly zachovány. Z výpočtu vyplývá, že změnou zdroje tepla by byla měrná hodnota celkové dodané energie snížena z 38 kWh/m².rok na 25,1 kWh/m².rok, tedy přibližně o třetinu. Dále došlo k znatelnému snížení neobnovitelné primární energie z hodnoty 29,7 kWh/m².rok na hodnotu 19,3 kWh/m².rok (pokles o 35 %). Průkaz PENB je uveden níže.



Obr. 23 výstup z NKN za předpokladu nahrazení kotle TČ 1/2



Obr. 24 výstup z NKN za předpokladu nahrazení kotle TČ 2/2

12. Závěr

Cílem práce bylo posoudit, zda dům zkolaudovaný v r. 2007 skutečně plní požadavky kladené na nízkoenergetické budovy. U budovy byly určeny součinitele prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi, a následně byly spočtené hodnoty porovnány s hodnotami normovanými. Tímto byl odhalen jediný větší nedostatek konstrukce, a sice podlaha ve sklepě. Po vypočtení hypotetického stavu s lépe izolovanou podlahou sklepa se však vypočtené měrné hodnoty celkové dodané energie prakticky nezměnily. Kompromisním prvkem domu je vestavěná garáž. Mezi defekty spíše drobné lze zařadit průduchy ventilace z koupelen, průduch pro digestoř a otvory ve fasádě pro průchod kabeláže satelitní techniky.

Objekt byl nasnímán termokamerou za účelem vyhodnocení vlivu tepelných mostů. Termokamerou je případně možné odhalit i jiné defekty. Termogramy neukázaly na žádné vady v konstrukci, kromě výše zmíněných drobností (průduchy, digestoř).

Největší prostor pro inovace je v možnostech nahrazení kondenzačního kotle tepelným čerpadlem. Z ekonomického hlediska se momentálně investice do tepelného čerpadla nevyplatí, vypočtená přibližná návratnost je téměř 12 let. Mnohem výhodnější by bylo osadit objekt tepelným čerpadlem už od začátku provozu. V době návrhu otopného systému ale nebyla tepelná čerpadla na našem území tak rozšířena. S tím souvisela i vysoká pořizovací cena a špatná dostupnost případného odborného servisu. V průběhu užívání domu byla doinstalována fotovoltaická elektrárna, která podstatně snížila spotřebu dodávané elektřiny.

Budova s přehledem splňuje podmínky pro zařazení mezi domy nízkoenergetické, měrná spotřeba tepla na vytápění je $16,9 \text{ kWh/m}^2\text{.rok}$ (viz příloha 3, oddíl B.1). Normou požadovaná hodnota pro nízkoenergetické budovy je max. $50 \text{ kWh/m}^2\text{.rok}$. [1] Celkově je budova dle PENB zařazena do kategorie A budova mimořádně úsporná.

Práce potvrdila plnění požadavků investora i po delší době provozu domu.

Seznam použitých zdrojů

- [1] ČSN 730540:2
- [2] Revize evropské směrnice 2002/91/ES o energetické náročnosti budov. TZB-Info [online]. 2010 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/6739-revize-evropske-smernice-2002-91-es-o-energeticke-narocnosti-budov>
- [3] Novela zákona o hospodaření energií mění kompetence Státní energetické inspekce. TZB-Info [online]. Praha 2, 2015 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/12929-novela-zakona-o-hospodareni-energie-meni-kompetence-statni-energeticke-inspekce>
- [4] TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy: principy a příklady. Praha: Grada, 2005. Stavitel. ISBN 80-247-1101-X.
- [5] Zateplovací systémy fasád. ZOFI Fasády [online]. Olomouc - Holice, ©2011 [cit. 2017-04-09]. Dostupné z: www.zatepleni-fasad.eu/zateplovaci-systemy-fasad
- [6] SMOLA, Josef. Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.
- [7] Heluz STI 44. Heluz [online]. Týn nad Vltavou, ©2016 [cit. 2017-03-19]. Dostupné z: <http://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-sti-44-1>
- [8] Isover TF. Isover [online]. Častolovice, ©2017 [cit. 2017-04-01]. Dostupné z: www.isover.cz/produkty/isover-tf
- [9] Jednovrstvá omítka strojní a ruční lehčená. Cemix [online]. Borovany, ©2015 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: http://www.cemix.cz/produkty/kategorie/vrchni-omitky_3/vrchni-omitky_2/083-jednovrstva-omitka-strojni-a-rucni-lehcena
- [10] Weber.pas silikon. Weber Saint-Gobain [online]. Praha 10 - Štěrboholy, ©2017 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <https://www.weber-terranova.cz/vnejsi-fasady-a-omitky/vyrobky/tenkovrstve-pastovite-omitky/weberpas-silikon.html>
- [11] Obecně. Národní kalkulační nástroj [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/legislativa/>
- [12] Heluz Family 50. Heluz [online]. Týn nad Vltavou, ©2016 [cit. 2017-03-02]. Dostupné z: <http://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-family-50-brouseni-1>
- [13] Heluz Family 50 2in1. Heluz [online]. Týn nad Vltavou, ©2016 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.heluz.cz/cs/vyrobek/heluz-family-50-2in1-brouseni-1>
- [14] SENDWIX 16DF-LD. Sendwix [online]. Bzenec-Přívoz, ©2013 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.sendwix.cz/sortiment/VPC/detail/1.7.html>

