

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STAVEBNÍ**

KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Energeticky soběstačný bytový dům

Vypracoval: Bc. Jegijan David

Vedoucí práce: doc. Ing. Michal Kabrhel, Ph.D.

2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jegljan Jméno: David Osobní číslo: 396247

Zadávací katedra: K125 - Katedra technických zařízení budov

Studijní program: Inteligentní budovy

Studijní obor: Inteligentní budovy

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Energeticky soběstačný bytový dům

Název diplomové práce anglicky: Energy self-sufficient apartment building

Pokyny pro vypracování:

Návrh energetického systému zadaného bytového domu

Textová část - technická zpráva, výpočet tepelných ztrát, energetické výpočty

Výkresová část - koncepční půdorysy vytápění a větrání, schéma energetického systému, systém řízení budovy

Studie na téma Energetická soběstačnost budov

Seznam doporučené literatury:

Gebauer, Gunter: Vzduchotechnika. Era 2007. ISBN 8073660918

ČSN EN 12831 -1 Energetická náročnost budov - Výpočet tepelného výkonu - Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3.

ČSN EN 12828 A1 Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav.

Daniels, Klaus: Technika budov - Příručka pro architekty a projektanty. Jaga 2003. ISBN 80-88905-60-5.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Ing. Michal Kabrheľ, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 24.2.2020

Termín odevzdání diplomové práce: 17.5.2020

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

24. 2. 2020

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

Prohlašuji, že jsem předkládanou Diplomovou práci vypracoval samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze, dne 24.5.2020

.....
David Jegijan

Poděkování

Chtěl bych poděkovat panu doc. Ing. Michalu Kabrhelovi, Ph.D. za odborné vedení, ochotu a mnoho neocenitelných rad, postřehů a informací, které mi pomohly při tvorbě této Diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za poskytnutí zázemí, své sestře Kristýně Rysové za korekturu a Armenu Jegijanovi za neocenitelné postřehy a konstruktivní kritiku.

ABSTRAKT

Účelem této práce je analyzovat problematiku energeticky nezávislého bydlení a na základě této analýzy provést návrh konkrétních systémů s případným vymezením vhodného chování osob. Práce je rozdělena do dvou hlavních částí, kdy první částí je studie na téma energetické soběstačnosti budov a částí druhou je projekt zvoleného bytového domu. Každá kapitola začíná zvolením vhodného systému a dále je proveden jeho konkrétní návrh pro řešený bytový dům. V závěru je uveden přehled navržených systémů s jejich základním popisem, charakteristikou, dále ekonomické zhodnocení hlavních systémů a návrh inteligentního řízení budovy.

ABSTRACT

The purpose of this work is to analyze the problematics of energetically independent housing and based on this analysis to design specific systems with a possible definition of appropriate behavior of persons. The work is divided into two main parts, the first part is a study on the topic of energetical self-sufficiency of buildings and the second part is a project based on a selected apartment building. Each chapter begins with a selection of a suitable system and then its specific design for the apartment building is made. At the end, there is an overview of the proposed systems with their basic description, characteristics, as well as economic evaluation of the main systems and the design of intelligent building management.

Obsah

ÚVOD.....	10
1 Energetická soběstačnost budov	11
1.1 Co je energeticky soběstačná budova.....	11
1.2 Problematika	11
1.3 Legislativa.....	12
1.4 Způsoby získávání energií	13
1.4.1 Energie slunce	14
1.4.2 Energie větru	15
1.4.3 Energie vody.....	16
1.4.4 Geotermální energie	16
1.4.5 Nízkoteplotní energie.....	16
1.4.6 Energie spalování biopaliv.....	17
1.4.7 Kogenerace na principu stirlingova motoru.....	18
1.5 Hospodaření s vodou	18
1.5.1 Pitná voda	18
1.5.2 Dešťové vody.....	18
1.5.3 Odpadní vody	19
1.6 Zkušenosti uživatelů: vliv na komfort a psychiku.....	22
1.7 Stávající stavby v ČR a ve světě	24
2 Rozšířená technická zpráva.....	28
2.1 Informace o objektu.....	28
2.1.1 Umístění objektu.....	28
2.1.2 Architektonické a konstrukční řešení.....	29
2.2 Vytápění	34
2.2.1 Tepelné ztráty objektu	35
2.2.2 Vyhodnocení	41

2.2.3	Koncepce a návrh otopných těles	42
2.3	Teplá voda	45
2.3.1	Výpočet tepelné energie potřebné pro teplou vodu za den.....	46
2.3.2	Návrh potřebných parametrů pro přípravu teplé vody	47
2.3.3	Vyhodnocení	48
2.4	Zdroj tepla a teplé vody	49
2.4.1	Varianty řešení	49
2.4.2	Konkrétní návrh zdroje tepla	50
2.4.3	Objem zásobníku pro peletky	53
2.5	Elektrická energie v budově	56
2.5.1	Určení spotřeby elektrické energie.....	56
2.5.2	Získávání elektrické energie v budově	65
2.5.3	Ukladňování elektrické energie v budově.	70
2.5.4	Hospodaření s přebytky elektrické energie v letním období	73
2.5.5	Schéma a popis navrženého systému	75
2.6	Nucené větrání.....	76
2.6.1	Popis systému a základní výpočty	77
2.6.2	Koncepční schéma nuceného větrání	78
2.7	Hospodaření s vodou v budově	78
2.7.1	Celková koncepce hospodaření s vodou.....	78
2.7.2	Pitná voda	80
2.7.3	Užitková voda.....	81
2.8	Odpadní voda.....	84
2.8.1	Celková koncepce nakládání s odpadními vodami.	84
2.8.2	Návrh systému	84
2.9	Princip řízení systémů	86
2.9.1	Obecné informace.....	86

2.9.2	Funkčnost hlavního energetického systému-popis.....	88
2.9.3	Funkčnost systému v bytových jednotkách	90
3	Závěr.....	91
3.1	Princip – zhodnocení návrhu.....	91
3.2	Přehled navržených systémů	91
3.2.1	Vytápění a teplá voda	91
3.2.2	Elektrická energie.....	93
3.2.3	Větrání.....	94
3.2.4	Hospodaření s vodou	94
3.2.5	System řízení	95
3.3	Ekonomické zhodnocení	96
3.3.1	Elektrický systém.....	96
3.3.2	Vytápění a teplá voda	97
	Seznam použité literatury	100
	Seznam obrázků	106
	Seznam tabulek.....	108
	Seznam grafů.....	109
	Seznam příloh.....	109

ÚVOD

Účelem této práce je navrhnout systémy konkrétního bytového domu pro bydlení tak, aby byl schopen fungovat bez připojení na veřejné sítě, a to v konceptu energeticky soběstačných, konkrétněji ostrovních, autonomních budov. Práce neobsahuje pouze návrh energetického systému, ale i návrh dalších systémů nutných pro chod budovy v daném konceptu autonomních budov. Zcela zásadní je návrh systému vytápění a elektrické energie, kterému se mimo jiné práce v jednotlivých kapitolách podrobně věnuje.

Budova, na kterou jsou jednotlivé systémy navrženy, je bytový dům Libeň, umístěný nedaleko obce Libeň u Prahy. Pozemek se nachází u přílehlého lesa a pole, a pouze z jedné strany pozemku je další stavební parcela s rodinným domem. Charakter stavby nijak nenarušuje přirozený ráz krajiny a spolu s navrženým systémem reflektuje zvolený koncept energeticky soběstačných (autonomních) budov a jejich „splynutí“ s přírodou.

Práce je rozdělená na kapitoly, z nichž první je Teoretická část, jejíž úkol je přiblížit čtenáři problematiku energeticky soběstačných, konkrétněji autonomních, budov a seznámit čtenáře s dostupnými technologiemi, jejich vývojem a současnými stavbami provedenými v podobném konceptu. V druhé části je proveden návrh jednotlivých systémů v budově tak, aby byla zajištěna maximální možná funkčnost a nezávislost budovy na okolí. Poslední, a neméně důležitou kapitolou práce, je závěr, kde se nachází komplexní přehled navrženého systému, ekonomické zhodnocení hlavních částí návrhu a popis inteligentního řízení budovy.

1 Energetická soběstačnost budov

Tato kapitola má za účel přiblížit problematiku energeticky soběstačných budov. V první části se čtenář dozví odpověď na základní otázku: "Co je energeticky soběstačná budova". Dále budou nastíněny jednotlivé problematiky návrhu, možné zdroje a systémy pro zajištění energetické soběstačnosti budov, potažmo hospodaření s vodou a další specifika návrhu, včetně vyhodnocení vlivu soběstačnosti budov na komfort při užívání.

1.1 Co je energeticky soběstačná budova

Energeticky soběstačná budova je budova, která reflektuje moderní pojetí snižování energetické náročnosti a snížení závislosti budov na externích sítích. Obecně lze říci, že taková to budova si je schopná sama vyrobit dostatečné množství potřebné energie pro provoz a zajištění požadovaných podmínek vnitřního prostředí z vnějších zdrojů. V literatuře se využívá více způsobů označení, jako je například: Ostrovní dům, energeticky nezávislá budova, popř autonomní budova.

Je dobré podotknout, že konkrétně u autonomních (ostrovních) budov se nejedná pouze o zajištění energií pro danou budovu, ale také o získávání pitné vody, čištění a likvidaci odpadní vody, popř jejího zpětného využívání a nakládáním s dešťovou vodou. Specifikem autonomních budov je tedy jejich naprostá nezávislost na veřejných sítích a v tomto duchu bude zvolená budova navržena.

1.2 Problematika

Jedním z problémů en. soběstačných budov je častá nesoučasnost výroby a potřeby energie, např. tepelné či elektrické. Ve své podstatě budova spotřebovává energii vyrobenou ze svého okolí. Problém ale nastává ve chvílích, kdy tato energie není dostupná, například při využívání fotovoltaiky a následné potřebě elektrické energie v noci, kdy nesvítí slunce. V tomto případě je potřebná energie čerpána ze zásobníků, do kterých se energie ukládá (akumuluje) ve chvílích přebytku a využívá se při nedostatku.

Tento princip akumulace se standardně využívá například při návrhu výkonu zdroje pro vytápění, kdy se výkon zdroje nenavrhuje na špičkový výkon odběrové křivky teplé vody, tudíž musí být tento výkon krytý pomocí zásobníku teplé vody. Další způsobem akumulace je například akumulace el. energie ze solárních kolektorů do baterií.

Důležitým parametrem při návrhu je taktéž zajištění energetické efektivity budovy jako celku. Je nutné si tudíž budovu představit jako celek nakládající s energiemi, který má energetické potřeby, které je v první řadě potřeba snížit vhodným návrhem. Tímto „vhodným návrhem“ je rozuměno zajištění kvalitní obálky budovy snižující tepelné ztráty a celkovou efektivnost budovy. Mezi tato opatření patří například kvalitní zateplení obálky budovy, vhodná volba výplní otvorů, minimalizace vytápěného prostoru, což nám pozitivně ovlivní tepelné ztráty. V neposlední řadě je vhodné zakomponování například stínících prvků a orientace budovy, které nám dovolí minimalizovat tepelné zisky v létě, a naopak je v co největší míře využívat v zimě, což nám pozitivně ovlivní energetické potřeby na vytápění, popř. chlazení.

Dále je při návrhu nutné myslet na vhodný návrh TZB prvků jako je například rekuperace odpadního vzduchu a systém sdílení tepla. Při rekuperaci je energie, která je vložena do vzduchu, zpětně získávána a neodchází z budovy společně se vzduchem nutným k větrání. Dále se jedná o kvalitní provedení TZB prvků a instalací s dostatečným zaizolováním rozvodů, například teplé vody.

Při volbě zdrojů en. soběstačných budov je potřeba vycházet z předpokladů, že potřebná energie pro požadovaný chod budovy je získávána budovou samotnou z okolního prostředí. Je nutné tudíž zohlednit geografickou polohu z hlediska dostupnosti potencionálních zdrojů.

Výše zmíněné lze zařadit do dvou následujících bodů:

- Zvýšení efektivity budovy při nakládání s energiemi takovým způsobem, aby byla minimalizována potřeba energie dodávaná do budovy a maximalizovat její využití.
- Vhodná volba en. zdrojů dostupných v dané lokalitě, její získávání a akumulace tak, aby v každý moment zajistila požadované en. potřeby budovy.

1.3 Legislativa

Česká národní legislativa nemá prozatím termín, který by popisoval konkrétní požadavky na pojem en. soběstačná, nezávislá budova, popř. ostrovní budova. Pojdme se na to tedy podívat z hlediska pojmů, které legislativa popisuje.

Budova s téměř nulovou spotřebou energie je Legislativní pojem, který musí splňovat každá nově postavená budova od roku 2020. Tato povinnost se týká samozřejmě i budov postavených jako soběstačné, tudíž by se mohlo zdát, že toto zařazení je správné. Není tomu tak. Legislativně zde není jediná zmínka o požadavcích a vymežujících parametrech z hlediska budov, které nejsou napojeny na veřejné sítě. [1]

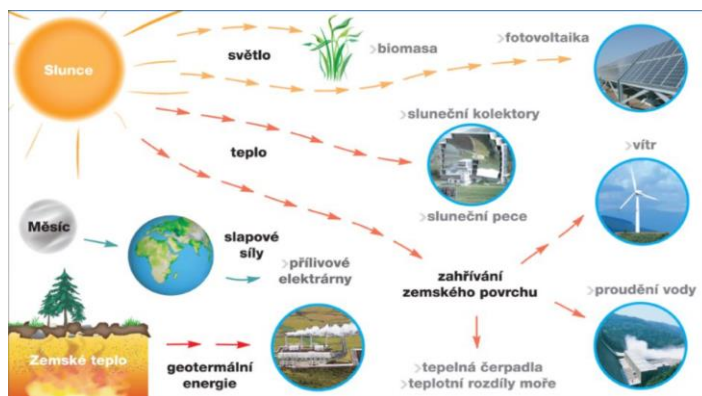
Podobně jsme na tom při srovnání s ostatními pojmy, jako „pasivní dům“, „nízko energetický dům“, atp. Tyto pojmy sice vyjadřují množství potřebné energie dodávané do budovy, popř množství neobnovitelné primární energie, nicméně opět nepopisují, zdali je budova schopna tuto energii získat a fungovat bez připojení na veřejné sítě.

