



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKY ÚSPORNÝ RODINNÝ DŮM VE ZBOROVICÍCH

ENERGY-SAVING FAMILY HOUSE IN ZBOROVICE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vilém Kovář

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav technických zařízení budov
Student: **Vilém Kovář**
Vedoucí práce: **Ing. Marcela Počinková, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: B0732A260003 Environmentálně vyspělé budovy

Děkan Fakulty 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:

Energeticky úsporný rodinný dům ve Zborovicích

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Zpracování určené části projektové dokumentace zadané energeticky pasivní budovy rodinného domu ve stupni pro vydání stavebního povolení. Bakalářská práce bude povinně obsahovat dvě části: část architektonicko-stavební řešení (podíl 50 %) a část technika prostředí staveb (podíl 50 %).

Cíle a výstupy bakalářské práce:

Návrh dispozičního řešení, vhodné konstrukční soustavy a nosného systému zadané budovy na základě zvolených materiálů a konstrukčních prvků a vyřešení osazení budovy do terénu a návaznosti na okolní zástavbu. Návrh koncepčního řešení technických systémů budovy a klasifikace její energetické náročnosti. Jednotlivé části práce budou obsahovat:

(I) Část architektonicko-stavební řešení (podíl 50 %): průvodní zpráva, souhrnná technická zpráva, koordinační situace (1:200), požárně bezpečnostní řešení stavby a výkresy (1:50) základů, půdorysů podlaží, konstrukce zastřešení, svislých řezů a technických pohledů, sestavy dílců, popř. výkres tvaru stropní konstrukce vybraného podlaží. Součástí této části práce bude dále stavebně fyzikální posouzení budovy i jednotlivých konstrukcí.

(II) Část technika prostředí staveb (podíl 50 %): koncepční studie relevantních systémů technického zařízení budovy s vazbou na výrobu a užití energie a hospodaření s vodou. Součástí této části práce bude průkaz energetické náročnosti budovy a prováděcí projekt vybraného systému technického zařízení budovy.

Seznam doporučené literatury a podklady:

(1) Platné právní předpisy, zejména Stavební zákon č. 183/2006 Sb., Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií a další předpisy související s tématem práce

(2) Platné technické národní předpisy a normy ČSN, ČSN EN ISO

(3) Katalogy stavebních materiálů, konstrukčních systémů, stavebních výrobků;

(4) Odborná literatura

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku.

V Brně, dne 13. 11. 2023

L. S.

prof. Ing. Jiří Hirš, CSc.
vedoucí ústavu

Ing. Marcela Počinková, Ph.D.
vedoucí práce

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA, dr. h. c.
děkan

ABSTRAKT

Hlavní náplní mé bakalářské práce bylo navrhnout energeticky úsporný rodinný dům pro čtyřčlennou rodinu. Budova je umístěna v nově zastavěné oblasti v obci Zborovice. Jedná se o dvoupatrový dům obdélníkového tvaru se plochou střechou. V prvním nadzemním podlaží se nachází obývací pokoj spojený s kuchyní, koupelna, WC a technická místnost. Z obývacího pokoje je skrz zdvižně posuvné dveře přístupná zahrada s krytou terasou. V druhém nadzemním podlažím nalezneme ložnici s vlastní šatnou, dva dětské pokoje, pracovnu, koupelnu a WC. Konstrukční systém budovy je navržen jako stěnový z vápenopískových bloků. Základy jsou betonové a vodorovné nosné konstrukce železobetonové.

Objekt bude z veřejných sítí zásobován pitnou vodou a elektrickou sítí. Část elektrické energie bude vyráběna přímo na pozemku pomocí fotovoltaické elektrárny. Odpadní voda bude odváděna do veřejné stoky. Dešťová voda bude sbírána do akumulární nádrže a využívána na zavlažování. Větrání bude zajištěno vzduchotechnickou jednotkou. Objekt bude vytápěn podlahovým topením poháněným tepelným čerpadlem vzduch/voda. Budova splňuje třídu energetické náročnosti A.

KLÍČOVÁ SLOVA

vápenopískové bloky, vegetační střecha, podlahové topení, tepelné čerpadlo, průkaz energetické náročnosti

ABSTRACT

The aim of my bachelor's thesis is to design a detached energy efficient house for a four member family. The building is located in Zborovice village in a housing area that is yet to be constructed. It is a two-story building with a rectangular shaped floor plan and a flat roof. On the first floor is a living room connected with a kitchen, a bathroom, a toilet and a utility room. There is a balcony door in the living room that leads to a terrace on a garden. On the second floor there is a master bedroom with a walk-in closet, two rooms for children, an office, a bathroom and a toilet. Structural system of the building is masonry system designed from sand-lime blocks. Horizontal load-bearing structures and foundations are designed from cast-in-place reinforced concrete.

The building is supplied with potable water from a water main and with electricity from an electric distribution system. Some electric energy will be produced by photovoltaic panels. Waste water will be discharged into a sanitary sewer. Rainwater will be collected into a harvesting tank and used for irrigation. Ventilation in the building is provided by a MVHR system. Heating system is designed as an underfloor heating powered by an air to water heat pump. On the Energy performance certificate is the building rated as A.

KEYWORDS

sand-lime blocks, green roof, underfloor heating, heat pump, energy performance certificate

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOVÁŘ, Vilém. *Energeticky úsporný rodinný dům ve Zborovicích*. Brno, 2024. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí Ing. Marcela Počinková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Energeticky úsporný rodinný dům ve Zborovicích* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 20. 5. 2024

Vilém Kovář
autor

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat mé vedoucí bakalářské práce, paní Ing. Marcele Počinkové, Ph.D. za její nápomoc, a hlavně trpělivost při tvoření této práce. Dále také panu Ing. Petru Kacálkovi, Ph.D. za velmi přínosné konzultace. V neposlední řadě chci také poděkovat své rodině a kamarádům za jejich psychickou podporu.