-
- [15] Tepelněizolační tvárnice Lambda YQ. Ytong [online]. Hrušovany u Brna [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.ytong.cz/tepelneizolacni-tvarnice-lambda-yq.php>
- [16] Isover ORSET. Isover [online]. Častolovice, ©2017 [cit. 2017-02-03]. Dostupné z: <http://www.isover.cz/produkty/isover-orset>
- [17] ČSN 13789
- [18] Kotel Vaillant VU196/2 ecoTEC+. Boiler-data.com [online]. ©2017 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: www.boiler-data.com
- [19] Vaillant auroTHERM exclusiv VTK550. Itest [online]. ©2009 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: http://www.itest.cz/old/solar/solar_set_2_01.jpg
- [20] Vaillant auroSTOR VPS SC 700. Instalacjezyrardow [online]. [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://instalacje-zyrardow.vaillant-partner.pl/produkt/podgrzewacze-zasobnikowe-wody/aurostor-vps-sc-700/>
- [21] Steko Mars 7.1. Perfekt krby [online]. ©2010 [cit. 2016-11-27]. Dostupné z: <http://www.perfekt-krby.cz/krbova-vlozka-steko-mars-7-1.html>
- [22] Úvod. Národní kalkulační nástroj [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-01-31]. Dostupné z: <http://nkn.fsv.cvut.cz/>
- [23] Sekční garážová vrata na míru. Stavebnictví 3000 [online]. ©2017 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/sekni-garazova-vrata-delta-na-miru/>
- [24] Žárovky, zářivky. Svět-svitidel [online]. ©2016 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <https://www.svet-svitidel.cz/svetelne-zdroje-zarovky-zarivky/>
- [25] D55d a D56d. Ceny energie [online]. ©2017 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/d55d-ad56d-sazba-pro-tepelne-cerpadlo/#/promo-ele>
- [26] TEPELNÉ ČERPADLO NIBE F2300. NIBE [online]. ©2017 [cit. 2017-04-29]. Dostupné z: <http://www.nibe.cz/cs/tepelna-cerpadla-vzduch-voda/novinka-tepelne-cerpadlo-nibe-f2300>

Seznam zkratk a symbolů

ZNAČKA	JEDNOTKA	NÁZEV
A_0	[W]	práce kompresoru
A_i	[m ²]	plocha prvku obvodového pláště
b	[-]	redukční součinitel, charakterizující odlišnost teploty nevytápěného prostoru od teploty vnějšího prostředí
$C_{\check{c}}$	[Kč]	cena tepelného čerpadla
COP	[-]	topný faktor tepelného čerpadla
H_{iu}	[W/K]	měrná tepelná ztráta z vytápěného prostoru do nevytápěného
H_T	[W/K]	měrná ztráta prostupem tepla
H_U	[W/K]	měrná ztráta prostupem tepla přes nevytápěné prostory
H_{ue}	[W/K]	měrná tepelná ztráta z nevytápěného prostoru do vnějšího prostředí
H_V	[W/K]	tepelná ztráta výměnou vzduchu
L_D	[W/K]	tepelná prostupnost obvodovým pláštěm mezi vytápěným prostorem a vnějším prostředím
L_{iu}	[W/K]	tepelná prostupnost mezi vytápěným a nevytápěným prostorem
l_k	[m]	délka lineárního tepelného mostu
L_S	[W/K]	ustálená tepelná prostupnost přes zeminu
N	[let]	přibližná návratnost investice
NKN	[-]	národní kalkulační nástroj
NT	[-]	nízký tarif
PENB	[-]	průkaz energetické náročnosti budovy
Q_H	[kW]	uvažovaná tepelná ztráta
R	[m ² ·K/W]	tepelný odpor
R_n	[m ² ·K/W]	tepelný odpor daného konstrukčního materiálu