Jisté přirovnání by se dalo aplikovat například na pojem „aktivní dům“, což je zjednodušeně řečeno budova, která vyrobí více energie, než spotřebuje. Nicméně ani zde není zmínka o nutnosti zřízovat budovu jako nezávislou na veřejných sítích. Dalo by se ale předpokládat, že pokud by například aktivní dům byl navržen bez nutnosti připojení na veřejné sítě, bude se jednat o energeticky soběstačnou budovu.

Veškeré výše zmíněné pojmy nám sice popisují požadavky na budovy z různých hledisek, jako například z hlediska získávání a využití energie, popř řeší energetický koncept budovy, nicméně žádná přímá zmínka o budovách bez nutnosti napojení na veřejné sítě zde není.

1.4 Způsoby získávání energií

Jelikož není budova napojená na vnější sítě, které by zajišťovaly přísun potřebné energie pro budovu, je nutné tuto potřebnou energii zajistit pomocí zdrojů dostupných v dané lokalitě. V dnešní době je možnost získávání energie z vnějších obnovitelných zdrojů rozmanitá. Lze získávat například ze slunce, větru, země, vody. Viz obr.č.1



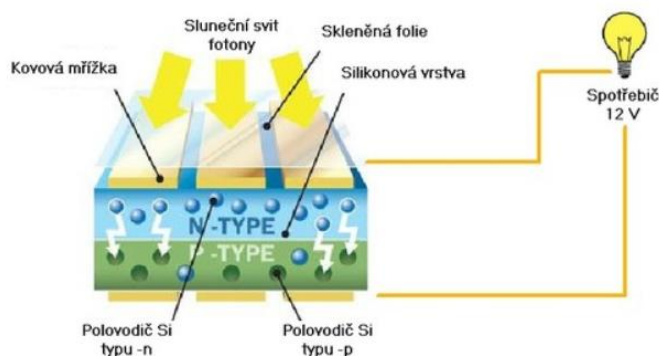
Obrázek 1: Obnovitelné zdroje energie [1]

1.4.1 Energie slunce

Fotovoltaika

Fotovoltaické systémy využívají energii dopadajícího slunečního záření a přetváří ji na elektrickou energii. Je považována za trvale udržitelnou technologii, a to hlavně z důvodu využívání obnovitelné solární energie, a také díky tomu, že energie vložená do výroby fotovoltaických panelů se v České republice standardně vrátí do 2 let. Účinnost těchto systémů se standardně pohybuje mezi 5-18%. [2]

Princip, na jehož základě dochází k výrobě elektrické energie díky slunci, se nazývá **fotovoltaický jev**. V případě, že foton o dostatečné energii dopadá na PN přechod polovodiče, dojde při dopadu k předání energie z fotonů do krystalické mřížky. Díky tomu dojde k uvolnění elektronů z polovodiče typu P a jejich přechodu do vrstvy N. (přechod z valenčního pásu do vodivostního.). Elektrony, které jednosměrně přecházejí z pásma N do pásma P se zde hromadí, díky čemuž vzniká mezi horní a spodní vrstvou elektrické napětí.[3]



Obrázek 2 : Fotovoltaický jev [5]

Jednotlivé polovodičové články jsou spojovány do panelů, kde dochází k výrobě elektrické energie a její následné distribuce do baterií, odkud je dále využívána v budově.

Zásadní je zde návrh plochy, sklonu panelů a kapacity baterií, jelikož dochází k časové nerovnoměrnosti výroby a potřeby elektřiny v průběhu dne i roku.

Fototermika

Fototermické systémy využívají taktéž solární energii, nicméně nedochází zde k výrobě elektrické energie, nýbrž k přímé výrobě tepla, (ohřev vody) která je většinou akumulována v zásobnících a dále využívána v budově. V principu se jedná o ohřev speciální tekutiny v solárních kolektorech proudící v uzavřeném okruhu, která následně předá svojí tepelnou energii pomocí výměníku tepla umístěného v zásobníku teplé vody.

Princip ohřevu vody pomocí slunce se nazývá fototermický jev, kdy je tekutina přímo ohřívána slunečními paprsky v solárních kolektorech. Účinnosti systémů založeném na fototermickém jevu se standardně pohybují mezi 30-40%, což je například ve srovnání s fotovoltaikou využívající fotovoltický jev násobně více. [4]

Je to jeden z nejstarších způsobů využívání energie prostředí. Již v roce 1892 vznikl první patent v oblasti fototermiky, kdy se ve své podstatě jednalo o vodní zásobník, umístěný na střeše a zakrytý sklem. Tento způsob byl však technicky náročný, a proto se postupným vývojem dosáhlo dnešní technologické podoby, kdy se na střechu umísťuje pouze solární kolektor a zásobník teplé vody je umístěn v interiéru. [5]

1.4.2 Energie větru

Zařízení, využívající energie větru pro výrobu mechanické a následně elektrické energie, se nazývají větrné elektrárny. Větrné elektrárny jsou zařízení využívající k výrobě elektrické energie kinetickou energii větru. V podstatě se jedná o sílu proudícího vzduchu, která působí na listy turbíny a je převáděna na rotační (mechanickou) energii. Tato energie je následně převedena na elektrickou energii pomocí generátoru. [6]

Druhů větrných elektráren je v dnešní době nespočet, nicméně dle principu fungování se obvykle rozdělují na odporové a vztlkové. Odporové turbíny jsou starším druhem, který dosahuje nižší účinnosti než turbíny vztlkové. V principu se jedná o využití rozdílu mezi silami působících na lopatky, vlivem rozdílného tvaru lopatek nebo odlišným natočením. Vztlkové turbíny využívají aerodynamických vztlkových sil působících na listy turbíny obtékaným vzduchem.

1.4.3 Energie vody

Zařízení, využívající energii vody na přeměnu elektrické energie, se nazývají vodní elektrárny. V podstatě se jedná o stejný princip, jako získávání energie z větru. V tomto případě je však hybnou silou turbíny voda, nikoliv vítr. Energii lze obecně získat buďto pomocí proudění vody (kinetická energie), nebo využitím vodního tlaku (Potenciální energie).[7]

Získávání energie z vody je jedním z nejstarších způsobů využívání energie prostředí. V minulosti se však nevyužívala na výrobu elektrické energie, ale využívala se naopak její energie mechanická, například pomocí vodních mlýnů a hamrů.

Podmínky pro využívání energie vody jsou v České republice ideální. Je zde velké množství vodních toků a pramení zde několik řek mezi kterými je nejvýznamnější Vltava a Labe. Nutno podotknout, že i když potenciál pro získávání energie z vody je v České republice stále obrovský (více než 50%), jsou nejvýhodnější místa již využívána. [7]

1.4.4 Geotermální energie

Geotermální energie patří také mezi obnovitelné zdroje energie, avšak „nemusí to být vždy pravdou“, jelikož některé zdroje se mohou vyčerpat v horizontu několika desítek let. Vzniká rozpadem radioaktivních látek, popř. působením slapových sil.

Využívá se jak ve formě tepelné energie, tak i pro získávání energie elektrické pomocí geotermálních elektráren. Dostupnost geotermální energie není vždy stejná, je v závislosti na tloušťce zemské kůry. Obecně platí, že roste směrem k zemskému jádru, avšak její silné projevy mohou být viditelné i na povrchu v podobě gejzírů, sopek atp... [8]

1.4.5 Nízkoteplotní energie

V této kategorii jsou zařízení získávající teplo z vody, půdy popř. vzduchu. V přírodě obecně platí, že teplo se šíří ve směru místa s vyšší teplotou do místa s teplotou nižší. Nízkoteplotní zařízení tento proces zdánlivě obrací, kdy dokáží například vytápnout prostor s vyšší teplotou pomocí prostoru s teplotou nižší. Typickým zástupcem je tepelné čerpadlo, které po dodání malého množství elektrické energie dokáže generovat energii tepelnou, například na zajištění vytápění, popř. teplé vody.[9]

Tepelné čerpadlo se v principu skládá ze čtyř základních částí. V exteriéru je umístěn **výparník**, v kterém se vypaří speciální kapalina i při nízkých teplotách. Následná pára jde přes **kompressor** do zóny s vysokým tlakem, kde dochází k jejímu stlačení, tudíž zvýšení teploty.

Následně dojde ke zkondenzování páry na **kondenzátoru**, kterému předá podstatnou část tepelné energie, odkud je teplo odebíráno do budovy. V poslední kroku se kapalina dostává přes **expanzní ventil** zpět do zóny nízkého tlaku, kde dochází opět k jejímu vypaření na výparníku. V případě obrácení tohoto principu, lze tepelné čerpadlo taktéž provozovat v režimu chlazení.

Mezi základní parametry popisující účinnost tepelných čerpadel patří topný faktor (COP – Coefficient of Performance). Tato bezrozměrná veličina nám udává poměr mezi vyrobeným teplem a spotřebovanou elektrickou energií. Pokud budeme mít například tepelné čerpadlo s výkonem 10kw a spotřebou 2kw, vychází zde topný faktor $10/2 = 5$. Důležité je uvědomit si, že topný faktor se mění nejen typem tepelného čerpadla ale i vzhledem k podmínkám, ve kterých je tepelné čerpadlo provozováno. Standardní rozmezí COP se pohybuje v rozmezí 2,5-5 v závislosti na typu tepelného čerpadla, pracovních podmínkách atp.

1.4.6 Energie spalování biopaliv

Biopaliva jsou paliva, vznikající výrobou z biomasy a slouží k následnému spalování. Při spalování se mění, chemickou reakcí, energie vázaná na energii tepelnou, která je následně využívána. Zde je nutné se při návrhu zařízení spalujících biomasu zamyslet hlavně nad dostupností paliva v okolí.

Co se týče zařízení na spalování biomasy, tak se nejedná pouze o moderní kotle s vysokou účinností, ale také o tradiční zařízení, jako jsou například krby a kamna. Nejčastěji se spalování biopaliv využívá na přeměnu tepelné energie pro vytápění, popř přípravu teplé vody, nicméně existují zde i možnosti přeměny na energii elektrickou, popř mechanickou, v podobě například parního stroje. Výroba elektrické energie se pro účely budov téměř nepoužívá, jelikož se v tomto případě jedná o neefektivní způsob. Mnohem zajímavěji se v tomto ohledu jeví kyslíko-vodíkové palivové články. V tomto případě je ale problém skladování vodíku a jeho stále ještě nákladná výroba.[10]

Biopaliv je celá řada a jejich využití závisí, mimo jiné na dostupnosti v dané lokalitě. Jedná se například o dřevo, tradiční zdroj tepla využívaný např v krbech a kamnech, dále slámu, seno až po moderní biopaliva, jakým může být například vodík, dřevoplyn nebo bioplyn, který se vyrábí v bioplynových stanicích.

1.4.7 Kogenerace na principu stirlingova motoru

Stirlingův motor je ve své podstatě pístový motor, pracující na principu rozpínání a stlačování pracovní látky. Skládá se ze dvou pístů a jednoho či dvou válců, kde dochází k zahřátí pracovní látky válci, které způsobí pohyb pístů. Teplo potřebné pro chod motoru může být získáno spalováním, ale taktéž například pomocí solární a geotermální energie. Tepelná energie je pohybem pístů přeměněna na energii mechanickou a následně elektrickou. [11]

1.5 Hospodaření s vodou

U budov, které nejsou napojeny na veřejné kanalizační sítě ani veřejný vodovod, je nutné řešit vhodný koncept a technologie pro získávání pitné vody, plus nakládání s vodou splaškovou, dešťovou a jejich zpětnému využívání.

1.5.1 Pitná voda

Pitná voda se získává z podzemních studen, které se dělí na studny vrtané a šachtové. Při jejich realizaci je nutné splnit řadu právních požadavků a provést odborný geologický průzkum. Dále je potřeba splnit požadavky z normy ČSN 75 5115 jímání pozemní vody, kde se definuje například vzdálenost studny od pozemních komunikací, septiků, kanalizačních přípojek a dalších potenciálních zdrojů znečištění. Dále se dbá na vydatnost pramene, vzdálenost od ostatních studen atp.

Při návrhu je také nutné počítat s umístěním čerpadla a nutnosti dopravit pitnou vodu do objektu. Problémem u soběstačných budov může být například nedostatek elektrické energie pro provoz čerpadla, a tudíž může být zamezen odběr pitné vody. Je proto žádoucí zařídit možnost čerpání pitné vody i jiným, mechanickým způsobem, bez závislosti na elektrické energii.

1.5.2 Dešťové vody

Pro hospodaření s dešťovou vodou, jsou v zásadě dvě základní varianty, a to je její shromažďování v retenční nádrži a následné využívání ve formě užitkové vody, a nebo odvádění ve formě např. vsakování. V dnešní době, kdy klesají hladiny podzemních vod, je akumulace a využívání dešťové vody velice vhodné. Dešťovou vodu lze využívat například na závlahu trávníků, zalévání popř splachování, kdy musí být proveden samostatný rozvod pro WC.

Je dobré podotknout, že dešťová voda, i přes její přirozený koloběh v přírodě, není z hlediska Legislativy pitná a nelze jí tak tudíž využívat.

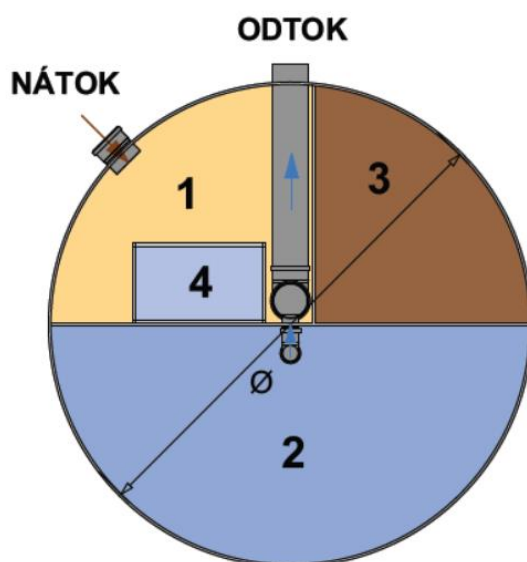
1.5.3 Odpadní vody

Při návrhu hospodaření s odpadní vodou je nutné dodržovat stávající legislativu a zároveň přizpůsobit technologii čištění, následnou akumulaci, popř. odstraňování vyčištěné vody okolním podmínkám. Obecně vzato je odpadní voda vodou, jejíž kvalita byla zhoršena lidskou činností.