Obsah

1. Úvod	1
2. Vlastní text práce.....	2
2.1 Stručná charakteristika lokality včetně seznamu dotčených pozemků	2
2.2 Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení	2
2.3 Navrhované kapacity stavby.....	2
2.4 Architektonické a tvarové řešení.....	3
2.5 Dispoziční a provozní řešení	3
2.6 Bezbariérové užívání stavby	3
2.7 Konstrukční a materiálové řešení	3
2.8 Stavební tepelná technika	6
2.9 Stavební akustika a ochrana před hlukem.....	7
2.10 Denní osvětlení a proslunění.....	8
2.11 Energetická náročnost budovy	8
2.12 Zdravotně technické instalace	9
2.13 Vytápění a ohřev teplé vody	9
2.14 Větrání	9
2.15 Chlazení	10
2.16 Umělé osvětlení.....	10
2.17 Elektroinstalace	10
2.18 Požárně bezpečnostní řešení.....	10
2.19 Vliv stavby na okolí (hluk, vibrace, prašnost)	10
2.20 Dopravní řešení	11
2.21 Terénní úpravy a řešení vegetace	11
2.22 Orientační náklady stavby	11
3. Závěr	12
4. Seznam použitých zdrojů.....	13
5. Seznam použitých zkratk a symbolů.....	16
6. Seznam příloh.....	20

1. Úvod

V současné době se stále zpřísňují požadavky na výstavbu všech nových budov, a to především z hlediska energetické efektivity a udržitelnosti. My, jakožto studenti oboru Environmentálně vyspělé budovy a také budoucí projektanti se těmito požadavkům musíme přizpůsobit. Cílem této bakalářské práce je navrhnout energeticky úsporný rodinný dům, který bude tyto požadavky splňovat a zároveň nabídne uživateli komfort při bydlení.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. V první části je zpracováno architektonicko-stavebního řešení stavby. Řeší se zde dispoziční řešení stavby, materiálové řešení, návrh dílčích konstrukcí stavby, provedení vybraných detailů stavby. Dále je v této části rozebráno požárně bezpečnostní řešení stavby a také její stavebně fyzikální posouzení.

Druhá část je zaměřena na technická zařízení stavby. Konceptně se zde řeší návrh kanalizace, vodovodu, vzduchotechniky a elektroinstalace. Detailněji je zde rozebrán systém vytápění. Zkončena je tato část zpracováním průkazu energetické náročnosti, který ukáže, zdali se jedná o energeticky úspornou budovu.

2. Vlastní text práce

2.1 Stručná charakteristika lokality včetně seznamu dotčených pozemků

Objekt se situován v obci Zborovice ve Zlínském kraji. Parcela, na které se nachází, je součástí nově vybudované zastavěné oblasti na kraji obce. Oblast je nově vybudována na obecním pozemku určeném k zemědělské produkci. Tento pozemek bude odebrán ze zemědělského půdního fondu. Nově vybudovaná oblast je určena k individuálnímu bydlení. Objekt svým vzhledovým i dispozičním charakterem splňuje podmínky pro novostavby v této oblasti, a tak zapadne do okolní zástavby.

2.2 Členění stavby na objekty a technická a technologická zařízení

Stavba bude členěna na následující stavební a inženýrské objekty:

SO 01 – Rodinný dům

SO 02 – Zpevněná plocha pojízdná

SO 03 – Zpevněná plocha pochozí

SO 04 – Terasa

SO 05 – Zahradní domek + kryté parkovací stání

SO 06 – Zatravnění

IO 01 – Vodovodní přípojka

IO 02 – Přípojka splaškové kanalizace

IO 03 – Přípojka podzemního vedení NN

IO 04 – Přípojka dešťové kanalizace

TO 01 – Fotovoltaické panely

2.3 Navrhované kapacity stavby

Zastavěná plocha: SO 01 – 116,56 m²

SO 04 – 30,06 m²

SO 05 – 40 m²

Obestavěný prostor: SO 01 – 822,04 m³

SO 05 – 45 m³

Užitná plocha: 164,27 m²

Počet funkčních jednotek: 1

Počet uživatelů: 4

2.4 Architektonické a tvarové řešení

Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům obdélníkového půdorysu o rozměrech 12,44 x 9,44 m. Výška objektu včetně atiky činí 7,32 m. Střecha je plochá a pokryta vegetací. Fasáda budovy je bílá, v soklové části je zbarvena mozaikou odstínů černé. Veškeré výplně otvorů a klempířské prvky jsou grafitově černé barvy. Pergola na terase je také grafitově černá.

2.5 Dispoziční a provozní řešení

Hlavní vchod je na západní straně budovy, za kterým se nachází zádveří a následně chodba, ze které jsou přístupné ostatní místnosti v 1.NP. Na severní straně najdeme WC, koupelnu, schodiště a technickou místnost a na jižní straně obývací pokoj s kuchyní. Z obývacího pokoje je přístupná krytá terasa, která vede na zahradu. Ve 2. NP se nachází klidová část, která je tvořena ložnicí a dvěma dětskými pokoji na jižní straně a dále také koupelnu, WC a pracovnou na severní straně.

2.6 Bezbariérové užívání stavby

Stavba svým charakterem nevyžaduje bezbariérové užívání.

2.7 Konstrukční a materiálové řešení

Základové konstrukce

Budova je založena na základových pasech o rozměrech 500 x 500 mm z prostého betonu C20/25. Vyneseny jsou pomocí ztraceného bednění, které je vylito betonem C20/25 a vyztuženo ocelí B500B. Podkladní beton je tloušťky 150 mm z betonu C20/25 vyztužený kari sítí 100/100/6 mm.