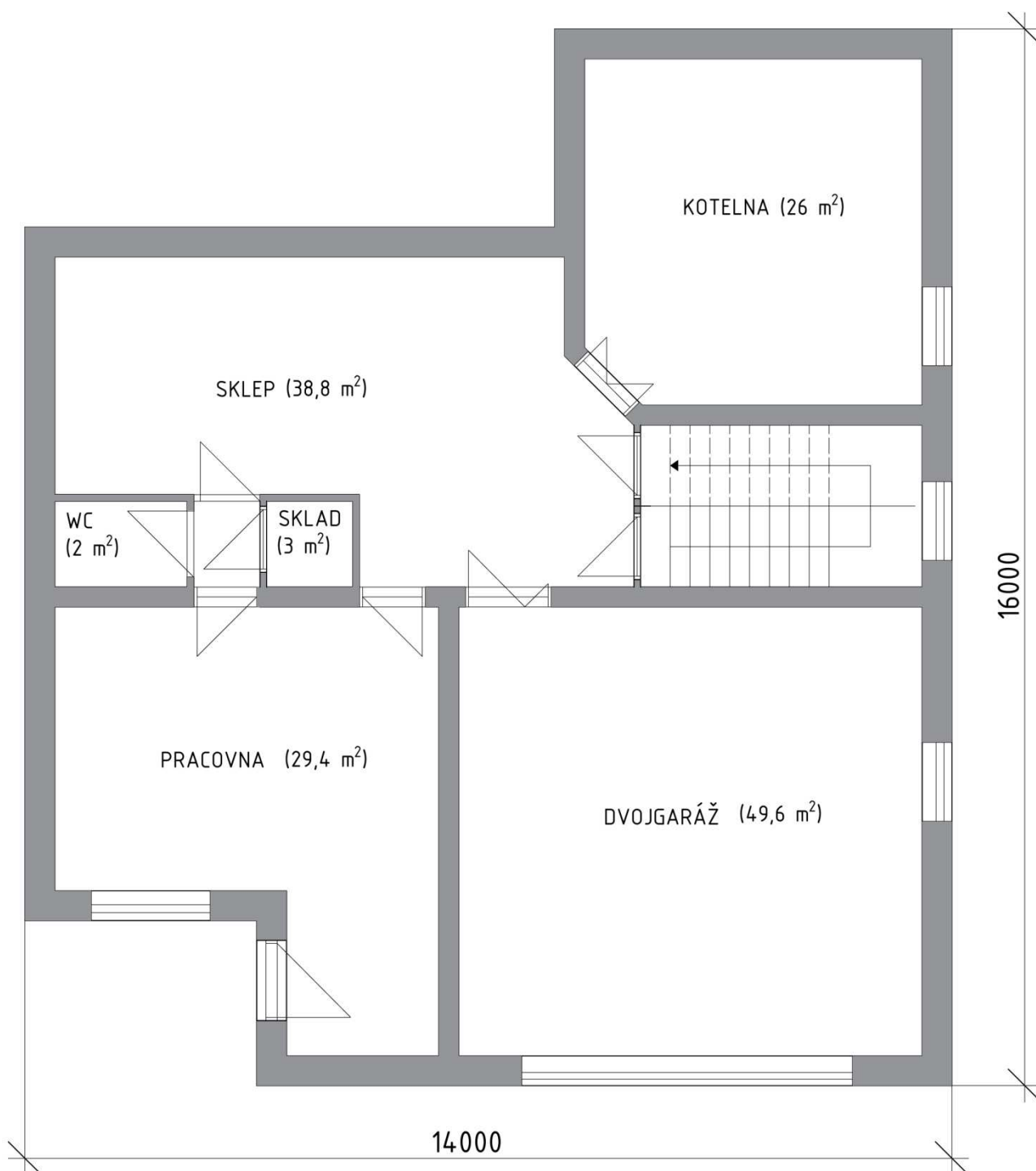
RNČ	[Kč]	roční náklady na provoz tepelného čerpadla
RNK	[Kč]	roční náklady na provoz kotle
R_{se}	$[m^2 \cdot K/W]$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce
R_{si}	$[m^2 \cdot K/W]$	tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce
t_C	$[^{\circ}C]$	výpočtová vnější teplota
t_H	$[^{\circ}C]$	výpočtová vnitřní teplota
TČ	[-]	tepelné čerpadlo
TUV	[-]	teplá užitková voda
U_i	$[W/m^2 \cdot K]$	součinitel prostupu tepla