Základní způsoby využívané pro samostatné čištění odpadních vod jsou: čistička odpadních vod (dále již jako ČOV), septik, žumpa a kořenová čistička odpadních vod.

ČOV

Domácí čistička odpadních vod funguje v principu stejně, jako velké čističky odpadních vod. Dochází zde ke 3 základním fázím čištění, resp. rozdělení ČOV. V první fázi, je odpadní voda odvedena do přítokové komory, kde dochází k usazení a rozmělnění hrubých nečistot (1). Dále dochází, v samostatné komoře, k čištění vody pomocí mikroorganismů za přístupu vzduchu (2). Díky tomu dochází k aerobnímu čištění, které je efektivnější než pouhé čištění mikroorganismy, jako například v případě septiku. V poslední fázi, dochází k usazování kalů vzniklých při čištění a odvod vyčištěné vody (3), a v některých případech ještě přes pískový filtr (4).



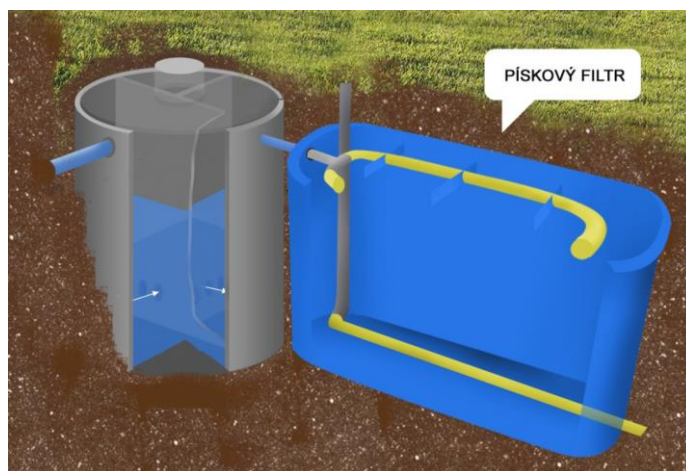
Obrázek 3: Principiální schéma ČOV [12]

V neposlední řadě je při návrhu nutné počítat s tím, že ČOV je dle zákona o vodách č.254/2001 Sb. považována za vodní dílo. Díky tomu, je nutné k návrhu ČOV využít autorizovaného inženýra v oblasti vodohospodářských staveb. [13]

Jednou z největších výhod ČOV je její téměř bezúdržbový provoz a nízké provozní náklady. Dle zkušeností uživatelů a pokynů od výrobců je pouze nutné jednou za půl roku až rok, provést odkalení za pomoci odborné společnosti a vynést koš zachytávající hrubé nečistoty. V případě, že čistička nepracuje dostatečně kvalitně, je vhodné doplnit bakterie a enzymy, a to pouhým spláchnutím připravené směsi do odpadu.

Septik

Princip fungování septiku je ve své podstatě podobný, jako u domácích ČOV. Jedná se zpravidla o tříkomorové předčištění odpadních vod stejně, jako u ČOV. Zásadním a v podstatě jediným rozdílem je při procesu čištění absence vzduchu, dochází tudíž k anaerobnímu čištění. Z tohoto důvodu není přečištění odpadní vody septikem dostatečné a musí se zde navíc zřizovat pískový filtr k dočištění. Při správném návrhu je septik z hlediska čištění téměř stejně účinný, jako domácí ČOV.



Obrázek 4 : Varianta řešení septiku s pískovým filtrem [14]

Septik funguje, například oproti ČOV, bez přísunu el. energie, kterou ke svému provozu nepotřebuje. Hodí se tak třeba pro dočasně obývané a rekreační objekty. Další nespornou „výhodou“ je fakt, že v mnoha místech v České republice není výstavba ČOV schvalována stavebním úřadem pro rekreační objekty. Septik je tudíž další logickou volbou pro kvalitní vyčištění odpadních vod. Jednou z jeho nevýhod je větší zastavěná plocha, jelikož musí být doplněn pískovým filtrem a povinnost dodávat vzorky vyčištěné vody na testování v časovém intervalu, určeném vodoprávním úřadem.

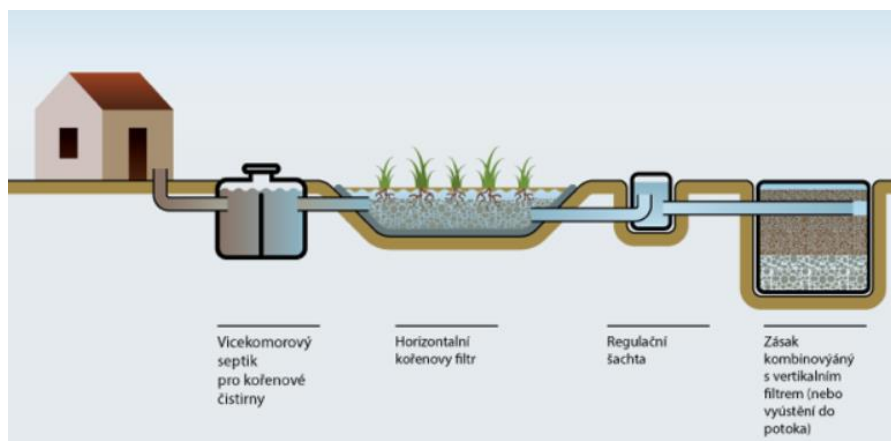
Žumpa

Žumpa není v podstatě nic jiného, než bezodtoková jímka, sloužící k zachytávání a akumulaci odpadních vod. Standardně se dělají v pastovém, popř betonovém provedení přímo na stavbě.

I v dnešní době, kdy je postupně realizace žumpy zatracována odbornou veřejností, se najdou případy, kdy je realizace na pováženou. Jedná se hlavně o případy, kdy je v dané lokalitě například nemožné získat povolení k vypouštění vyčištěných odpadních vod do podzemních vod, popř u objektů, které jsou využívány zřídka. Jejím největší nevýhodou je vysoká provozní cena. Žumpa se totiž musí několikrát ročně, v závislosti na navrženém objemu, vyvážet, z čehož plyne i zajištění přístupu fekálního vozu.

Kořenová čistička odpadních vod

Jedná se v podstatě o přirozený průběh čištění vody, který standardně probíhá v mokřadech, za pomoci kořenového systému rostlin. Splašková voda je v první fázi předčištěna, kdy se jedná především o zachycení hrubých nečistot. Variant pro předčištění je více, nejčastěji se používá jednoduchých sedimentačních septiků popřípadě tzv. štěrkových polí. Takto předčištěná voda následně putuje do jímací nádrže, což je zaizolované jezírko vyplněné pískem s rostlinami. V této nádrži dochází k okysličování vody a jejímu přirozenému bakteriálnímu čištění za pomoci bakterií žijících na kořenech rostlin. Je nutné počítat s tím, že standardně je voda v nádrži zachycená na cca 10 dní, poté je voda připravena k dalšímu využití, jako například zalévání rostlin, splachování wc, popř vsakování přebytečného množství. [15]



Obrázek 5 : Možné schéma kořenové čističky odpadních vod [16]

Návrh kořenových čistíren odpadních vod do en. soběstačných budov je ideálním řešením čištění odpadní vody. Jedná se totiž o systém ekologicky nenáročný, s životností v řádech až desítek let, bez potřeby elektrické energie. Jeho drobnou nevýhodou je velká zastavěná plocha, kdy je potřeba při návrhu uvažovat s plochou 3-5m² na osobu. Tato drobná nevýhoda však může být zároveň výhodou, jelikož podstatnou část tvoří vodní nádrž s kvetoucími rostlinami, což může být bráno, jako prvek působící pozitivně na duševní zdraví a pohodu člověka. Mezi další výhody patří například ekologická nenáročnost, životnost a pozitivní vliv na mikroklima okolí. Nevýhodou tohoto systému, kromě již výše zmíněného nároku na větší zastavěnou plochu, je poněkud vyšší pořizovací cena a vyšší koncentrace hmyzu v okolí nádrže.

1.6 Zkušenosti uživatelů: vliv na komfort a psychiku

Každá budova má významný vliv na psychiku člověka. a to převážně z hlediska komfortu při užívání a architektonickém pojetí budovy. Je nutné tudíž při návrhu neřešit systémy a celkový koncept pouze z hlediska energetického, potažmo ekologického, ale také z hlediska vlivu na komfort, potažmo psychiku uživatelů.

Na rozdíl od systémů využívající napojení na veřejné sítě, je potřeba se o autonomní systémy v průběhu životnosti starat a počítat s variantou jejich nedostatečného výkonu pro zajištění ideálního komfortu. V tomto případě se jeví, jako nejvíce problémová elektrická energie. Současné systémy výroby elektrické energie pro en. nezávislé budovy, jsou převážně solární elektrárny, jejichž nevýhoda je závislost na slunečním svitu a tudíž nerovnoměrná a nepředvídatelná dodávka elektrické energie do budovy. Tato nevýhoda se zcela jistě dá do značné míry suplovat pomocí akumulčních baterií, ale druhá otázka je i pocit bezpečí a jistoty dodávky. Ing. arch. Pavel Fojt, uživatel en. soběstačné budovy k tomu řekl:

„Pokud chcete v ostrovním domě normálně bydlet, tak potřebujete záložní zdroj proudu, který je k dispozici vždy a má dostatečnou kapacitu. Proto si myslím, že centrála, nebo podobný zdroj bude potřeba vždy. Nejenom pro zimní dny bez sluníčka, ale také pokud potřebujete zapnout opravdu velký spotřebič, a navíc pro pocit bezpečí.“ [17,Fojt]

Jako další omezení komfortu, je dle nějakých uživatelů brána i nutnost „péče“ o jednotlivé systémy budovy, jelikož celý proces výroby probíhá v budově, na rozdíl od odběru z veřejných sítí. Mezi to může například v závislosti na zvoleném systému patřit: odklizení sněhu ze střešních solárních panelů, kontrola baterií, hlídání stavu paliva pro vytápění a

výrobu teplé vody, odkalování septiků, používání šetrných mycích prostředků, čištění filtrů ČOV popř jejich výměna a v neposlední řadě taktéž přizpůsobení chování člověka konkrétní budově.

Chování člověka v soběstačné budově je něco, co lze do výpočtů těžko zahrnout a je potřeba tudíž každého obyvatele důsledně seznámit s možnostmi a úskalími systému. V principu se nejedná o žádná významná omezování, jde pouze o to, aby si obyvatelé uvědomovali jistou „zranitelnost“ systému a přizpůsobili tomu své návyky. Mezi tyto návyky (hospodárné chování) může zejména patřit zhasínání, šetření vody, vypínání nepotřebných spotřebičů atp. V neposlední řadě je vhodný výběr úsporných spotřebičů, jako je například televize, LED osvětlení apod.

Pozitivním důsledkem na psychiku člověka může být naopak pocit jaké si nezávislosti na veřejných sítích. Mnoho uživatelů se shoduje, že bydlení v soběstačné budově jim dává určitý pocit jistoty a svobody. Dále to jsou nízké provozní náklady a jaká si obdoba investice do budoucnosti. Pojem investice do budoucnosti je myšleno snížení provozních nákladů a tím zajištění do budoucnosti, například při výpadku příjmu, stárí popř při jiných nepředvídatelných událostech.

Dle výše zmíněného je zřejmé, že soběstačné budovy mají spoustu specifik a kladou na uživatele jisté nároky na hospodárné a inteligentní chování. Nutno podotknout, že v dnešní době jsou technologie, které jsou i u takto zhotovených budov schopné zajistit požadované parametry vnitřního prostředí i pro náročnější osoby a poskytnou jim tak kvalitní vnitřní klima a podmínky k životu.

Je potřeba si uvědomit, že život v soběstačné budově není pro každého, jsou s tím spojené jisté starosti a nutnost hospodárného chování. Na druhou stranu ale majitelé uvádí, že celková energetická potřeba lze snížit i bez vlivu na snížení životního standardu a pohodlí. Pro prostudování dostupných materiálů a rozhovorů s uživateli těchto objektů jsem došel k závěru, že volba života v soběstačné budově je do jisté míry výrazem životního stylu, víry a přizpůsobivosti uživatelů.

1.7 Stávající stavby v ČR a ve světě

V dnešní době se en. soběstačné budovy stávají stále větším trendem, a v některých zemích jsou již ve velkém množství navrhovány budovy, které jdou z pohledu čistě energetického ještě dál, na úroveň aktivních domů, které vyprodukují více energie, než spotřebují a jsou tuto energii například schopné předávat okolním budovám. Tyto budovy sice mnohdy nesplňují obecné předpoklady o soběstačných budovách, jakožto budovách bez nutnosti připojení na veřejné sítě, nicméně je potřeba si uvědomit, že veškeré současné snahy ve stavebnictví cílí na snižování negativního vlivu stavebnictví na naši planetu. Tento předpoklad tyto budovy z celá jistě ve vysoké míře splňují a také využívají stejné technologie, jako energeticky nezávislé budovy. Z tohoto důvodu, budou v této kapitole uvedeny i stavby, které striktně nezapadají do kategorie en. soběstačných, popř. ostrovních budov.

Powerhouse Brattørkaia

Budova je umístěná v centru městečka Trondheim, ležící 500km severně od hlavního města Osla. V současnosti se jedná o nejseverněji umístěnou budovu, která vyprodukuje více energie, než sama spotřebuje a svým tvarem připomíná krystal s dírou uprostřed. Jedná se o poměrně rozlehlou kancelářskou budovu, s užitnou plochou přes 18 000m², nabízející celou řadu zajímavých koncepcí a technologií, na které se podíváme níže. Je zajímavostí, že hlavním konceptem budovy není pouze její energetická efektivita, ale v první řadě důraz na absolutní komfort a nenáročnost užívání bez kompromisů, čehož bylo dle dostupných informací dosaženo, což poukazuje na fakt, že snižování energetické náročnosti budov nemusí být vždy na úkor pohodlí a komfortu.

Elektrická energie budovy je zde zajištěná pomocí solárních kolektorů umístěných na střeše/fasádě budovy. Zde je vidět, jaké byly nastaveny při návrhu priority, jelikož sklon střechy a zkosené fasády jsou ve velké míře přizpůsobeny směru a úhlu dopadajících slunečních paprsků, k zajištění co největší účinnosti panelů. Plocha panelů přesahuje 3 000 m² s roční výrobou přesahující 458 000 kWh. Jen pro představu, například pro Hlavní město Prahu je průměrná roční spotřeba elektrické energie pro domácnost cca 2400 kWh elektrické energie.