Svislé nosné konstrukce

Veškeré svislé nosné konstrukce jsou navrženy z vápenopískových bloků. Obvodové konstrukce jsou z bloků tloušťky 240 mm a jsou založeny na tepelně izolačních blocích. Vnitřní nosné konstrukce jsou z bloků tloušťky 200 mm.

Vodorovné nosné konstrukce

Stropní deska nad 1NP i nosná konstrukce střešního pláště je navržena z monolitického železobetonu. Tloušťka desek je 200 mm. Použitý beton C25/30 vyztužený ocelí B500B. Překlady nad jednotlivými otvory jsou vápenopískové, tloušťky a délky jsou dle dimenzí jednotlivých otvorů. Specifikovány jsou ve výkresech podlaží.

Schodiště a rampy

Schodiště je monolitické železobetonové. Tloušťka schodišťového ramene i mezipodesty je 150 mm. Použitý beton C25/30 vyztužený ocelí B500B. Zábradlí je tvořeno příčkou z vápenopískových bloků tloušťky 115 mm, která je kryta dřevěným obkladem. Rampy se v objektu nenachází.

Svislé nenosné konstrukce

Veškeré příčky jsou navrženy z vápenopískových bloků tloušťky 115 mm. V koupelně a na WC jsou opatřeny instalační předstěnou ze sádkartonu.

Konstrukce zastřešení

Nosná konstrukce střechy je železobetonová deska tloušťky 200 mm. První vrstva tepelné izolace je tvořena polystyrenem EPS 150 tloušťky 180 mm a druhá vrstva polystyrenem EPS s uzavřenou povrchovou strukturou tloušťky 80 mm. Hlavní hydroizolace je z měkčeného polyvinylchloridu a pojistná hydroizolace z SBS modifikovaného asfaltového pásu. Spádování je provedeno cementovou pěnou. Povrch střechy je pokryt extenzivním střešním substrátem a rozchodníkovou rohoží. Odvodnění je zajištěno dvěma střešními vtoky DN 100 a jedním pojistným přepadem DN 100.

Klempířské a zámečnické výrobky

Klempířské prvky na řešeném objektu jsou vnější parapety, závětrná lišta a rohové lišty na atice. Vnější parapety jsou z nalakovaného taženého hliníku barvy grafitově černé. Tloušťka se liší podle délky parapetu. Závětrná lišta a rohové lišty jsou z poplastovaného plechu tloušťky 0,6 mm. Slouží k napojení povlakové PVC hydroizolace.

Mezi zámečnické prvky patří bioklimatická pergola na terase a kotvící body proti pádu ze střechy. Pergola je hliníková barvy grafitově černé.

Výplně otvorů

Okenní otvory jsou vyplněny plastovými okny s izolačním trojsklem. $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_f = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$. V obývacím pokoji na jižní straně se nachází zdvižně posuvný HS portál s hliníkovým rámem zasklený izolačním trojsklem. $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_f = 2,1 \text{ W/m}^2\text{K}$. Stabilní okno vedle HS portálu má kvůli své výšce rám z hliníku. Zaskleno je také izolačním trojsklem. $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_f = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$. Veškerá okna jsou zasazena přesazovací montáží. Vchodové dveře hlavní i vedlejší jsou plastové se skleněnou výplní z izolačního trojskla. $U_g = 0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$, $U_f = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$. Veškeré výplně v obvodovém plášti mají grafitově černou barvu. Interiérové dveře jsou dřevěné. Dveře mezi chodbou a technickou místností jsou požární.

Podlahy, úpravy povrchů

Nášlapné vrstvy v celém objektu jsou navrženy z PVC nebo keramického obkladu. Součástí všech podlah je také teplovodní podlahové vytápění uložené v systémové desce. Systémová deska se skládá z nopové fólie, z desky EPS 150 tloušťky 10 mm a z desky PST-TK 5000 tloušťky 20 mm, která má funkci kročejové izolace. Hydroizolaci u podlah v 1.NP tvoří dvě vrstvy SBS modifikovaného asfaltového pásu. Zatepleny jsou polystyrenem EPS Grey 100 tloušťky 140 mm. Podlahy v 2.NP jsou opatřeny kročejovou izolací z elastifikovaného polystyrenu EPS tloušťky 20 mm. Roznašecí vrstva je z anhydritového či cementového potěru podle vlhkosti v místnosti (viz příloha A.4.14 Výpis skladeb). Podlaha v koupelně v místě sprchového koutu je opatřena hydroizolační stěrkou.

Stěny jsou omítnuté jednovrstvou vápenocementovou omítkou a natřeny vinylovou barvou nebo jsou obloženy keramickým obkladem. Dle místa působení vlhkosti jsou také opatřeny hydroizolační stěrkou.

Stropy jsou omítnuté jednovrstvou vápenocementovou omítkou a natřeny vinylovou barvou nebo jsou instalovány SDK podhledy natřeny vinylovou barvou. Dle charakteru místnosti jsou rozlišeny SDK desky protipožární akustické, protipožární impregnované nebo pouze protipožární.

Hydroizolace

Hydroizolace spodní stavby je provedena dvěma SBS modifikovanými asfaltovými pásy s nosnou vložkou ze skleněné tkaniny. Povlaková hydroizolace střechy je tvořena PVC fólií se skleněnou výztužnou vložkou. Pojistná hydroizolace střechy je z SBS modifikovaného asfaltového pásu s nosnou vložkou z Al fólie.

Tepelné a akustické izolace

Obvodové stěny jsou zatepleny šedým fasádním polystyrenem tloušťky 220 mm. V podlaze na terénu je použit šedý polystyren EPS Grey 100 tloušťky 140 mm doplněný systémovou deskou pro podlahové topení s integrovanými deskami EPS 150 tloušťky 10 mm a PST-TK 5000 tloušťky 20 mm, která má funkci kročejové izolace. Střecha je zateplena polystyrenem EPS 150 tloušťky 180 mm a polystyrenem EPS s uzavřenou povrchovou strukturou tloušťky 80 mm.