U_K	$[W/m^2 \cdot K]$	součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí
VT	[-]	vysoký tarif
ε_t	[-]	topný faktor čerpadla
λ	$[W/m \cdot K]$	součinitel tepelné vodivosti
χ_j	$[W/K]$	bodový činitel prostupu tepla tepelného mostu
Ψ_k	$[W/m \cdot K]$	lineární součinitel prostupu tepla tepelného mostu

Seznam příloh

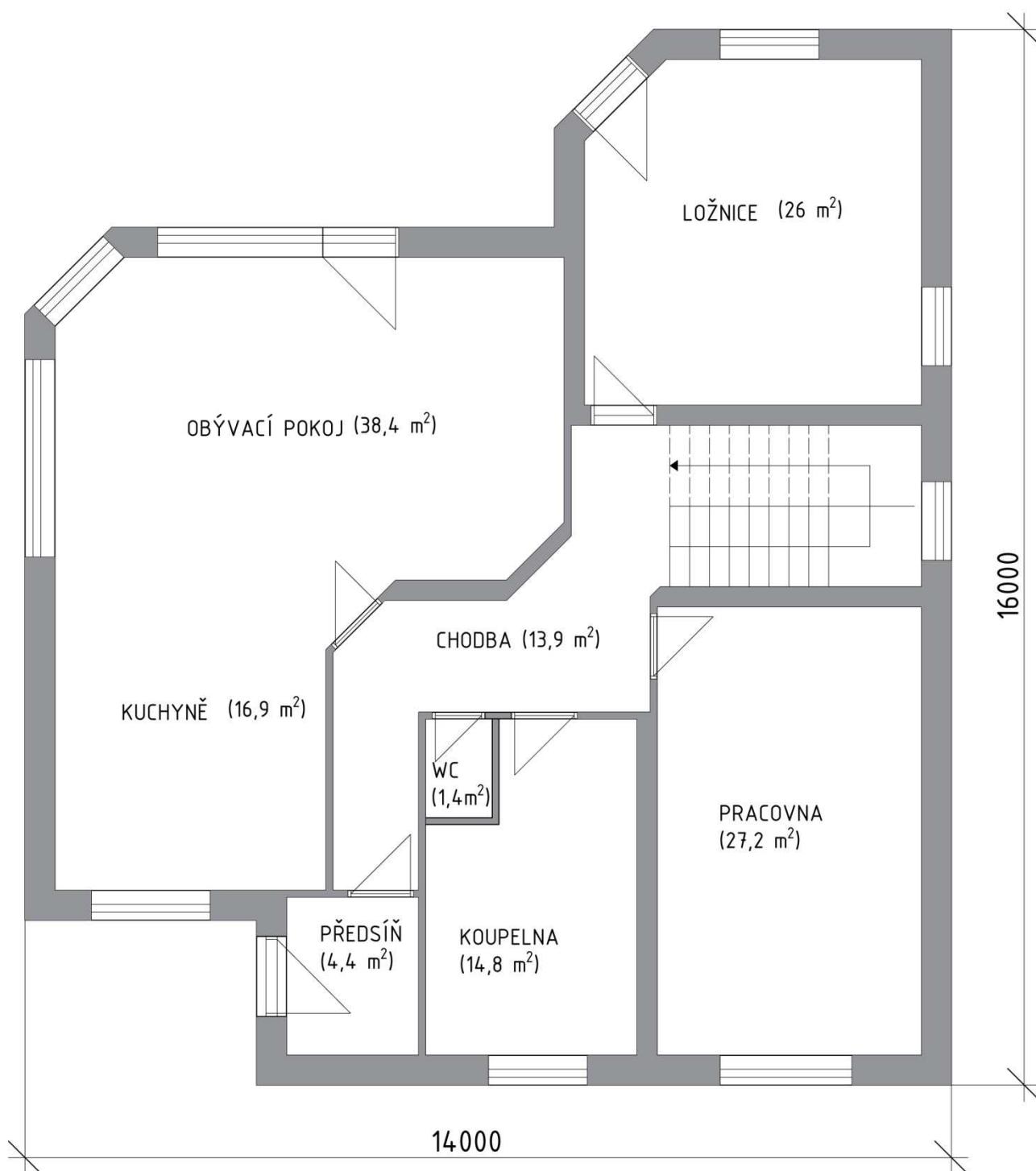
Příloha 1	Půdorysy podlaží (1. PP, 1. NP, 2. NP, podkroví)
Příloha 2	Fotografie objektu
Příloha 3	Grafický výstup z výpočetního nástroje NKN II verze 3.2