Veškeré další instalace jsou přizpůsobeny k co největší energetické efektivitě, kdy se například jedná o inteligentní instalace pro distribuci čerstvého vzduchu, rekuperaci tepla nejen z odpadního vzduchu, ale taktéž je zde získáváno teplo z odpadních šedých vod. Dalším zajímavým konceptem pro snížení potřeby energie, je koncept umělého osvětlení, kdy je zde

využitý princip automatického ztmavování a zesilování světla dle činnosti a pohybu v budově. Toto opatření snižuje energii nutnou pro osvětlení budovy na cca 50%.

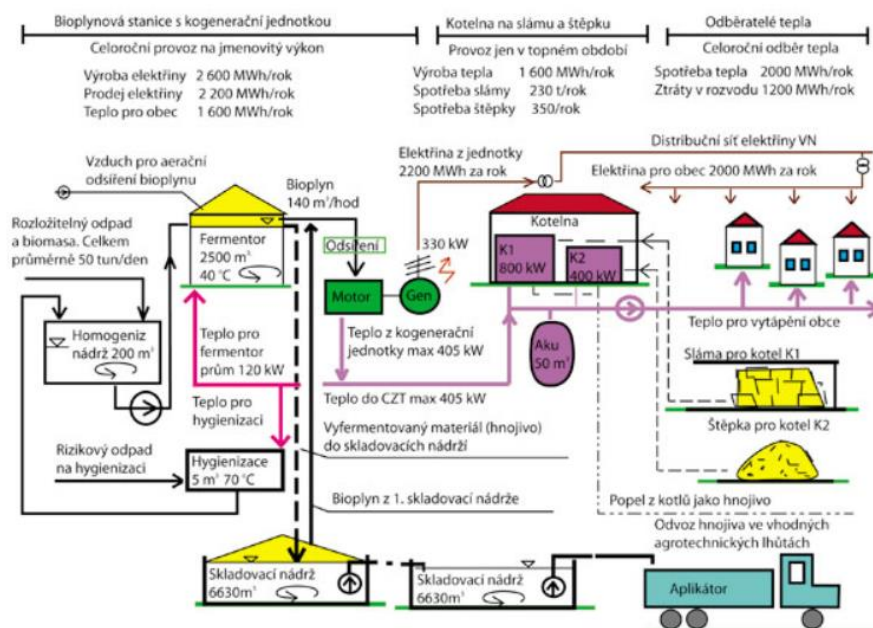
Další zajímavostí je využívání dostupné mořské vody pro systémy vytápění a chlazení. Tyto systémy jsou řešeny čistě pomocí klimatizačních vzduchotechnických jednotek, které zajišťují požadované parametry vnitřního prostředí za pomocí principu zaplavování (vzduch je do místnosti distribuován u podlahy při nízké rychlosti a odváděn do společných sběrných šachet.). V neposlední řadě stojí za zmínku i řešení nosného konstrukčního systému. Ten je proveden z nízkoemisního betonu, který absorbuje teplo a chlad, a tím pomáhá regulovat vnitřní klima bez využití elektrické energie. [18]

Kněžice – energeticky soběstačná obec

Projekt Kněžice dokazuje, že se dá ve smyšlení o energetické soběstačnosti jít mnohem dál, než pouze na úroveň jednotlivých budov. Obec kněžice leží ve středočeském kraji, s počtem okolo 400 stálých obyvatel a byla vyhlášena první energeticky nezávislou obcí v ČR. Tento projekt je velice zajímavý díky způsobu, jakým je zde řešena logistika dodávek energií a celkový koncept.

Primární částí tohoto konceptu je bioplynová stanice s kogenerační jednotkou, která produkuje elektrickou energii a teplo pro obec. Zde je nutno podotknout, že vyrobená elektřina neputuje přímo do odběrných míst v obci, nýbrž je prodávána do elektrizační sítě. Elektrická energie, která je odebírána obyvateli, je od distribuční společnosti ČEZ. Nicméně, i přes to se zde jedná o ekologické řešení, protože bioplynová stanice vyprodukuje více energie, než spotřebují obyvatelé ze sítě. Vedlejším produktem stanice je tzv. tekutý digestát, který vznikne z původního materiálu při tvorbě bioplynu a je dáván zdarma lokálním zemědělcům na hnojení.

Další částí je kotelna na biomasu (sláma, štěpka), která je aktivována pouze v případě, kdy nestačí přebytečné teplo z bioplynové stanice pro vytápění obce s celkovým výkonem 1200 kW. Teplo je do obce vedeno na vzdálenost 6km, což znamená obrovské tepelné ztráty, okolo 40%. Tyto ztráty je však schopna pokrýt bioplynová stanice ze svého přebytečného tepla.



Obrázek 6 : Konceptní schéma soustavy [19]

Jak je výše popsáno, projekt Kněžice je velice zajímavý hlavně z koncepčního hlediska, kdy vhodným způsobem využívá veškeré výhody a produkty bioplynové stanice, je zde využíváno přebytečné teplo, bio odpad a ekologickým způsobem vyráběna elektrická energie a teplo.

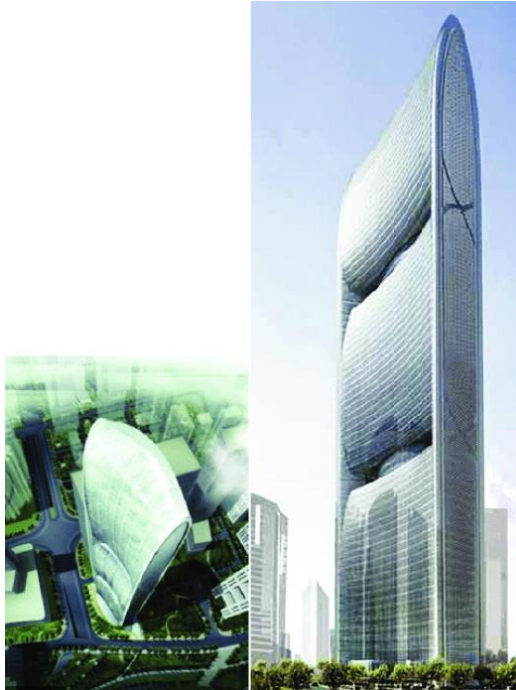
Pearl River Tower

Mrakodrap Pearl River Tower je umístěn v Číně, ve městě Guangzhou. Stavba byla zahájena v roce 2006 a dokončena roku 2011, kdy jeho celková výška činí 309 metrů a má celkem 71 podlaží.[20]

V dnešní době je v převážné většině případů těchto budov fakt, že se dosahuje energetických úspor pouze pomocí přidané hodnoty využitých technologií. Pearl River Tower je v tomto výjimkou Tato budova byla postavena od samého počátku s účelem výroby a úspory energie, což je promítnuté do samotné struktury stavby. Mnoho technologií a prvků využívaných u staveb podobného typu, byly zde sjednoceny a využity, což doposud nemělo obdoby.

Zásadní dominantou stavby jsou 4 větrné turbíny, s neskutečným výkonem 1mil.kWh/a elektrické energie. Samotný interiér budovy, byl svým tvarem a koncepcí uzpůsoben, aby byl vzduch co nejefektivněji vhnán do větrných turbín. Při návrhu se šlo nicméně ještě dál, kdy celý tvar a úhel budovy je přímo optimalizován vzhledem k dráze slunce, čímž se dosahuje vysoké efektivity fotovoltaických panelů, které jsou umístěny na

fasádě. Poměrně zajímavý je i koncept chlazení této budovy. Nejsou zde k tomuto účelu využívány klimatizační jednotky, nýbrž princip sálavého chladícího stropu. Fasáda je zde vytvořena jako dvojitá, se zajímavým systémem „zachytávání“ světla, které budova následně využívá pro výrobu energie.[20]



Obrázek 7 : Peral River Tower [20]

Pearl River Tower je unikátní hlavně využitím velkého množství technologií a jejich kombinací, včetně přizpůsobení celkového tvaru a materiálů budovy, k zajištění minimální energetické náročnosti a produkci CO₂.

2 Rozšířená technická zpráva

2.1 Informace o objektu

Bytový dům (dále již jako BD) Libeř sloužil původně, jako dvou generační rodinný dům. V roce 2019 byl prodán a momentálně je rekonstruován do podoby bytového domu. Cílem tohoto návrhu je zajištění absolutní nezávislosti objektu na veřejných sítích, které nejsou v dané lokalitě dostupné. Prioritou návrhu je taktéž maximální možné snížení energetické náročnosti budovy, a to jak z hlediska spotřeby, tak z hlediska způsobu výroby energií, včetně z cela autonomního hospodaření s vodou.

2.1.1 Umístění objektu

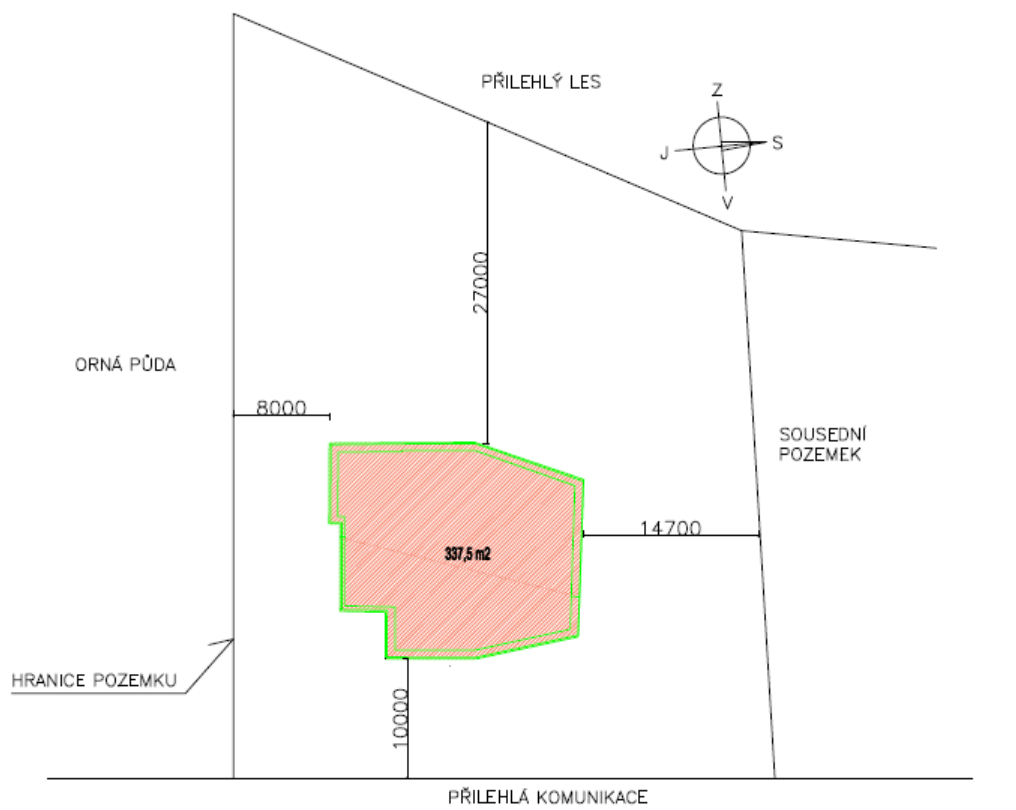
Pozemek se nachází na katastrálním území obce Libeň, nedaleko Libeře u Prahy. Vzdálenost obou obcí je od stavby shodná, a to cca 4km, s dostatečnou občanskou vybaveností pro zajištění základních životních potřeb, jako jsou potraviny, lékárna a v obci Libeř je taktéž mateřská škola a školka. Vzdálenost stavby od hlavního města Prahy je 21km, se zajištěním dopravní infrastruktury v podobě příměstských autobusových spojů do hl.m. Prahy.



Obrázek 8 : Umístění pozemku

BD je umístěn na pozemku umístěném na rozhraní orné půdy a přilehlého lesa, kdy pouze z jedné strany sousedí s přilehlým objektem. Co se týče okolní zástavby, tak je z cela minimální, pouze v podobě RD a v dostatečné vzdálenosti, stejně jako přilehlý les. Sluneční

záření tedy dopadá na objekt v plném rozsahu po téměř celou dobu svitu a lze díky tomu počítat s maximálním využitím solárních zisků v průběhu celého dne.



Obrázek 9: Situace

Příjezd k pozemku je zajištěn zpevněnou účelovou komunikací IV třídy, která vede na silnici II třídy s názvem Jílovská, kde je zajištěna Integrovaná hromadná doprava s přímým spojením do hl.m. Prahy.