Kročejová izolace v podlaze ve 2NP je zajištěna elastifikovaným polystyrenem EPS tloušťky 20 mm doplněným systémovou deskou pro podlahové topení.

2.8 Stavební tepelná technika

Veškeré konstrukce budovy jsou navrženy tak, aby splňovaly podmínky na součinitel prostupu tepla U , nejnižší povrchovou teplotu, množství zkondenzované vodní páry a pokles dotykové teploty podlahy.

Tabulka 1 Součinitel prostupu tepla U

Konstrukce		Součinitel prostupu tepla			
		Dle českých technických norem			
Ozn.	Název	U_N	U_{rec}	U	Hod.
[-]	[-]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[W/(m ² K)]	[-]
STR-1	Střecha	0,24	0,16	0,132	x
PDL(z)-2	Podlaha 1NP - lino	0,45	0,30	0,178	x
PDL(z)-3	Podlaha 1NP - keramika	0,45	0,30	0,180	x
STN-6	Obvodová stěna S	0,30	0,20	0,149	x
STN-27	Sokl	0,30	0,20	0,173	x

Legenda:
! ... nevyhovuje požadované hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
* ... vyhovuje požadované hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
x ... vyhovuje doporučené hodnotě součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
U ... vypočtená hodnota součinitele prostupu tepla
 U_N ... požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2
 U_{rec} ... doporučená hodnota součinitele prostupu tepla dle ČSN 73 0540-2

Tabulka 2 Nejnižší povrchová teplota

Konstrukce		Teplotní faktor					
		ČSN 73 0540			ČSN EN ISO 13788		
Ozn.	Název	$f_{Rsi,N}$	f_{Rsi}	Hod.	$f_{Rsi,N}$	f_{Rsi}	Hod.
[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]	[-]
STR-1	Střecha	0,744	0,967	+	-	-	-
PDL(z)-2	Podlaha 1NP - lino	0,402	0,956	+	-	-	-
PDL(z)-3	Podlaha 1NP - keramika	0,402	0,956	+	-	-	-
STN-6	Obvodová stěna S	0,744	0,963	+	-	-	-
STN-27	Sokl	0,744	0,958	+	-	-	-

Legenda:
! ... nevyhovuje požadované hodnotě
+ ... vyhovuje požadované hodnotě

Tabulka 3 Zkondenzované množství vodní páry

Konstrukce		Šíření vodní páry							
		ČSN 73 0540				ČSN EN ISO 13788			
		M _c	M _{c,N}	Hod.	Bil.	M _c	M _{c,N}	Hod.	Bil.
Ozn.	Název	[kg/(m ² ·a)]	[kg/(m ² ·a)]	[-]	[-]	[kg/(m ² ·a)]	[kg/(m ² ·a)]	[-]	[-]
STR-1	Střecha	0,000	0,100	+	+	0,000	0,100	+	+
STN-6	Obvodová stěna S	-	0,100	+	+	0,000	0,100	+	+
STN-27	Sokl	0,001	0,100	+	+	0,000	0,100	+	+

Legenda:
 ! ... nevyhovuje požadované hodnotě / pasivní bilance kondenzace a vypařování
 + ... vyhovuje požadované hodnotě / aktivní bilance kondenzace a vypařování
 Poznámka: V tabulce jsou uvedeny pouze základní posouzení. Některé další požadavky (např. vlhkost v místě zabudovaného dřeva) jsou hodnoceny v podrobném protokolu.

Tabulka 4 Pokles dotykové teploty podlahy

Konstrukce		Pokles dotykové teploty		
		ČSN 73 0540-2		
		B	Δθ ₁₀	Kat.
Ozn.	Název	[W·s ^{0,5} /(m ² ·K)]	[°C]	[-]
PDL(z)-2	Podlaha 1NP - lino	385,8	3,39	I.
PDL(z)-3	Podlaha 1NP - keramika	1 054,6	6,42	III.
STR-4	Podlaha 2NP - lino	385,8	3,34	I.
STR-5	Podlaha 2NP - keramika	1 054,6	6,31	III.

Dle hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U = 0,213 \text{ W/m}^2\text{K}$ budovy lze budovu dle ČSN 73 0540-2 i dle Vyhlášky č. 264/2020 klasifikovat jako třídu B.

2.9 Stavební akustika a ochrana před hlukem

Veškeré konstrukce jsou navrženy tak, aby splňovaly podmínky na vzduchovou i kročejovou neprůzvučnost.

Tabulka 5 Zvukoizolační vlastnosti vnitřních konstrukcí

Konstrukce – typ, popis	Vypočítané hodnoty (dB)		Požadavek ČSN 73 0532 (dB)	
	R'_{w}	$L'_{w,N}$	min. R'_{w}	max. L'_{w}
Stěna nosná, vápenopískové bloky tl. 200 mm	45	-	40	-
Stěna nenosná vápenopískové bloky tl. 115 mm	41	-	40	-
Strop nad 1NP, ŽB tl. 200 mm, linoleum	68	42	47	58
Strop nad 1NP, ŽB tl. 200 mm, keramická dlažba	68	42	47	58

Objekt splňuje hlukové limity pro chráněný prostor ve dne i v noci. Uvažované zdroje hluku byly místní komunikace, tepelné čerpadlo a sání a výtlak od VZT jednotky.