Příloha 1:

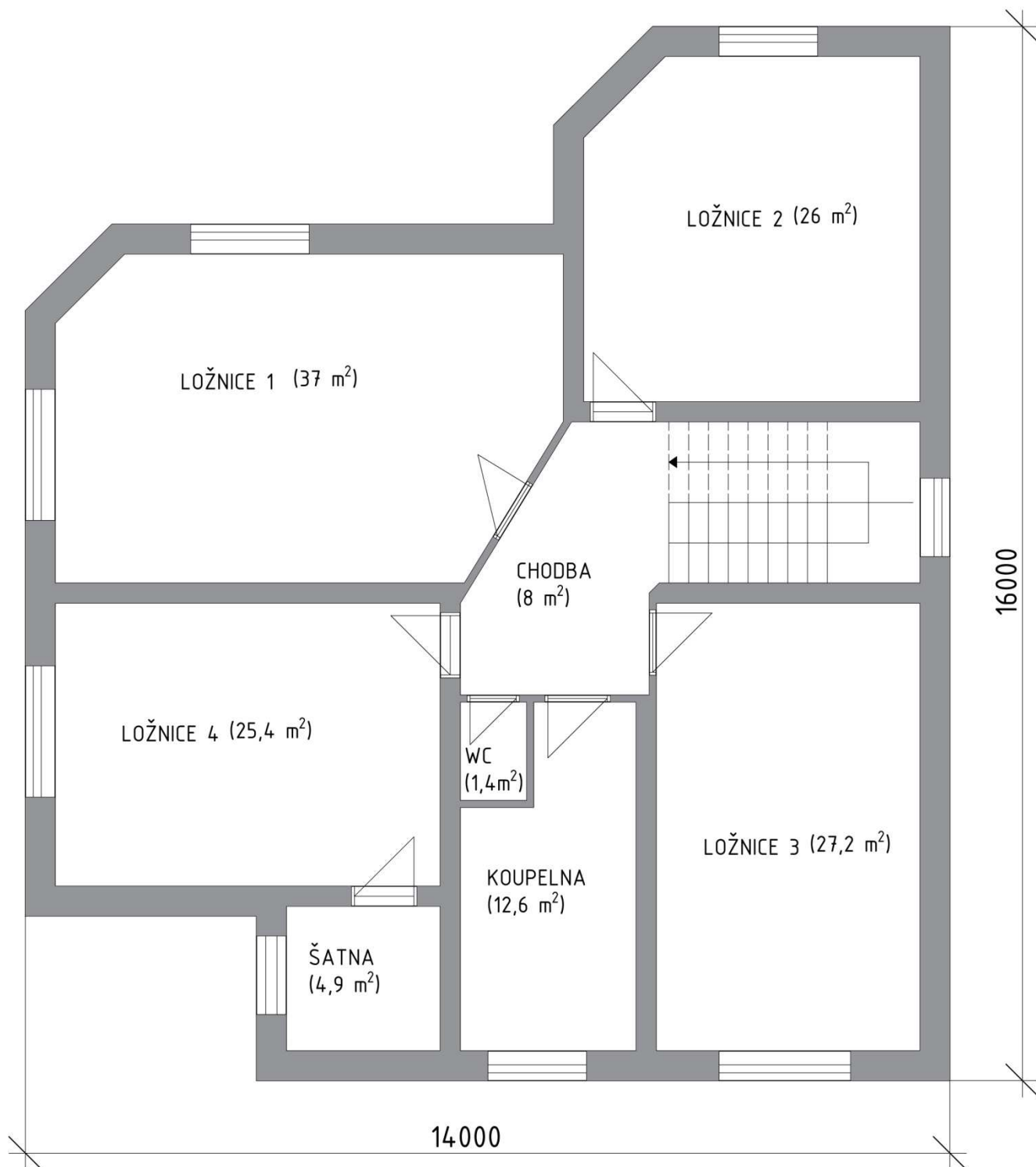
PŮDORYS 1.PP



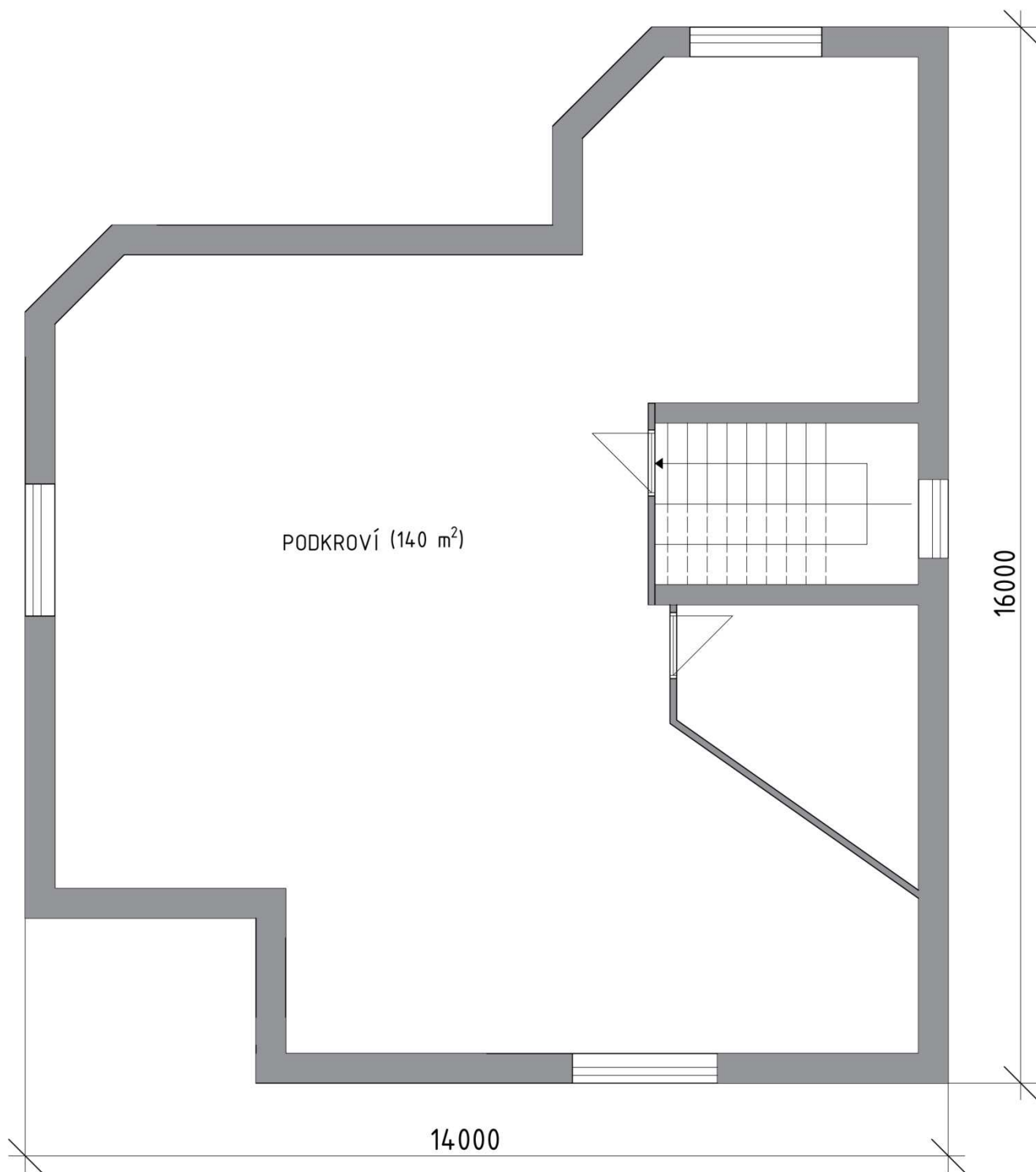
PŮDORYS 1.NP



PŮDORYS 2.NP



PŮDORYS PODKROVÍ



Příloha 2:





Příloha 3:

výpočetní nástroj NKN II verze 3.2(01/2016) (c)