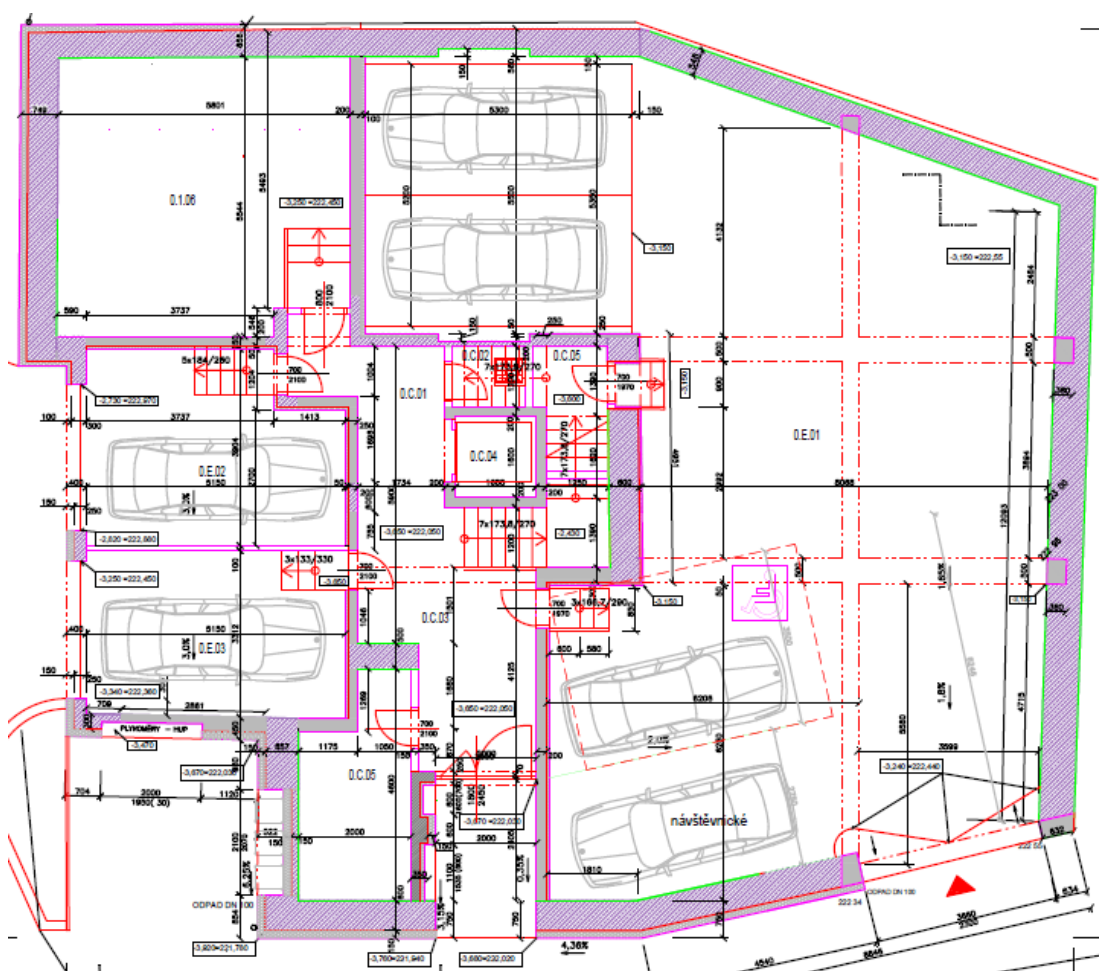
2.1.2 Architektonické a konstrukční řešení

Snaha architektonického řešení je navrhnout stavbu tak, aby co nejvíce zapadala do přirozeného rázu krajiny. Jelikož se při rekonstrukci rozhodlo výrazně nehýbat s konstrukčními prvky stavby, byla tato možnost do značné míry omezená. Výrazných vnějších architektonických změn se budova dočkala pouze změnou barvy fasády na přirozeně béžovou. Celkový dojem stavby nicméně okolní ráz krajiny nenarušuje, což je způsobené hlavně barvou fasády a volbou typu střešní kce.

Budova je navržena s jedním podzemním podlažím. V tomto podlaží jsou převážně společné komunikační prostory, garáže a dále kotelna. Z hlavního vstupu do budovy jsou přes centrální schodiště přístupné byty ve dvou nadzemních patrech a podkroví.

Budova má stávající nosné stěny v 1.PP, 1.NP a částečně 2NP (kamenné a cihelné) a je doplněna nosnými prvky z monolitického železobetonu, vyšší patra mají nosné stěny z cihel POROTHERM. Stropy jsou z monolitického železobetonu. Obvodový plášť je zateplený kontaktním systémem s použitím desek z minerální vlny, s povrchem s omítkou silikonovou. Střecha podkroví má konstrukci z nosných ocelových válcovaných profilů a dřevěného krovu. Tyto nosné prvky budou opatřeny ze strany interiéru sádkartonovým obkladem a tepelnou izolací, s potřebnou požární odolností. Střešní krytina je z keramických pálených tašek. Okna a fasádní dveře dřevěné typu EURO.

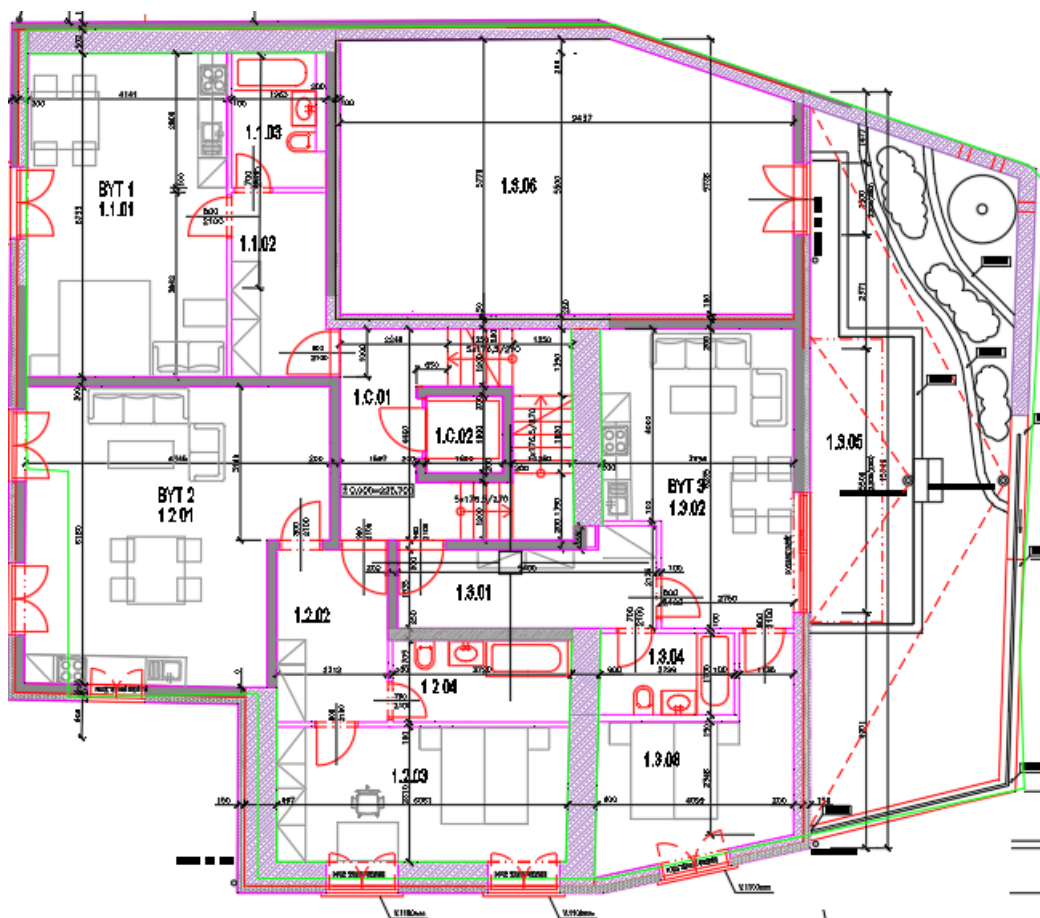
1.PP



Obrázek 10 : Půdorys 1.PP [22]

V tomto podlaží je umístěn vstup do budovy a dále slouží převážně jako komunikační prostor do nadzemních podlaží. Jsou zde umístěny parkovací stání a vstup do hlavního komunikačního prostoru budovy, kterým je schodiště. Dále je zde umístěna kotelna bytového domu (0.1.06).

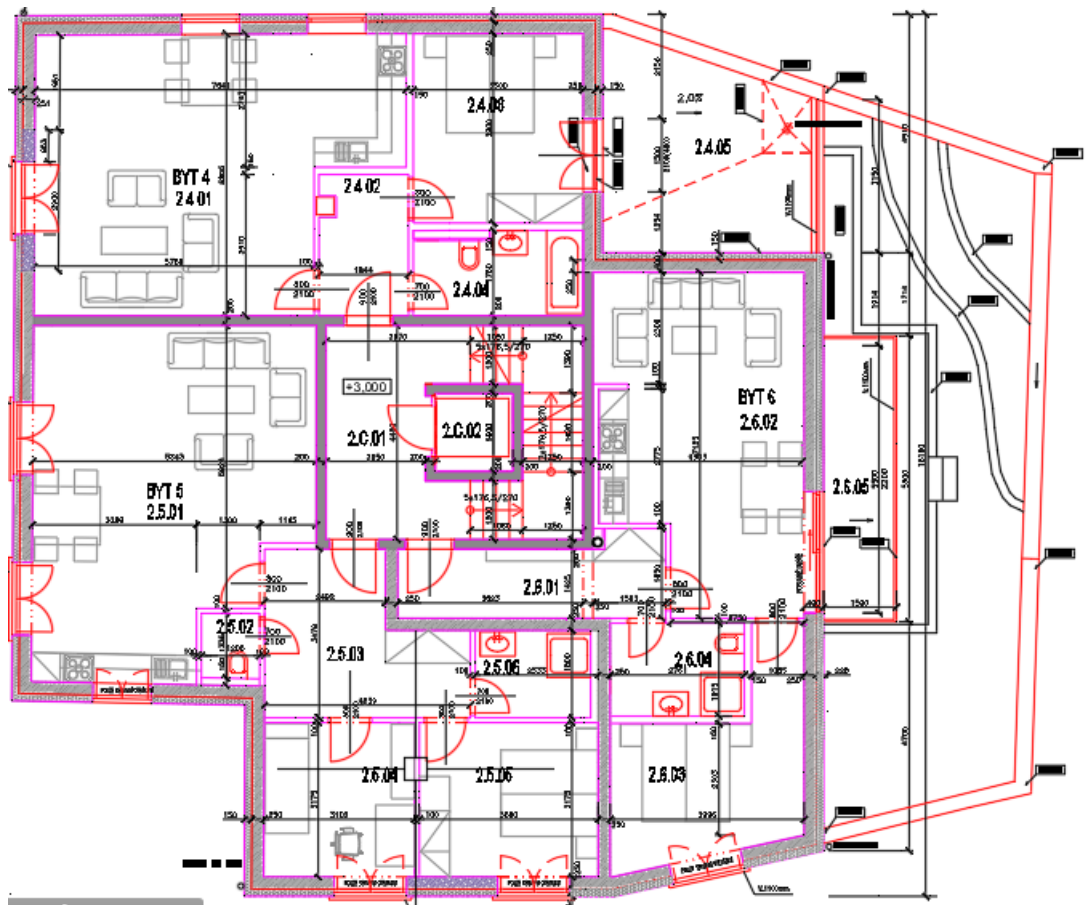
1.NP



Obrázek 11 : Půdorys 1.NP [22]

V tomto podlaží jsou umístěny 3 bytové jednotky se základní vybaveností. Byt číslo 1 je situován jako 1+KK s koupelnou a celkovou plochou 41m². Byt číslo 2 je situován, jako 2+1 s koupelnou a celkovou obytnou plochou 69 m². Třetí byt je situován taktéž, jako 2+1 s celkovou plochou 66m². Je zde také umístěna terasa, se vstupem z obývacího pokoje. Dále je zde umístěn sklad nářadí a zahradních potřeb.

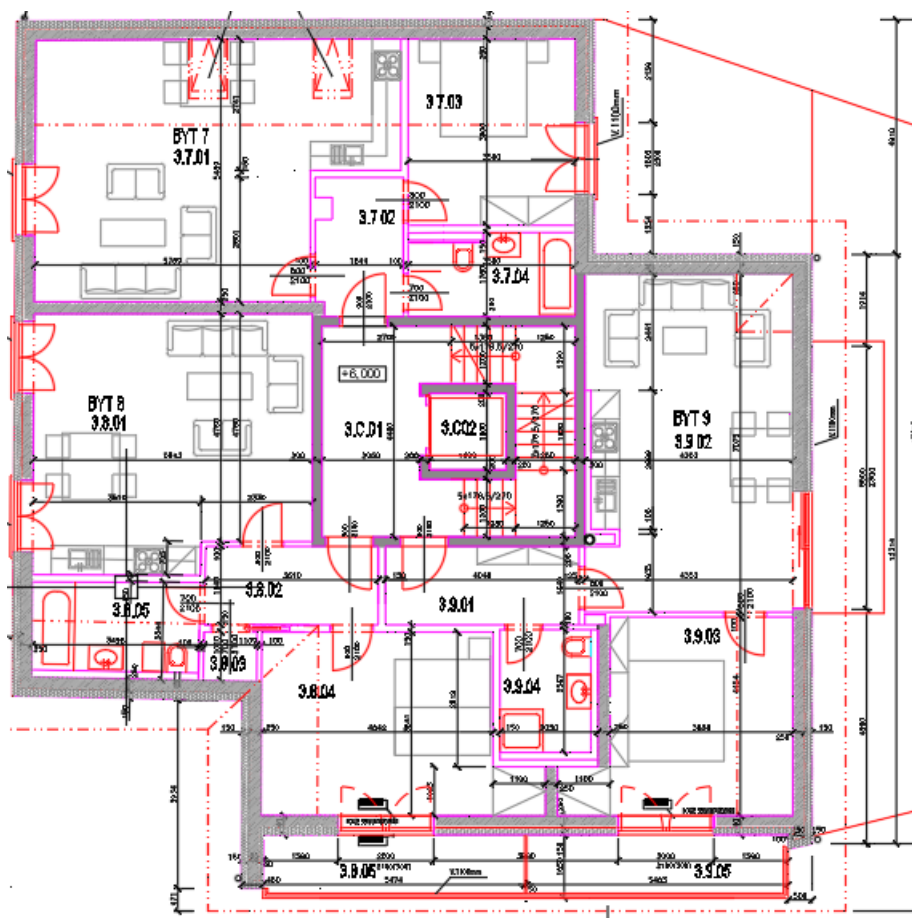
2.NP



Obrázek 12 : Půdorys 2.NP [22]

V tomto podlaží jsou umístěny taktěž 3 bytové jednotky (4-6) se základní vybaveností. Byt číslo 4 je situován, jako 2+KK s koupelnou a celkovou plochou 82m². Je zde také vstup na terasu z obývacího pokoje. Byt číslo 5 je situován, jako 3+1 s koupelnou a celkovou obytnou plochou 78 m². Třetí byt je situován taktěž, jako 2+1 s celkovou plochou 64,5m². Je zde také umístěn balkon, se vstupem z obývacího pokoje.