Tabulka 6 Tabulka bodů výpočtu hladiny akustického tlaku

TABULKA BODŮ VÝPOČTU (DEN)						
Č.	výška	Souřadnice		LAeq (dB)		
				doprava	průmysl	celkem
1+	1.5	956.2;	259.3	38.7	1.3	38.7
2+	1.5	965.2;	263.0	33.7	17.5	33.8
3+	1.5	967.9;	250.4	32.1	6.7	32.1
4+	1.5	974.3;	256.9	21.6	45.3	45.3

TABULKA BODŮ VÝPOČTU (NOC)						
Č.	výška	Souřadnice		LAeq (dB)		
				doprava	průmysl	celkem
1+	1.5	956.2;	259.3			0.0
2+	1.5	965.2;	263.0		17.2	17.2
3+	1.5	967.9;	250.4			0.0
4+	1.5	974.3;	256.9		36.6	36.6

Podmínka:

DEN $L_{Aeq} < 50$ dB

NOC $L_{Aeq} < 40$ dB

2.10 Denní osvětlení a proslunění

V objektu byly posouzeny veškeré pobytové místnosti na denní osvětlení i proslunění. U všech místností byly splněny podmínky na denní osvětlení i proslunění.

Tabulka 7 Výsledky výpočtů denního osvětlení a proslunění

Přehled výsledků						
Název	Minimální hodnota	Průměrná hodnota	Maximální hodnota	Rovnoměrnost	Proslunění	Požadovaná hodnota
1.1 - obývací pokoj + kuchyň						
obývací pokoj + kuchyň - Činitel denní osvětlenosti	4,8 / 0,7 %	5,5 / 0,9 %	6,3 %	0,76		
obývací pokoj + kuchyň - Proslunění					5:32 / 1:30	
2.1 - ložnice						
ložnice - Činitel denní osvětlenosti	3,2 / 0,7 %	4,7 / 0,9 %	6,2 %	0,52		
ložnice - Proslunění					7:54 / 1:30	
2.2 - dětský pokoj 2						
dětský pokoj 1 - Činitel denní osvětlenosti	1,4 / 0,7 %	1,4 / 0,9 %	1,5 %	0,93		
dětský pokoj 1 - Proslunění					6:29 / 1:30	
2.3 - dětský pokoj 1						
dětský pokoj 2 - Činitel denní osvětlenosti	2,9 / 0,7 %	4,5 / 0,9 %	6,2 %	0,46		
dětský pokoj 2 - Proslunění					7:54 / 1:30	
2.4 - pracovna						
pracovna - Činitel denní osvětlenosti	(0,7) 100 / 95 %		7,1 %	0,17		(2,0) 60 / 50 %
pracovna - Proslunění					2:20 / 1:30	

2.11 Energetická náročnost budovy

Pro řešený objekt byl zpracován průkaz energetické náročnosti. Budova je zaříděna do třídy A – mimořádně úsporná, čímž by splnila požadavky pro novostavbu v současné době. Celková dodaná energie činí 81,1 kWh/(m²·rok), z čehož největší podíl má vytápění a příprava teplé vody.

2.12 Zdravotně technické instalace

Objekt je zásobován pitnou vodou z veřejného vodovodního řadu. Na ten je objekt připojen vodovodní přípojkou dimenze DN 25 jejíž součástí je vodoměrná šachta DN 1200, ve které se nachází vodoměrná sestava.

Odpadní voda je odváděna do veřejné stoky kanalizační přípojkou dimenze DN 100. Dešťová voda je odváděna ze střechy rodinného domu a zahradního domku do akumulární nádrže o objemu 3700 l, odkud bude využívána na zavlažování. Pojistný přepad je veden do zasakovacích tunelů.

2.13 Vytápění a ohřev teplé vody

Vytápění v objektu je zajištěno podlahovým topením Gabotherm. Vytápět je nutné v téměř všech místnostech, kromě místnosti 103 – komora, 107 – technická místnost a 202 – WC, v nichž byla tepelná ztráta zanedbatelná nebo záporná. V každém patře je na chodbě umístěn rozdělovač, z kterého se větví jednotlivé okruhy. Potrubí jednotlivých okruhů je polybutenové o průměru 15x1,5 mm. Teplotní spád soustavy je 35/30 °C a 35/27 °C pro okruhy, které vedou více než jednou místností. Součástí otopného systému je i akumulární nádrž o objemu 120 l. Propojení mezi nádrží a jednotlivými rozvaděči je provedeno měděným potrubím.

Zdrojem tepla je tepelné čerpadlo CHA-07 Monoblok. Výkon čerpadla při -7 °C je 5,88 kW. Vnitřní jednotka čerpadla má v sobě zabudovaný bivalentní zdroj elektrickou spirálu o výkonu 9 kW.

Tepelné čerpadlo zajišťuje i ohřev teplé vody. Ten probíhá nepřímo v zásobníku o objemu 200 l.

Bod bivalence pro vytápění při 100 % výkonu je -14,3 °C, tudíž pokryje veškerou potřebu tepla na vytápění. Bod bivalence pro ohřev teplé vody činí -9,1 °C. TČ pokryje 98,73% potřeby tepla na ohřev TV.

K systému je připojena expanzní nádrž o objemu 12 l.

2.14 Větrání

Větrání v objektu je zajištěno vzduchotechnickou jednotkou umístěnou v technické místnosti. Přívod či odvod vzduchu z místnosti bude zajištěn přes anemostaty umístěné v podhledu nebo na stěně propojené ohebným izolovaným potrubím vedeným v podhledu s VZT jednotkou. Sání a výtlak VZT jednotky bude umístěn na fasádě a bude chráněn protidešťovou žaluzií.

2.15 Chlazení

Dle posudku na tepelnou stabilitu v létě není nutné chlazení.

2.16 Umělé osvětlení

Ve všech místnostech bude instalováno umělé osvětlení.