grafický výstup z výpočetního nástroje NKN II

Příloha NKN - doplnění PENB													
Hodnocení energetické náročnosti budov - analýza energetických potřeb													
Budova: RODINNÝ DŮM 679													
Adresa: U Hájíčku 679, Blučina, 664 56													
Stavebník/Vlastník: Manželé Stravovi													
Základní geometrické údaje:													
Energeticky vztahná plocha											642,1	m ²	
Celkový vnější objem budovy											1 580,2	m ³	
Ochlazovaná plocha obálky budovy											1 206,4	m ²	
Objemový faktor tvaru budovy A/V											0,76	m ² /m ³	
A. Hodnocení ukazatelů energetické náročnosti podle vyhlášky 78/2013 Sb.													
Budova je hodnocena jako: Nová budova													
Typ budovy: Rodinný dům													
A.1. Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy													
	Zóna		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	Budova
Hodnocená budova	U _{em}	(W/m ² .K)	0,26	0,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,24
Referenční budova	U _{em,R}	(W/m ² .K)	0,50	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,38
Ref budova- klasifikace	U _{em,R,klas}	(W/m ² .K)	0,38	U _{em} porovnání:									
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : 0,64													
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: A - Mimořádně úsporná													
pozn. požadavek pro hranice tříd EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.													
A.2. Celková dodaná energie do budovy													
			kWh/rok	kWh/m ² .rok	Dílič dodaná energie - porovnání:								
Hodnocená budova	Q _{fuel}		24405,3	38,0	Dílič dodaná energie - porovnání:								
Referenční budova	Q _{fuel,R}		51966,7	80,9	Dílič dodaná energie - porovnání:								
Ref budova- klasifikace	Q _{fuel,R,klas}		52257,2		Dílič dodaná energie - porovnání:								
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : 0,47													
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: A - Mimořádně úsporná													
pozn. požadavek pro hranice tříd EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.													
A.3. Neobnovitelná primární energie													
			kWh/rok	kWh/m ² .rok	Neobnovitelná primární energie - porovnání:								
Hodnocená budova	EnP		19074,8	29,7	Neobnovitelná primární energie - porovnání:								
Referenční budova	EnP _R		69685,4	108,5	Neobnovitelná primární energie - porovnání:								
Ref budova- klasifikace	EnP _{R,klas}		67260,8		Neobnovitelná primární energie - porovnání:								
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : 0,27													
Splnění požadavku ukazatele EN: Ano, požadavek splněn													
Třída energetické náročnosti ukazatele EN: A - Mimořádně úsporná													
pozn. požadavek pro hranice tříd EN se stanovují v souladu s §9 vyhlášky 78/2013 Sb.													
B. Hodnocení doplňujících ukazatelů													
B.1. Dílič dodaná energie na vytápění													
			kWh/rok	kWh/m ² .rok	Hodnocená budova								
Hodnocená budova	E _H		10873,0	16,9	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E _{H,R}		33276,1	51,8	Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace	E _{H,R,klas}		35010,9		Rozdělení celkové dodané energie:								
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : 0,31													
Třída energetické náročnosti: A - Mimořádně úsporná													
B.2. Dílič dodaná energie na chlazení													
			kWh/rok	kWh/m ² .rok	Hodnocená budova								
Hodnocená budova	E _C		0,0	0,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E _{C,R}		0,0	0,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace	E _{C,R,klas}		0,0		Rozdělení celkové dodané energie:								
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : -													
Třída energetické náročnosti: Nehodnoceno													
B.3. Dílič dodaná energie na větrání													
			kWh/rok	kWh/m ² .rok	Hodnocená budova								
Hodnocená budova	E _V		0,0	0,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E _{V,R}		0,0	0,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace	E _{V,R,klas}		0,0		Rozdělení celkové dodané energie:								
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : -													
Třída energetické náročnosti: Nehodnoceno													
B.4. Dílič dodaná energie na přípravu teplé vody													
			kWh/rok	kWh/m ² .rok	Hodnocená budova								
Hodnocená budova	E _W		6492,4	10,1	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E _{W,R}		12771,2	0,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace	E _{W,R,klas}		12771,2		Rozdělení celkové dodané energie:								
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : 0,51													
Třída energetické náročnosti: B - Velmi úsporná													
B.5. Dílič dodaná energie na osvětlení													
			kWh/rok	kWh/m ² .rok	Hodnocená budova								
Hodnocená budova	E _L		7039,9	11,0	Rozdělení celkové dodané energie:								
Referenční budova	E _{L,R}		5919,4	9,2	Rozdělení celkové dodané energie:								
Ref budova- klasifikace	E _{L,R,klas}		4475,1		Rozdělení celkové dodané energie:								
Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} : 1,57													
Třída energetické náročnosti: E - Nehospodárná													

C. Přehled potřeby energie a dodané energie do budovy**C.1. Energetická bilance na úrovni budovy podle ČSN EN 13790**

	Parametr	jednotky	Hodnocená budova	Referenční budova
režim vytápění				
potřeba energie na vytápění	$Q_{H,nd}$	kWh/rok	13 152	31 023
solární tepelné zisky	$Q_{H,gn,sol}$	kWh/rok	24 001	13 334
vnitřní tepelné zisky	$Q_{gn,int}$	kWh/rok	10 790	5 322
celkové tepelné zisky	$Q_{H,gn}$	kWh/rok	34 791	18 656
celkové množství přeneseného tepla větráním	$Q_{H,v}$	kWh/rok	10 407	10 407
celkové množství přeneseného tepla prostupem	$Q_{H,tr}$	kWh/rok	22 166	34 932
režim chlazení				
potřeba energie na chlazení	$Q_{C,nd}$	kWh/rok	0	0
solární tepelné zisky	$Q_{C,gn,sol}$	kWh/rok	24 001	2 667
vnitřní tepelné zisky	$Q_{gn,int}$	kWh/rok	10 790	5 322
celkové tepelné zisky	$Q_{C,gn}$	kWh/rok	34 791	7 989
celkové množství přeneseného tepla větráním	$Q_{C,v}$	kWh/rok	13 600	13 600
celkové množství přeneseného tepla prostupem	$Q_{C,tr}$	kWh/rok	36 278	60 820
díličí parametry				
průměrný součinitel prostupu tepla	U_{sm}	W/m ² .K	0,24	0,38
Tepelná ztráta budovy				
	Q_G	kW	12,1	

Graf: Potřeba energie na vytápění a chlazení podle ČSN EN ISO 13790

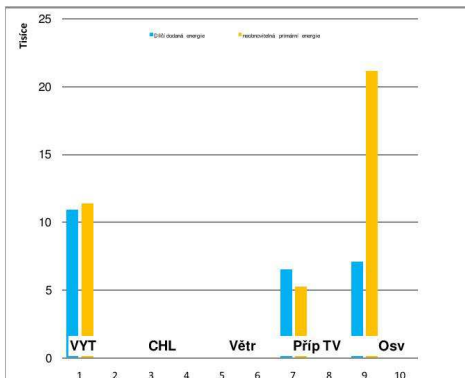
		leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	CELKEM
Vytápění	kWh	3 365	2 325	1 321	444	44	0	0	0	64	611	1 956	3 023	13 152
Chlazení	kWh	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Poznámka:

Roční potřeba tepla na vytápění zahrnuje potřebu energie na vytápění bez vlivu energetických systémů budovy (např. systémů vytápění, apod.), v případě nuceného větrání je uvažován pouze systém mechanického větrání. Vliv ostatních energetických systémů není v hodnotě výsledku potřeby tepla na vytápění zohledněn - jako je tomu u hodnocení energetické náročnosti budov podle vyhlášky MPO č. 78/2013 Sb. Výpočet probíhá na základě okrajových podmínek daných zvolenou klimatickou oblastí a okrajových podmínek uvedených v profilu standardizovaného užívání pro danou zónu. Výpočet nelze považovat ve shodě s okrajovými podmínkami uvedenými v TNI 73 0329 a TNI 73 0330. Výpočet je založen na okrajových podmínkách TNI 730331.