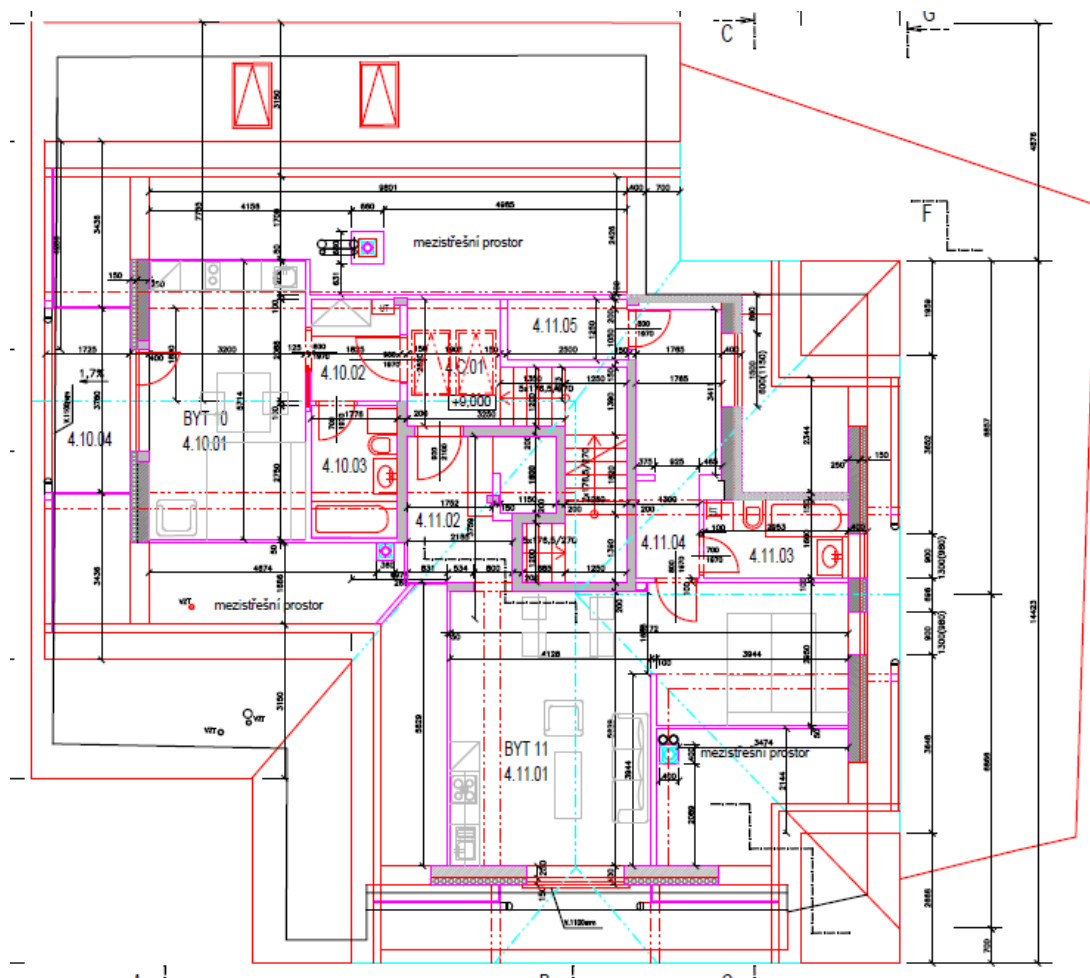
Podkroví



Obrázek 13 : Půdorys podkroví [22]

V podkroví jsou situovány bytové jednotky č. 7-9 se základní vybaveností. Byt číslo 7 je situován, jako 2+KK s celkovou plochou 62m². Další byt, tedy byt číslo 8 je situován taktéž, jako 2+KK s celkovou plochou 72m². Také zde je umístěn vstup do lodžie z obývacího pokoje. Byt číslo 9 je situován, jako 2+KK s celkovou plochou 66m² taktéž s přístupem do lodžie z obývacího pokoje.

Podkroví 2



Obrázek 14 : Půorys podkroví 2 [22]

Na rozdíl od podkroví, je podkroví 2 obytné jen částečně, s mezi střešním prostorem. Jsou zde umístěny bytové jednotky číslo 10 a 11. Byt číslo 10 je situován, jako 1+KK o celkové ploše 36m² a samostatnou ložicí se vstupem z obývacího pokoje. Poslední byt, byt číslo 11 je situován taktéž, jako 1+KK s celkovou plochou 59m².

2.2 Vytápění

Vytápění je důležitou součástí návrhu každého objektu, ať už se jedná o en. soběstačnou budovu, nízko energetickou popř budovu s téměř nulovou spotřebou energie atp. Vhodná volba systému vytápění ovlivní nejenom kvalitativní parametry vnitřního prostředí a komfort, ale také má velký vliv na celkovou „ekonomickou bilanci“ stavby z hlediska užívání. Dalším a důležitým faktorem při volbě systému vytápění, je energetická náročnost zvoleného systému. Jinak řečeno, jakým způsobem zvolený systém zatěžuje životní

prostředí. Důležitým faktorem při volbě systému vytápění, je volba zdroje tepla, jelikož je nepřipustné, aby teplota místností byla dlouhodobě pod hodnotou zajišťující dostatečný minimální komfort (obytné místnosti např. 20°C). Krátkodobý pokles teploty interiéru, například vlivem extrémních vnějších podmínek, kdy teploty v exteriéru padají pod návrhovou vnější teplotu uvažovanou ve výpočtu (např. -15°C) je možný, ale rozhodně nesmí omezit zdraví osob. Zkušenosti ale v tomto hovoří jasně. Správně navržený systém dokáže zajistit komfortní teplotu vnitřního prostředí i při krátkodobém poklesu teploty exteriéru pod výpočtovou úroveň, a to z důvodu určité tepelné akumulace stavby a časové konstantě. Vzhledem k výše popsanému, je vhodné mít k systému vytápění napojený tzv. bivalentní zdroj, který zajistí energetické potřeby při výpadku hlavního zdroje, popř. doplňuje hlavní zdroj při nedostatku výkonu. Nutné je, aby nebyl bivalentní zdroj napájen stejným médiem jako zdroj hlavní.

Koncovým prvkem systému vytápění, určeném ke sdílení tepla v jednotlivých místnostech, budou **desková otopná tělesa**, umístěné tak, aby došlo k efektivnímu sdílení tepla do místností.

2.2.1 Tepelné ztráty objektu

Výpočet tepelných ztrát objektu je zásadní pro návrh výkonu zdroje tepla tak, aby bylo dosaženo požadovaných podmínek vnitřního prostředí z hlediska teploty. Navrhovaný zdroj tepla bude sloužit i pro zajištění teplé vody v objektu, je potřeba tudíž jeho výkon následně navýšit i o tuto hodnotu.

Výpočet součinitelů prostupu tepla

V první fázi je potřeba provést výpočet součinitelů prostupů tepla pro jednotlivé kce, ohraničující zónu vytápěného prostoru. Do této zóny není počítán schodišťový prostor, který je uvažován jako temperovaný. Pro výpočet byl použit výpočtový program : **TEPLO 2014 EDU**. [21]

Ve výpočtu byly zohledňovány pouze konstrukce, které tvoří hranici vytápěného prostoru (Z1) směrem do exteriéru, do schodišťového prostoru (Z2) a následně do suterénu, který není vytápěný.

Problémem výpočtu byla značná „nehomogenita“ obalových kcí. Jelikož byl objekt rekonstruován, je část obalových kcí tvořena původními stěnami z kamene, doplněná o nosné prvky z ŽB a dále cihel POROTHERM (viz kap. 2.1.2). Pro co nejpřesnější výpočet byly

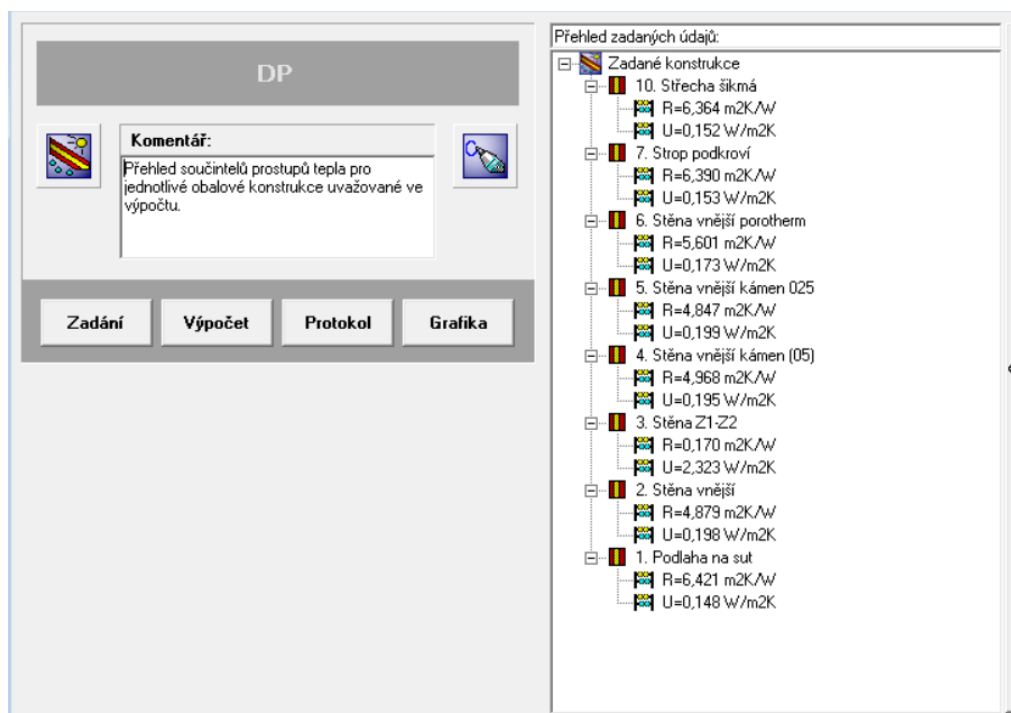
tudíž obalové konstrukce rozděleny na více částí dle skladby s příslušnou plochou. Tyto části byly poté uvažovány dále ve výpočtu. Skladby jednotlivých kcí s vypočteným součinitelem prostupu tepla, jsou vedeny v tabulce č.1

Podlaha na suterénu		
Materiál	tl. [mm]	λ [W/m*K]
Samonivelační stěrka	50	1,53
Železobeton	200	1,43
EPS	200	0,032
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,148	
Stěna vnější ŽB		
Sádrová omítka	5	0,57
Železobeton	200	1,43
EPS	200	0,032
Jádrová omítka	25	0,83
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,198	
Stěna vnější Kámen 0,5		
Jádrová omítka	30	0,83
Čedič	600	2,9
EPS	150	0,032
Jádrová omítka	25	0,83
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,195	
Stěna vnější kámen 0,25		
Jádrová omítka	30	0,83
Čedič	250	2,9
EPS	150	0,032
Jádrová omítka	25	0,83
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,199	
Stěna vnější POROTHERM		
Sádrová omítka	5	0,57
Porotherm	250	0,29
EPS	150	0,032
Jádrová omítka	25	0,83
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,173	
Strop podkroví		
EPS	200	0,032
Železobeton	200	1,43
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,153	
Stěna vnitřní porotherm		
Sádrová omítka	5	0,57
Porotherm	250	0,29
EPS	150	0,032
Jádrová omítka	25	0,83
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,173	
Střecha šikmá		
SDK	25	0,22
EPS	200	0,032
Součinitel prostupu tepla U [W/m2*K]	0,152	

Tabulka 1 : Skladby jednotlivých kcí s vypočteným součinitelem prostupu tepla

Pro výpočet součinitelů prostupů tepla pro jednotlivé skladby kcí, nebyly uvažovány materiály (vrstvy), které mají minimální vliv na výsledný součinitel prostupu tepla. V tabulce

výše jsou tudíž uvedeny pouze zjednodušené skladby jednotlivých kcí. Souhrnný výstup výsledků z programu TEPLO 2014 EDU je uveden na obrázku č.15.



Obrázek 15 : Sumarizace výsledků pro jednotlivé kce [21]

Výplně otvorů:

Do výpočtu byly dále zahrnuty výplně otvorů, jako jsou okna a dveře. Vzhledem k rozlehlým proskleným plochám, díky využití francouzských oken, mají prosklené kce nemalý podíl na celkových tepelných ztrátách objektu.

Okna byla vzhledem k výše zmíněnému zvolena s izolačním trojsklem, aby se dosáhlo co nejnižšího součinitele prostupu tepla a snížil se jejich vliv na celkových tepelných ztrátách.

Okna s izolačním trojsklem	
Součinitel prostupu tepla U [W/m ² *K]	0,75

Tabulka 2 : Součinitel prostupu tepla prosklenými plochami

Dveře vstupující do výpočtu, jsou pouze vstupní dveře do objektu. Garážová vrata jsou umístěná v 1.PP, které je nevytápěné, tudíž do výpočtu nevstupují.

Dveře vstupní	
Součinitel prostupu tepla U [W/m ² *K]	1,5

Tabulka 3 : Součinitel prostupu tepla dveřmi

Výpočet tepelných toků

Vypočtené součinitelé prostupu tepla posloužily v další fázi výpočtu, jako vstup do programu ENERGIE 2019 EDU, kde proběhl výpočet tepelných ztrát objektu, které jsou určující pro potřebný návrh výkonu zdroje tepla. Dalšími parametry, potřebnými pro tento výpočet jsou :

- Vnitřní návrhová teplota ($t_i = 21^\circ\text{C}$)
- Teploty v exteriéru v roce (dle lokality stavby)
- Vnější návrhová teplota ($t_e = -15^\circ\text{C}$)
- Parametry obalových kcí (součinitel prostupu tepla U)
- Geometrie budovy
- Způsob větrání (nucené s rekuperací)
- Vliv tepelných vazeb (5%)
- Obsazenost budovy
- Těsnost obálky budovy

Základní údaje:

Název zóny:


Typ zóny pro stanovení požadavku ČSN 730540-2 na průměrný součinitel prostupu tepla:

Typ zóny pro určení parametrů referenční budovy podle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb.:


Typ hodnocení zóny podle vyhl. MPO ČR č. 78/2013 Sb.:

Návrhová vnitřní teplota pro režim vytápění: C

Návrhová vnitřní teplota pro stanovení $U_{em,R}$ a $U_{em,N}$: C

Obsazenost: m²/os. 

zóna je vytápěna otopnou soustavou s regulací

Geometrie zóny	Tepelná akumulace	Tepelné vazby	Přerušované vytápění	Započítání spotřeb
Celkový obestavěný objem zóny stanovený z vnějších rozměrů:	<input type="text" value="2198,85"/>	m ³		
Objem vzduchu v zóně tvoří z celkového objemu zóny:	<input type="text" value="80,0"/>	% 		
Celková energeticky vztažná plocha zóny (celková podlahová plocha stanovená z vnějších rozměrů):	<input type="text" value="670,0"/>	m ²		
Celková podlahová plocha stanovená z celkových vnitřních rozměrů:	<input type="text" value="570,0"/>	m ²		

Obrázek 16 : Základní údaje zóny

Popis systému větrání a úpravy vzduchu v zóně:

Způsob větrání zóny: **nucené větrání v celé zóně**

Větrání zóny | Ventilátory | Úprava vlhkosti vzduchu

Přirozené větrání:

Minimální (hygienická) intenzita větrání v zóně: **0,5** 1/h

Přirozeně je větráno **90,0** % z celkového objemu zóny

Nucené větrání:

Průměrný tok čerstvého vzduchu priváděného do zóny: **490,0** ... a průměrný tok vzduchu odváděného ze zóny: **490,0** m³/h

Procento čas. úseku s nuceným větráním: **100,0** % Min. intenzita větrání při vypnutém nuceném větrání: **0,5** 1/h

Účinnost zpětného získávání tepla: **80,0** %

Počáteční teplota vzduchu

Obrázek 17 : Větrání a úpravy vzduchu

V další fázi výpočtu byly zadány parametry jednotlivých kcí, oken a dveří ohraničující vytápěnou zónu, jako je plocha, součinitel prostupu tepla, činitel teplotní redukce atp. Na obrázku níže je příklad zadání pro vnější železobetonovou stěnu.