2.17 Elektroinstalace

Objekt bude napojen na veřejnou síť podzemního vedení nízkého napětí přípojkou, která bude začínat v již vybudované elektroměrové skříni na západní hranici pozemku. Napojena bude do domovního rozvaděče, který je umístěn v zádveří. Velikost hlavního jističe byla dle příkonu spotřebičů v domácnosti navržena na 3x40A. Část elektrické energie bude vyráběna přímo na pozemku díky třinácti fotovoltaickým panelům instalovaných na střeše objektu. Maximální instalovaný výkon panelů činí 5,85 kWp. Vyrobená energie bude přes hybridní měnič buďto přímo spotřebovávána nebo ukládána do baterie s kapacitou 5 kWh. Při naplnění baterie bude energie posílána do sítě.

2.18 Požárně bezpečnostní řešení

Objekt je díky svému charakteru zaříděna do skupiny budov OB1. Budova tvoří jeden požární úsek. Stupeň požární bezpečnosti je stanoven jako SPB II. Zateplení šedým polystyrenem tloušťky 220 mm dělá ze všech stěn požárně uzavřené plochy, odstupové vzdálenosti jsou proto stanoveny pouze od otvorů. Požárně nebezpečný prostor nezasahuje na vedlejší pozemky. V objektu budou instalovány dvě zařízení autonomní detekce a signalizace a jeden práškový přenosný hasící přístroj.

2.19 Vliv stavby na okolí (hluk, vibrace, prašnost)

Stavba svým provozem nebude nijak obtěžovat okolní objekty z hlediska hluku, vibrací a prašnosti. Instalované tepelné čerpadlo bylo posouzeno z hlediska maximálního akustického výkonu pro den i noc. Jsou splněny limity pro chráněný prostor jak pro budovu samotnou, tak i pro sousední objekty.

Při výstavbě může dojít k částečnému znečištění ovzduší prachem a také může dojít ke zvýšení hladiny hluku. Obě tyto skutečnosti bude snaha maximálně eliminovat.

2.20 Dopravní řešení

Objekt je napojen na místní komunikaci I. třídy, která se nachází u západní strany parcely. Na komunikaci je stanovena rychlost na 30 km/h a slouží převážně jen pro uživatele okolních objektů v zastavěné oblasti a pro popelářské vozy. Objekt je na komunikaci napojen příjezdovou cestou, která končí ve východním rohu parcely jako kryté parkovací stání pro dva osobní automobily.

2.21 Terénní úpravy a řešení vegetace

Pozemek je mírně svahovaný ze severu k jihu. Stavba se tento charakter snaží maximálně zachovat. Před zahájením stavby dojde ke stržení ornice v tloušťce 300 mm, která bude následně odvezena na místní deponii ve vedlejší obci. Vykopaná zemina bude uložena na deponii na pozemku a použita na násypy. Zbytek bude odvezen na skládku. Po finálních terénních úpravách bude založen nový trávník.

2.22 Orientační náklady stavby

Rodinný dům	822,04 m ³ x 8000,- = 6.576.320,-
Zpevněná plocha	(71,16 + 26,03 + 30,06) m x 5000,- = 636.250,-
Přípojky	
Kanalizace	16,34 m x 3000,- = 49.020,-
Vodovod	23,22 m x 3000,- = 69.660,-
Elektro	6,38 m x 3000,- = 19.140,-
Dešťová	11,1 m x 3000,- = 33 300,-
Zahradní domek	22.000,-
Dešťová nádrž	52.000,-
Vsakovací tunel	15.000,-
Celkem	7.472.690,-

3. Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout dvoupodlažní rodinný dům pro čtyřčlennou rodinu s téměř nulovou spotřebou energie a kladoucí důraz na udržitelnost. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první části, zaměřené na pozemní stavitelství, byly vypracovány dokumenty a výkresy, které zahrnují architektonicko-stavební řešení stavby, požárně bezpečnostní řešení stavby a stavebně fyzikální hodnocení budovy a jednotlivých konstrukcí.

Druhá část se zabývá technickými zařízeními budovy, s důrazem na detailní návrh systému vytápění. Tento systém zahrnoval podlahové topení poháněné tepelným čerpadlem vzduch/voda, což je jedním z důležitých aspektů energetické náročnosti této budovy. Ostatní systémy TZB, mezi které patří elektroinstalace, zdravotně technické instalace a vzduchotechnika, byly navrženy koncepčně.

Součástí druhé části bylo také vypracování průkazu energetické náročnosti budovy, který potvrdil, že navržená budova dosahuje klasifikace „mimořádně úsporná“ a splňuje požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie.

Budova byla navržena s důrazem na udržitelnost. Je vybavena vegetační střechou, která přispívá k lepší tepelné izolaci, podporuje biodiverzitu a zlepšuje kvalitu ovzduší. Postavena je z vápenopískových bloků, které mimo své kvalitní stavebně fyzikální vlastnosti mají i nízkou ekologickou stopu. Budova také efektivně využívá dešťovou vodu, která je sbírána a využívána na zavlažování pozemku. Tyto prvky, spolu s vysokou energetickou účinností a využitím obnovitelných zdrojů energie, zajišťují, že má budova minimální negativní vliv na životní prostředí a maximalizuje přínosy pro její uživatele.

4. Seznam použitých zdrojů

Odborná literatura:

BENEŠ, Petr, Markéta SEDLÁKOVÁ, Marie RUSINOVÁ, Romana BENEŠOVÁ a Táňa ŠVECOVÁ. *Požární bezpečnost staveb*. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2021. ISBN 978-80-7623-070-5.

Právní předpisy:

Vyhláška č. 264/2020 Sb.: Vyhláška o energetické náročnosti budov. In: . 2020, 98/2020.

Normy:

TYWONIAK, Jan a Zbyněk SVOBODA. Nové znění ČSN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. *Materiály pro stavbu*. Praha: Springer Media: Business Media CZ, 2011, 17(9), 44-46. ISSN 1213-0311.