C.2. Energetická bilance na úrovni systémů podle požadavků vyhlášky 78/2013 Sb.

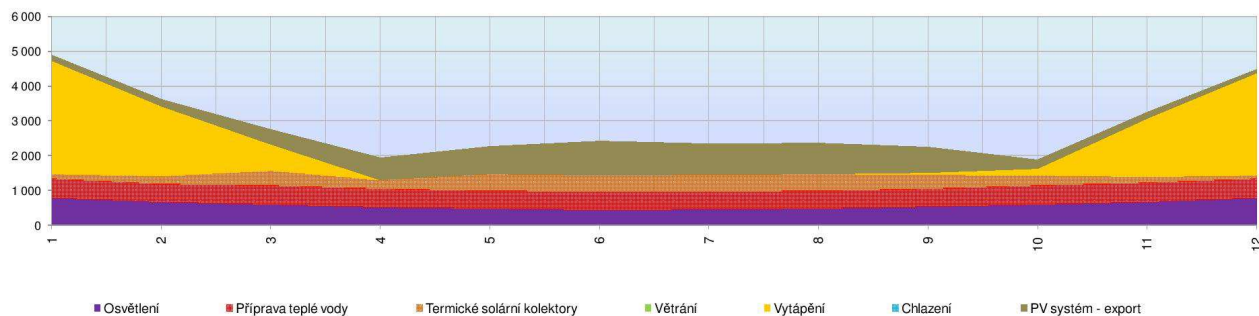
	Parametr	jednotky	Hodnocená budova	Referenční budova
Obecné - ukazatele energetické náročnosti				
Celková dodaná energie	Q_{del}	kWh/rok	24 405	51 967
Neobnovitelná primární energie	EnP	kWh/rok	19 075	69 685
Celková primární energie	EP	kWh/rok	23 184	-
Díličí dodaná energie, neobnovitelná primární energie				
Díličí dodaná energie na vytápění	E_H	kWh/rok	10 873	33 276
Neobnovitelná primární energie na vytápění	EnP_H	kWh/rok	11 363	37 115
Díličí dodaná energie na chlazení	E_C	kWh/rok	0	0
Neobnovitelná primární energie na chlazení	EnP_C	kWh/rok	0	0
Díličí dodaná energie na větrání	E_V	kWh/rok	0	0
Neobnovitelná primární energie na větrání	EnP_V	kWh/rok	0	0
Díličí dodaná energie na přípravu teplé vody	E_W	kWh/rok	6 492	12 771
Neobnovitelná primární energie na přípravu TV	EnP_W	kWh/rok	5 211	14 812
Díličí dodaná energie na osvětlení	E_L	kWh/rok	7 040	5 919
Neobnovitelná primární energie na osvětlení	EnP_L	kWh/rok	21 120	17 758
Produkce energie				
Produkce energie solárním systémem	E_{sol}	kWh/rok	3 922	0
Produkce energie PV systémem	E_{PV}	kWh/rok	6 207	0
Vypočtená spotřeba energie				
Vypočtená spotřeba energie na vytápění	Q_H	kWh/rok	10 550	33 007
Vypočtená spotřeba energie na chlazení	Q_C	kWh/rok	0	0
Vypočtená spotřeba energie na větrání	Q_V	kWh/rok	0	0
Vypočtená spotřeba energie na přípravu TV	Q_W	kWh/rok	5 874	12 369
Vypočtená spotřeba energie na osvětlení	E_L	kWh/rok	7 040	5 919
Pomocná energie				
Pomocná energie pro vytápění	$W_{H,aux}$	kWh/rok	323	269
Pomocná energie pro chlazení	$W_{C,aux}$	kWh/rok	0	0
Pomocná energie pro větrání	$W_{V,aux}$	kWh/rok	0	0
Pomocná energie pro přípravu TV	$W_{W,aux}$	kWh/rok	618	402

Graf: Díličí dodaná energie, neobnovitelná primární energie pro hodnocenou budovu

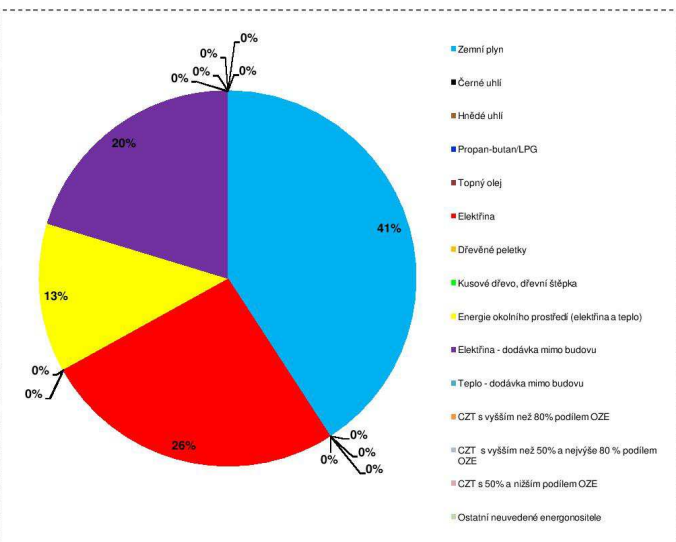
C.3 Hodnocená budova - Dílčí dodaná energie
Dílčí dodaná energie

	leden	únor	březen	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen	listopad	prosinec	Celkem
Vytápění	3 258	1 989	757	0	0	0	0	0	51	202	1 674	2 942	10 873
Chlazení	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Větrání	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Příprava teplé vody	558	532	554	537	533	525	533	533	528	552	549	558	6 492
Osvětlení	791	667	606	526	475	449	455	475	534	602	677	783	7 040
Celkem	4 607	3 188	1 918	1 063	1 008	974	988	1 008	1 113	1 356	2 899	4 283	24 405
Započítatelná produkce energie:													
PV systém - export	156	197	427	648	785	985	876	879	733	247	168	104	6 207
Termické solární kolektory	137	233	416	241	481	474	481	481	407	286	179	108	3 922

Graf: Dílčí dodané energie podle požadavků vyhlášky 78/2013 Sb.