Internetové stránky:

Aliaxis [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.aliaxis.cz/>

ATREA s.r.o. [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.atrea.cz/>

ČÚZK - Katastr nemovitostí [online]. [cit. 2023-09-12]. Dostupné z: <https://www.cuzk.cz/Katastr-nemovitosti.aspx>

DEKPARTNER [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://dekpartner.cz/>

DEKSOFT [online]. [cit. 2023-09-12]. Dostupné z: <https://deksoft.eu/>

Dražice [online]. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://www.dzd.cz/>

FAKRO [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.fakro.cz/>

Futur [online]. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z:
https://www.futur.cz/?_gl=1*1hljgu0*_up*MQ..*_ga*MTQxOTk1ODU1My4xNzE2NDI1ODg1*_ga_9024TTLK6K*MTcxNjQyNTg4NC4xLjAuMTcxNjQyNTg4NC4wLjAuODI2NDIxMzc1

Gabotherm [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.gabotherm.cz/>

Geoprohlížeč [online]. [cit. 2023-11-23]. Dostupné z:
<https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/#wmcid=28054>

Grundfos [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.grundfos.com/cz>

HelioScope [online]. [cit. 2024-04-23]. Dostupné z:
<https://app.helioscope.com/projects/4363488>

Knauf [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.knauf.cz/>

Luftuj.cz [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.luftuj.cz/>

Montazokna.cz [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.montazokna.cz/>

OKNA.EU [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.okna.eu/>

P.M.H – Koupelnové radiátory a sušáky [online]. [cit. 2024-04-23]. Dostupné z:
<https://www.pmh-co.eu/>

Poriment [online]. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: <https://lite-smesi.cz/poriment.html>

PROPASIV s.r.o [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z:
<https://www.propasiv.cz/technicka-dokumentace/pro-projektanty-a-architekty/>

PROTC [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.projektuj-tepelna-cerpadla.cz/>

Regulus [online]. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/>

Slavona [online]. [cit. 2024-01-15]. Dostupné z: <https://www.slavona.cz/>

Solární sestava / GOLED [online]. [cit. 2024-04-19]. Dostupné z:
<https://www.goled.cz/solarni-sestava-14x450w-hybrid-baterie-5kwh/>

Stavebniny DEK [online]. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: <https://www.dek.cz/>

TOPWET [online]. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: <https://www.topwet.cz/>

TZB-info [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/>

Územní studie Za Nádražím, Zborovice [online]. [cit. 2023-10-23]. Dostupné z: https://www.mesto-kromeriz.cz/fileadmin/user_upload/dotazy_pripominky/dokumenty_import/uzemni_studie/zborovice/US_Zborovice_Za_Nadrazim.pdf

Vápenopískové zdivo Sendwix [online]. [cit. 2023-10-12]. Dostupné z: <https://www.kmbeta.cz/sendwix>

Ventilatory.net [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.ventilatory.net/>

Ventishop.cz [online]. [cit. 2024-03-12]. Dostupné z: <https://www.ventishop.cz/>

WOLF [online]. [cit. 2024-02-24]. Dostupné z: <https://www.wolf.eu/cs-cz>

5. Seznam použitých zkratek a symbolů

A – ampér

AN – akumulární nádrž

AP – pračka automatická

B – bidet

BOZP – Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

BP – bakalářská práce

COP – topný faktor

Cu – měď

ČSN – česká technická norma (československá státní norma)

D – výplně dveřních otvorů

DD – dřez dvojitý

dB – decibel

DN – jmenovitý průměr

$D_{f,a}$ – roční spotřeba nepitné vody pro zalévání

$D_{f,d}$ – denní potřeba nepitné vody nesouvisící s osobami

$D_{N,D}$ – denní potřeba nepitné vody

$D_{p,a}$ – roční spotřeba nepitné vody pro splachování

$D_{p,d}$ – denní potřeba nepitné vody souvisící s osobami

DP1 – druh konstrukční části

DSP – dokumentace pro stavební povolení

$D_{t,a}$ – roční spotřeba nepitné vody

E – expanzní nádoba

EPS – expandovaný polystyren

E_{MR} – roční spotřeba tepla

$E_{SPOTŘ}$ – roční spotřeba tepla

F – filtr

f_{Rsi} – teplotní faktor vnitřního povrchu

$f_{Rsi,cr}$ – kritický teplotní faktor vnitřního povrchu

$f_{Rsi,N}$ – je požadovaná hodnota nejnižšího teplotního faktoru vnitřního povrchu [-];

f_{tah} – pevnost v tahu

f_{tlak} – pevnost v tlaku

FV – fotovoltaika

FVE – fotovoltaická elektrárna

h – hodina

HI – hydroizolace

$H_{T,R,j}$ – referenční měrný tepelný tok prostupem j -tou teplosměnnou konstrukcí obálky budovy

I – návrhový proud

IO – inženýrský objekt

k – korekce
K – klempířské prvky
KK – kulový kohout
KKE – kulový kohout pro expanzní nádobu s otevíráním
KKV – kulový kohout s vypouštěním
k.ú. – katastrální území
KN – katastr nemovitostí
KV – konstrukční výška
kW – kilowatt
kWh – kilowatthodina
kWp – kilowattpeak
l – litr
L - délka
 L_{Aeq} – ekvivalentní hladina akustického tlaku
 $L_{Aeq,T}$ – základní hladina akustického tlaku
 L_{Amax} – maximální hladina akustického tlaku
 L_w – hladina akustického výkonu
 $L'_{w,n}$ – vážená normalizovaná hladina akustického tlaku kročejového zvuku
m – metry
M – hmotnostní průtok
M – manometr
 M_c – zkondenzované množství vodní páry
MN – myčka nádobí
m n. m. – metry nad mořem
 m^2 – metry čtvereční
 m^3 – metry krychlové
mm – milimetry
MPa – megapascal
MWh – megawatthodina
NN – nízké napětí
NP – nadzemní podlaží
NÚC – nechráněná úniková cesta
 \emptyset – f_i – kruhový průměr
O – výplně okenních otvorů
OČ – oběhové čerpadlo
OB1 – skupina budovy
Op – odvětrávací potrubí
OSB – deska ze slisované dřevěné štěpky
OV – odvzdušňovací ventil
P – překlady
Pa – pascal

PBR – požárně bezpečnostní řešení
PBS – požárně bezpečnostní řešení
 p_{ddov} – nejnižší dovolený provozní přetlak
 p_h – nejvyšší provozní přetlak
 p_{hdov} – nejvyšší dovolený provozní přetlak
PI – plastové prvky
 p_n – nahodilé požární zatížení
 p_s – stálé požární zatížení
PT – původní terén
PÚ – požární úsek
 p_v – výpočtové požární zatížení
PV – pojistný ventil
PVC – polyvinylchlorid
 Δp_{dis} – dispoziční tlaková ztráta
Q – výkon
 Q_{dmax} – maximální denní potřeba vody
 Q_{hmax} – maximální hodinová potřeba vody
 Q_{dp} – průměrná denní potřeba vody
 Q_{rok} – roční spotřeba vody
 q_{spec} – specifická potřeba vody
 $Q_{TV,d}$ – denní potřeba tepla na ohřev TV
 $Q_{TV,N}$ – hodinová potřeba tepla na ohřev TV
R – tepelný odpor
R – tlaková ztráta potrubí
 $R'_{w,n}$ – vážená stavební neprůzvučnost
RD – rodinný dům
RS – rozdělovač sběrač
RŠ – revizní šachta
 R_w – vážená laboratorní neprůzvučnost
s – sekunda
S – skladba
S – sprchový kout
 S_d – ekvivalentní difúzní tloušťka
SDK – sádrokarton
SO – stavební objekt
SPF – sezónní topný faktor
SV – studená voda
SV – světlá výška
T – teploměr
TČ – tepelné čerpadlo
TČI – tepelné čerpadlo vnitřní jednotka

TČE – tepelné čerpadlo venkovní jednotka
TI – tepelná izolace
tl. – tloušťka
TO – technický objekt
TV – teplá voda
U – součinitel prostupu tepla
U – umyvadlo
UU – umyvadlo dvojité
 U_{em} – průměrný součinitel prostupu tepla
 $U_{em,N}$ – požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla
 $U_{em,ref}$ – průměrný součinitel prostupu tepla referenční budovy
 U_f – součinitel prostupu tepla rámu
 U_g – součinitel prostupu tepla zasklení
 U_w – součinitel prostupu tepla okna
ÚP – územní plán
UT – upravený terén
 $\Delta U_{em,R}$ – přírážka na vliv tepelných vazeb
V – železobetonový ztužující překlad
V – volt
VA – vana
 V_j – objem
VZT – vzduchotechnika
VŠ – vodoměrná šachta
w – rychlost proudění
W – watt
 W/m^2 – watt na metr čtvereční
XPS – extrudovaný polystyren
 Y_R – průměrný roční nátok srážkové povrchové vody
ZK – zpětná klapka
ZTI – zdravotně technické instalace
ZTV – zásobník na teplou vodu
ŽB – železobeton
 θ_e [°C] - venkovní návrhová teplota
 θ_i [°C] - vnitřní návrhová teplota
 ρ – objemová hmotnost
 λ – součinitel tepelné vodivosti
 Δ – delta – rozdíl
 μ – difúzní odpor

6. Seznam příloh

A Pozemní stavby

- A.1 Průvodní zpráva
- A.2 Souhrnná technická zpráva
- A.3 Koordinační situační výkres
- A.4 Architektonicko-stavební řešení
 - A.4.1 Půdorys 1NP
 - A.4.2 Půdorys 2NP
 - A.4.3 Řez A-A
 - A.4.4 Jižní a východní pohled
 - A.4.5 Severní a západní pohled
 - A.4.6 Půdorys základů
 - A.4.7 Výkres tvaru stropní konstrukce nad 1NP
 - A.4.8 Půdorys ploché střechy
 - A.4.9 Detail atiky
 - A.4.10 Detail střešní vpusti
 - A.4.11 Detail prahu – HS portál
 - A.4.12 Detail okna
 - A.4.13 Detail soklu
 - A.4.14 Výpis skladeb
 - A.4.15 Výpis výplní otvorů v teplosměnné obálce
- A.5 Požárně bezpečnostní řešení
 - A.5.1 Technická zpráva PBŘ
 - A.5.2 Půdorys 1NP – PBŘ
 - A.5.3 Půdorys 2NP – PBŘ
 - A.5.4 Situační výkres PBŘ
- A.6 Stavebně fyzikální posouzení konstrukcí a budovy

B Technická zařízení budov

- B.1 Koncepční řešení TZB
 - B.1.1.1 Výpočtová část – koncepční řešení systémů TZB
 - B.1.1.2 Posouzení tepelné stability místností
 - B.1.2.1 Studie kanalizace – 1NP, 2NP
 - B.1.2.2 Studie kanalizace – základy
 - B.1.3 Studie vodovodu
 - B.1.4 Studie vzduchotechniky

- B.2 Prováděcí projekt vytápění
 - B.2.1.1 Výpočtová část – vytápění
 - B.2.1.2 Výpočet tepelných ztrát
 - B.2.2 Půdorys 1NP – vytápění
 - B.2.3 Půdorys 2NP – vytápění
 - B.2.4 Schéma zapojení
 - B.2.5 Půdorys technické místnosti
 - B.2.6 Technická zpráva – vytápění
- B.3 Průkaz energetické náročnosti budovy