Hodnocená budova - celková dodaná energie rozdělení po energonositelích

Energonositel	Dílčí dodaná energie
Zemní plyn	12 502 kWh/rok
Černé uhlí	0 kWh/rok
Hnědé uhlí	0 kWh/rok
Propan-butan/LPG	0 kWh/rok
Topný olej	0 kWh/rok
Elektrina	7 981 kWh/rok
Dřevěné peletky	0 kWh/rok
Kusové dřevo, dřevní štěpka	0 kWh/rok
Energie okolního prostředí (elektrina a teplo)	3 922 kWh/rok
Elektrina - dodávka mimo budovu	6 207 kWh/rok
Teplo - dodávka mimo budovu	0 kWh/rok
CZT s vyšším než 80% podílem OZE	0 kWh/rok
CZT s vyšším než 50% a nejvýše 80 % podílem OZE	0 kWh/rok
CZT s 50% a nižším podílem OZE	0 kWh/rok
Ostatní neuvedené energonositele	0 kWh/rok



D. Okrajové podmínky výpočtu

D.1. Okrajové podmínky zón

Parametry profilu standardizované užívání zóny pro výpočetní model		Rodinný dům – ostatní neobytvané	Rodinný dům – obytné prostory	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parametry zóny		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	
Vnější objem zóny	m³	458,5	1121,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Vnitřní objem zóny (vnější objem zóny - podíl vnitřních a obvodových konstrukcí)	m³	389,7	953,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Energeticky vztažná plocha (z vnějších rozměrů)	m²	166,0	476,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Užitná plocha zóny (plocha stanovená z vnitřních rozměrů)	m²	158,1	458,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
m² podlahové plochy na osobu	m²/os	0,00	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Počet osob v zóně	os	0,0	11,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Provoz zóny		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	
Začátek provozu zóny	hodina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Konec provozu zóny	hodina	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Provozní doba užívání zóny	h	24	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Počet provozních dní	d	365	365	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vytápění zóny		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	
Vnitřní teplota pro režim vytápění	°C	16	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vnitřní teplota pro režim vytápění mimo provoz	°C	16	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Účinnost sdílení tepla mezi vytápěnou zónou a systémem vytápění	%	85%	85%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Účinnost rozvodů tepla pro vytápění	%	80%	80%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Typ zdroje tepla	Účinnost zdroje tepla	COP tepelného čerpadla	Pokrytí potřeby energie									
			budova	Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9
1 - KOTEL	95%	není TČ	100%	0%	100%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 -	0%	není TČ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 -	0%	není TČ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 -	0%	není TČ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 -	0%	není TČ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 -	0%	není TČ	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Chlazení zóny			Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10
	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Vnitřní teplota pro režim chlazení	°C	30	22	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Vnitřní teplota pro režim chlazení mimo provoz	°C	30	26	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Účinnost sdílení tepla mezi chlazenou zónou a systémem chlazení	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Účinnost rozvodů tepla pro chlazení	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Typ zdroje chladu	Účinnost zdroje chladu	EER zdroje chladu	Pokrytí potřeby energie									
			budova	Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9
1 -	100%	0,00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
2 -	100%	0,00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
3 -	100%	0,00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
4 -	100%	0,00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
5 -	100%	0,00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
6 -	100%	0,00	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Nucené větrání zóny			Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10
	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne	ne
Minimální tok větracího vzduchu	m³/h/mj.	0	25	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Měrná jednotka - kritérium pro množství vzduchu	mj	0	osoby	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Přiváděné množství čerstvého větracího vzduchu Ve	m³/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Typ větracího systému	Účinnost ZZT	Cirkulace	SFP	Ve	Vp							
	%	%	W.s/m3	m3/h	m3/h							
1 -	0%	0%	0	0	0							
2 -	0%	0%	0	0	0							
3 -	0%	0%	0	0	0							
4 -	0%	0%	0	0	0							
5 -	0%	0%	0	0	0							
Přirozené větrání		ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano
Intenzita větrání	1/h	0,10	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Přiváděné množství čerstvého větracího vzduchu Ve	m³/h	39	286	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Intenzita výměny vzduchu při 50Pa	1/h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Součinitel zatížení větrem	-	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tepelné zisky		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	
Tepelné zisky z osob	W/m²	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Časový podíl přítomnosti osob	-	0	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tepelné zisky z vybavení	W/m²	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Časový podíl doby provozu vybavení	-	0,20	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Osvětlení		Zóna 1	Zóna 2	Zóna 3	Zóna 4	Zóna 5	Zóna 6	Zóna 7	Zóna 8	Zóna 9	Zóna 10	
Doba využití denního světla za rok	h	400	1600	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Doba využití bez denního světla za rok	h	500	1200	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Měrná roční spotřeba elektřiny na osvětlení	kWh/m²	0,3	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Průměrná osvětlenost zóny	lx	20	90	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rovnoměrnost osvětlení zóny	%	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Účinnost přeměny tepelných zisků z osvětlení	%	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9