Rovinné stavební konstrukce | Lineární tepelné vazby | Bodové tepelné mosty

Označení skupiny konstrukcí: | sada konstrukcí

1. konstr. | 2. konstr. | 3. konstr. | 4. konstr. | 5. konstr. | 6. konstr. | 7. konstr. | 8. konstr. | 9. konstr. | 10. konstr.

1 **zahrnout konstrukci do výpočtu** Přidat komentář

Označení konstrukce: **stěna vnější ŽB** Zařadit v tabulkách do kategorie: **stěna vnější ŽB**

Orientace konstrukce: **neznámá** Okna v konstrukci: Upravit seznam oken v konstrukci

Způsob zadání plochy: **hrubá plocha a výplně otvorů (dynamická vazba)**

Čistá plocha: **60,75** m² Hrubá plocha: **60,75** m²

Celková šířka: **60,75** m Celková výška/délka: **1,00** m

Součinitel prostupu tepla konstrukce: **0,198** W/(m²K) Činitel teplotní redukce: **1,00** **jedná se o měněnou konstrukci**

Typ konstrukce: **stěna vnější těžká** Požadovaná hodnota U_{N,20}: **0,30** W/(m²K)

Požadovaná a doporučená hodnota U_{q,U,rc} podle ČSN 730540-2 pro konkrétní podmínky: **0,30** / **0,25** W/(m²K)

Pohlitost slunečního záření vnějšího povrchu: **0,60**

Sklon konstrukce: **90,0** stupňů

konstrukce je stíněna pevnými překážkami

Markýza | Levá stěna | Pravá stěna | Okolní zástavba | Činitele

Korekční činitel stínění jinými budovami: **1,00**

Korekční činitel stínění ořešivacími vodorovnými

Formuláře:

1 sada konstrukcí

Formulář č. 1

Blok 1- 1

Konstrukce na aktuálním formuláři:

- 1 stěna vnější ŽB
- 2 Stěna vnější kámen t
- 3 Stěna vnější kámen t
- 4 Stěna vnější POROT
- 5 Stěna vnitřní POROT
- 6 stěna vnitřní??
- 7 Stěna sklná
- 8 střešní podkrovní (str
- 9 Dveře

Obrázek 18 : Příklad zadání jednotlivých konstrukcí - ŽB vnější stěna

Po zadání potřebných parametrů byla provedena simulace (výpočet), pro vyhodnocení parametrů obálky budovy, energetické potřeby pro zajištění vytápění a celkové tepelné ztráty objektu. Zároveň byly zadány i parametry pro přípravu teplé vody, které budou popsány až v následující kapitole 2.3.

Výstupy z programu ENERGIE EDU 2019

Charakteristika budovy

Objem budovy V - vnější objem vytápěné zóny budovy, nezahrnuje lodžie, římsy, atiky a základy	2198,9 m ³
Celková plocha A - součet vnějších ploch ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy	968,7 m ²
Objemový faktor tvaru budovy A / V	0,44 m ² /m ³
Typ budovy	ostatní
Převažující vnitřní teplota v otopném období θ_{im}	21,0 °C
Venkovní návrhová teplota v zimním období θ_e	-15,0 °C

Obrázek 19 : Charakteristika budovy

Na obrázku 19. jsou uvedeny základní charakteristiky budovy z hlediska geometrie a dále návrhové teploty uvažované ve výpočtu, pro zjištění tepelných toků. Vnitřní návrhová teplota byla zvolena bezpečných 21°C, nikoli doporučených 20°C a to z důvodu častého přetápění prostorů uživateli. Vnější návrhová teplota, uvažovaná pro výpočet orientační tepelné ztráty budovy při návrhových hodnotách, byla vzhledem k přihlednutí na lokalitu stavby zvolena -15°C.

Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Měrná ztráta prostupem tepla H_T	W/K	275,9
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$	W/(m²·K)	0,28
Požadavek ČSN 730540-2 byl stanoven: na základě hodnoty $U_{em,N,20}$ a působících teplot		
Výchozí požadavek na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 pro rozmezí θ_{im} od 18 do 22 °C $U_{em,N,20}$	W/(m ² ·K)	0,44
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$	W/(m ² ·K)	0,33
Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$	W/(m²·K)	0,44

Požadavek na stavebně energetickou vlastnost budovy je splněn.

Obrázek 20 : Stanovení prostupu tepla obálky budovy

Na obrázku 20. je zásadní hodnota průměrného součinitele prostupu tepla (U_{em}), z hlediska stavebně energetických vlastností.

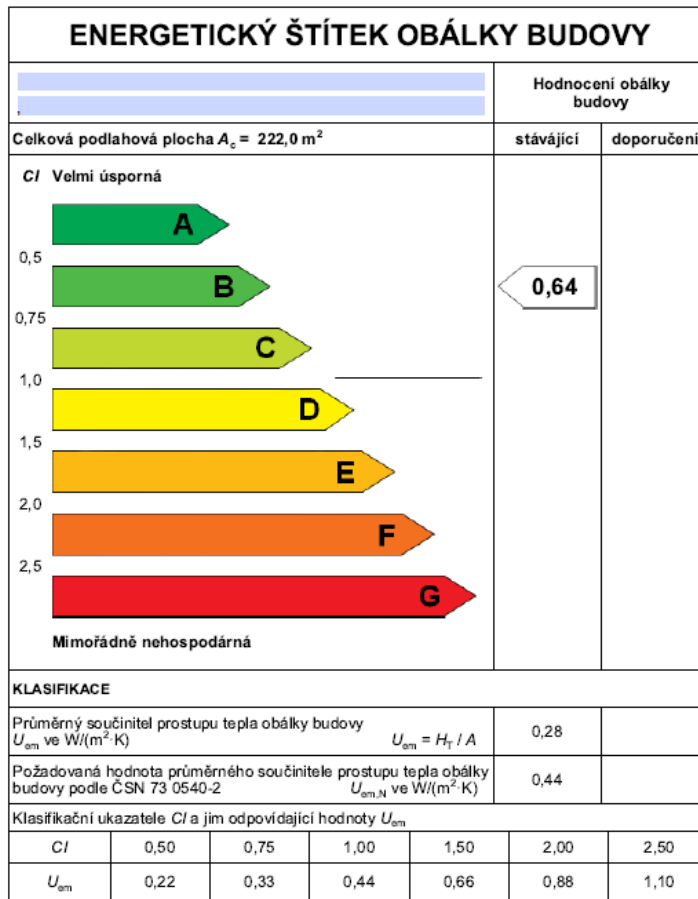
Klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocené budovy

Hranice klasifikačních tříd	Veličina	Jednotka	Hodnota
A - B	$0,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,22
B - C	$0,75 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,33
C - D	$U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,44
D - E	$1,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,66
E - F	$2,0 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	0,88
F - G	$2,5 \cdot U_{em,N}$	W/(m ² ·K)	1,10

Klasifikace: B - úsporná

Obrázek 21 : Klasifikační třídy obálky - B úsporná

$U_{em} = \mathbf{0,28 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}}$



Obrázek 22 : Energetický štítek obálky budovy

2.2.2 Vyhodnocení

Pro přehlednost byla sestavená pouze přehledná tabulka, se zásadními parametry tepelných toků v budově, z hlediska vytápění. Podrobný výpočet (protokol) z programu ENERGIE EDU 2019 je uveden v příloze č.1.

Parametr	Hodnota	Jednotka
Vnitřní návrhová teplota	21	°C
Vnější návrhová teplota	-15	°C
Výsledný měrný tepelný tok H	275,9	W/K
Tepená ztráta budovy ($t_e = -15^\circ\text{C}$)	12,93	KW
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy	36	kWh/(m ² /a)
Celková roční potřeba tepla na vytápění	86,611	GJ
Potřebný výkon zdroje pro vytápění	12,93	KW

Tabulka 4 : Přehledná tabulka základních parametrů vytápění

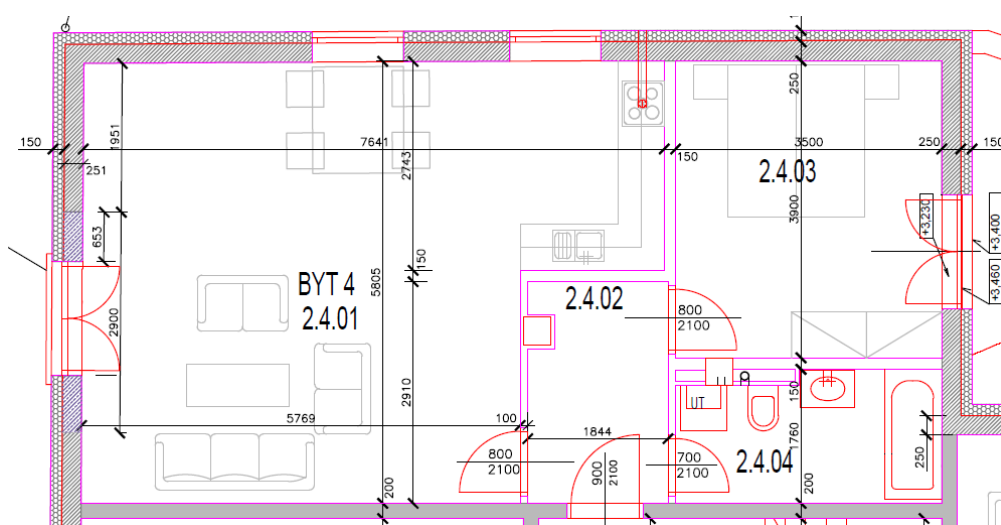
Potřebný výkon zdroje pro pokrytí ztrát objektu, se uvažuje pro situaci, kdy bude teplota exteriéru rovna vnější návrhové teplotě. Vzhledem k tomu, že uvažovaný zdroj bude

zajišťovat i ohřev teplé vody v objektu, je nutné provést navýšení výkonu zdroje o výkon potřebný k ohřátí teplé vody, viz. kap. 2.3.

2.2.3 Koncepce a návrh otopných těles

Jak je již výše zmíněno, veškeré tepelné ztráty budovy budou hrazeny pomocí deskových otopných těles, podlahové konvektory nejsou, vzhledem k nedostatečné tloušťce podlahy, uvažovány.

Návrh výkonů jednotlivých otopných těles, bude demonstrativně proveden na typické bytové jednotce v 2.NP – byt č.4.



Obrázek 23 : Půdorys bytové jednotky č.4

Výpočet tepelných ztrát byl proveden dle ČSN EN 12831. Ve výpočtu není uveden strop a podlaha, jelikož nad i pod bytovou jednotkou je po celé ploše taktéž vytápěný prostor (další bytová jednotka) a tepelné ztráty v těchto směrech jsou tudíž nulové. Výpočty tepelných ztrát pro jednotlivé místnosti jsou uvedeny na obrázku č.24-26.

Vnitřní návrhová teplota v obytných místnostech je uvažována dle ČSN 060210 a to 21 °C (navýšení o 1°C z důvodu častého přetápění prostorů uživateli). Koupelna a WC 24 °C, v temperovaných předsíních je uvažována návrhová teplota 15°C. (viz tab.4) a schodišťový prostor 9 °C. Vnější návrhová teplota je, dle lokality stavby, uvažována -15 °C.

Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831 - Obývací pokoj (2.4.01)															
podlaží	Označení a popis kce	Plocha stěny					Součinitel prostupu tepla kci (vč tep. Mostů a vazeb)	Číselník teplot. Redukce	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	K	Návrhová tep. Ztráta prostupem tepla	Celková tep.ztráta	
		délka	šířka či výška	plocha	počet otvorů	plocha otvorů									plocha bez otvorů
	SO-ochlazená stěna	6,10	2,70	16,47	1	3,45	13,02	0,173	1,000	2,252	21	-15			
	OD-ochlazené okno	8,10	2,70	21,87	2	3,36	18,51	0,173	1,000	3,202	21	-15			
	DO-ochlazené dveře	5,80	2,70	15,66			15,66	0,4	0,000	0,000	21	21			
	SN-vnitřní stěna	3,06	2,70	8,26	1	1,68	6,58	0,5	0,167	0,549	21	15			
	DN-vnitřní dveře	1,85	2,70	5,00			5,00	0,5	0,167	0,416	21	15			
	PDL-podlaha	2,75	2,70	7,43			7,43	0,5	0,000	0,000	21	21			
	STR-strop	6,81	1,00	6,81			6,81	0,75	1,000	5,108	21	-15			
	SCH - střecha	1,68	1,00	1,68			1,68	1,5	0,167	0,420	21	15			
	$H_t =$										ti	te	$\Phi_t =$	430,09	
	výměna vzduchu ve vyt. Prostoru	$V_t = V_m \cdot n$		=	52,47	m ³ /h	Účinnost rekuperace	11,947		21	-15				
	požadovaná výměna vzduchu	n		=	0,5	1/h	Měrná tep.kap.vzduchu	C_p		=	1010	Wh/kgK			
	objem vzduchu v místnosti	V_m		=	104,9	m ³	Hustota vzduchu	ρ		=	1,2	kg/m ³			
	světelná výška v místnosti	v		=	2,7	m		$H_t =$		$V_t \cdot C_p \cdot \rho \cdot q =$	17,664	W/K			
	$\Phi_e = H_t \cdot (\Phi_i - \Phi_e) =$											127,18	557,27		

Obrázek 24 : Výpočet tepelných ztrát pro obývací pokoj

Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831 - Ložnice (2.4.03)															
podlaží	Označení a popis kce	Plocha stěny					Součinitel prostupu tepla kci (vč tep. Mostů a vazeb)	Číselník teplot. Redukce	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	K	Návrhová tep. Ztráta prostupem tepla	Celková tep.ztráta	
		délka	šířka či výška	plocha	počet otvorů	plocha otvorů									plocha bez otvorů
	SO-ochlazená stěna	3,75	2,70	10,13			10,13	0,173	1,000	1,752	21	-15			
	OD-ochlazené okno	3,90	2,70	10,53	1	3,15	7,38	0,173	1,000	1,277	21	-15			
	DO-ochlazené dveře	3,50	2,70	9,45			9,45	0,5	-0,083	-0,394	21	24			
	SN-vnitřní stěna	3,90	2,70	10,53	1	1,68	8,85	0,5	0,000	0,000	21	21			
	DN-vnitřní dveře	1,68	1,00	1,68	1	1,68	0,00	1,5	0,167	0,420	21	15			
	PDL-podlaha	3,15	1,00	3,15	1	3,15	0,00	0,75	1,000	2,363	21	-15			
	STR-strop														
	SCH - střecha														
	$H_t =$										ti	te	$\Phi_t =$	195,02	
	výměna vzduchu ve vyt. Prostoru	$V_t = V_m \cdot n$		=	18,43	m ³ /h	Účinnost rekuperace	5,417		21	-15				
	požadovaná výměna vzduchu	n		=	0,5	1/h	Měrná tep.kap.vzduchu	C_p		=	1010	Wh/kgK			
	objem vzduchu v místnosti	V_m		=	36,86	m ³	Hustota vzduchu	ρ		=	1,2	kg/m ³			
	světelná výška v místnosti	v		=	2,7	m		$H_t =$		$V_t \cdot C_p \cdot \rho \cdot q =$	6,2039	W/K			
	$\Phi_e = H_t \cdot (\Phi_i - \Phi_e) =$											44,668	240		

Obrázek 25 : Výpočet tepelných ztrát pro Ložnici

Tabulka pro výpočet tepelné ztráty dle ČSN EN 12831 - Koupelna (2.4.04)															
podlaží	Označení a popis kce	Plocha stěny					Součinitel prostupu tepla kci (vč tep. Mostů a vazeb)	Číselník teplot. Redukce	Součinitel tepelné ztráty prostupem	vnitřní výpočtová teplota	vnější výpočtová teplota	K	Návrhová tep. Ztráta prostupem tepla	Celková tep.ztráta	
		délka	šířka či výška	plocha	počet otvorů	plocha otvorů									plocha bez otvorů
	SO-ochlazená stěna	0,80	2,70	2,16			2,16	0,173	1,000	0,374	24	-15			
	OD-ochlazené okno	3,50	2,70	9,45			9,45	1,9	0,385	6,906	24	9			
	DO-ochlazené dveře	3,50	2,70	9,45			9,45	0,5	0,077	0,363	24	21			
	SN-vnitřní stěna	0,96	2,70	2,59			2,59	0,173	0,077	0,034	24	21			
	DN-vnitřní stěna	1,76	2,70	4,75	1	1,47	3,28	0,5	0,231	0,379	24	15			
	PDL-podlaha	1,47	1,00	1,47			1,47	1,5	0,231	0,509	24	15			
	STR-strop														
	SCH - střecha														
	$H_t =$										ti	te	$\Phi_t =$	334,03	
	výměna vzduchu ve vyt. Prostoru	$V_t = V_m \cdot n$		=	21,43	m ³ /h	Účinnost rekuperace	8,565		24	-15				
	požadovaná výměna vzduchu	n		=	1,5	1/h	Měrná tep.kap.vzduchu	C_p		=	1010	Wh/kgK			
	objem vzduchu v místnosti	V_m		=	14,29	m ³	Hustota vzduchu	ρ		=	1,2	kg/m ³			
	světelná výška v místnosti	v		=	2,7	m		$H_t =$		$V_t \cdot C_p \cdot \rho \cdot q =$	7,2143	W/K			
	$\Phi_e = H_t \cdot (\Phi_i - \Phi_e) =$											56,271	390,3		

Obrázek 26 : Výpočet tepelných ztrát pro koupelnu s WC

Pozn. Součinitel tepel ztráty prostupem v ložnici, vyšel v případě vnitřní stěny s plochou 9,45m² v záporných hodnotách. Je tomu tak, jelikož sousedící místnosti je koupelna

s WC, kde je vnitřní návrhová teplota 24°C a lze tudíž touto stěnou, z pohledu ložnice, očekávat tepelné zisky místo ztrát.

V další fázi je nutné navrhnout konkrétní typ a rozměry deskových topných těles, s výkonem min. na úrovni tepelné ztráty místnosti. Zde je nutné uvědomit si, že výkony jednotlivých otopných těles jsou od různých výrobců počítány na různé teplotní spády otopné vody. Otopné těleso s výkonem např 500 W při teplotním spádu 75/60, bude mít při spádu např 55/45 výrazně nižší výkon. Je tedy nutné přepočítat výkon vybraných otopných těles dle zvoleného teplotního spádu, který v BD Libeň činní 55/45 a dále vzhledem k vnitřní návrhové teplotě.

Byly vybrány otopná tělesa RADIK KLASIK od společnosti KORADO a zároveň byl jejich výkon přepočítán dle navrženého teplotního spádu a vnitřní návrhové teploty. Viz. obr. 27.

Ukázka návrhu bude prezentována na obývacím pokoji s tepelnou ztrátou 557 W.

Obrázek 27 : Přepočet tepelného výkonu otopných těles [36]

Dle zadaných parametrů došlo k přepočítání tabulky konkrétního typu otopného tělesa, vzhledem k jeho tloušťce a rozměrům. Požadovaný výkon otopných těles je pro obývací pokoj 557 W. Z tabulky 28 byl vybrán rozměr a výkon konkrétního otopného tělesa.

Délka [mm]	Typ 10						Typ 11					
	Výška [mm]						Výška [mm]					
	300	400	500	600	700	900	300	400	500	600	700	900
400			101	120	137	172	107	138	168	196	223	272
500	80	103	126	149	171	215	134	173	210	245	279	339
600	96	124	151	179	205	257	161	208	252	294	334	407
700			177	209	240	301	188	242	294	343	390	475
800			202	239	274	343	214	277	336	393	445	543
900			227	269	308	386	241	311	378	442	501	611
1000			252	298	342	429	268	346	420	491	557	679
1100			277	328	376	472	295	381	462	540	612	747

Obrázek 28 : Návrh konkrétních rozměrů otopného tělesa [36]

Návrh: **2x Deskové otopné těleso Radik klasik typ 10, 1000x600x47mm, 2x298W.**

Vysvětlení značení otopných těles

Deskové otopné těleso Radik klasik typ 10 – Název dle výrobce (konkrétní typ)

1000 x 600 x 47 – D x V x Š

2x298W – počet otopných těles v místnosti x výkon jednoho prvku.

Stejným způsobem bylo postupováno u ostatních místností bytové jednotky. V koupelně je navrženo trubkové otopné těleso, nikoliv deskové. Souhrnné výsledky jsou uvedeny v tabulce č.5

Místnost	Typ	Rozměry [mm]	Výkon [W]	Počet [ks]	Požad. Výkon[W]	Celk. instalovaný výkon [W]
Ob. Pokoj	Radik klasik typ 10	1000x600x47	298	2	557	596
Ložnice	Radik klasik typ 10	1000x600x47	298	1	240	298
Koupelna	Koralux linear MAX	600x1495x30	396	1	390	396

Tabulka 5 : Přehled navržených otopných těles pro byt č.4

Koncepční schémata vytápění s umístěním jednotlivých prvků jsou uvedeny v přílohách :

- Koncepční schéma vytápění 1.PP
- Koncepční schéma vytápění 1.NP
- Koncepční schéma vytápění 2.NP
- Koncepční schéma vytápění Podkroví
- Koncepční schéma vytápění Podkroví 2

2.3 Teplá voda

Návrh vychází dle ČSN 06 0320, kde se uvažuje získání potřebného množství teplé vody za periodu (standardně za 24h), jako součet tří základních objemů vody dle využití :

$$V2P= V_o+V_i+V_u$$

V_o Objem potřebný na mytí osob

V_j Objem potřebná na mytí nádobí

V_u Objem potřebný na mytí podlahy + úklid

Pro stanovení výše uvedených objemů uvádí norma matematické vztahy a tabulkové hodnoty. Zde je nutné podotknout, že vzhledem k zastaralosti normy je přesnější využít pro

stanovení potřeby teplé vody, nejnovější data o měření této potřeby v obytných a rodinných domech. Z nejnovějších měření tudíž vyplývá, že současná potřeba teplé vody pro rodinné a bytové domy činí 0,030-0,045 m³/den. [24]

Vzhledem k tomu, že v každé bytové jednotce, je umístěna pouze vana se směšovací baterií, dřez a umyvadlo, byla při výpočtu uvažována potřeba teplé vody: 0,035m³/den*osoba.[25]

Výše zmíněná potřeba teplé vody, spolu s dalšími nutnými vstupními parametry, byla použita např.pro výpočet energetických potřeb na přípravu teplé vody a byla uvažována dále ve výpočtech.

2.3.1 Výpočet tepelné energie potřebné pro teplou vodu za den

Výpočet vychází z ČSN 06 0320, kde se množství tepelné energie odebrané z ohřívače za jednu periodu (den) určí ze vztahu.

$$Q_{2p} = (1 + z) * \frac{V_{2p} * \rho * c * (t_2 - t_1)}{3600 * 1000},$$

Obrázek 29 : Vztah pro výpočet tepelné energie [25]

Kde [25] :

Q_{2p} Tepelná energie odebraná z ohřívače za 24h [kWh/den]

z Poměrná tepelná ztráta při ohřevu a distribuci (0,5)

V_{2P} Celková potřeba teplé vody [m³/den]

ρ Hustota vody při střední teplotě v zásobníku [kg/m³]

c Měrná tepelná kapacita vody [J/kg*K]

t₁ Teplota studené vody (10°C)

t₂ Teplota teplé vody (55 °C)

$$Q_{2p} = (1 + 0,5) * \frac{0,6545 * 997 * 4180 * (55 - 10)}{3600 * 1000}$$

$$Q_{2p} = 51,143 \text{ kWh/den (67,2 GJ /rok)}$$

$$Q_{2p} = 2,131 \text{ kW.}$$

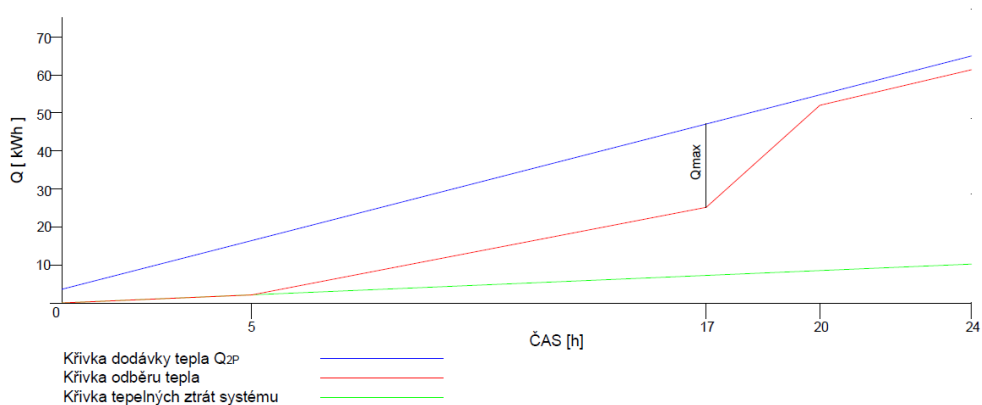
2.3.2 Návrh potřebných parametrů pro přípravu teplé vody

V této fázi je potřeba si uvědomit, že výkon zdroje pro přípravu TUV není roven výkonu, vypočítaném z tepelné energie odebrané u ohřívače. Při návrhu TUV se vychází z tabulky vyjadřující časový rozbor odběru. Dále je potřeba navrhnout zásobník, který nám bude sloužit v případě, kdy výkon zdroje nebude vzhledem k časové křivce dostatečný pro ohřev teplé vody.

Časový rozbor odběru dle ČSN 06 0320 [25]

- od 5 do 17h = 35% z celkového množství TV (**17,91 kWh**)
- od 17 do 20h = 50% z celkového množství TV (**25,57 kWh**)
- od 20 do 24h = 15% z celkového množství TV (**7,67 kWh**)

Následuje sestavení Odběrového diagramu pro zvolený objekt:



Graf 1 : Křivky dodávek a odběru tepla [25]

Předpoklad : $Q_{2p} = 2,131 \text{ kW} + 0,47 \text{ kW}$ na ztráty systému.(20%)

$Q_{2p} = 2,6 \text{ kW}$

Jak je z grafu 1 patrné, výkonová křivka odběru tepla má v době mezi 17-20h strmější průběh než výkonová křivka ohřívače, což napovídá, že výkon ohřívače není dostatečný pro pokrytí okamžité potřeby teplé vody v objektu. Z toho důvodu je nutné navrhnout zásobník, který nám pomůže překlenout tyto zvýšené odběry teplé vody během dne.

Výpočet potřebného zásobníku teplé vody

V této fázi je nutné navrhnout objem zásobníku teplé vody tak, aby při předpokládaném stálém příkonu ohřívače 2,6 kW, byla zajištěna potřeba teplé vody v průběhu celého dne. Výpočet se provede dle vzorce:

$$V_{tv} = \frac{\Delta Q_{max}}{\rho * c * (t_2 - t_1)} * 3600 * 1000$$

Kde:

- ΔQ_{MAX} Maximální rozdíl mezi křivkou odběru a dodávky tepla [kWh] – 21,9kWh (viz. graf 1)
- V_{TV} Objem zásobníku teplé vody [m³/den]
- ρ Hustota vody při střední teplotě v zásobníku [kg/m³]
- c Měrná tepelná kapacita vody [J/kg*K]
- t_1 Teplota studené vody (10°C)
- t_2 Teplota teplé vody (55 °C)

$$V_{tv} = \frac{21,9}{997 * 4180 * (55 - 10)} * 3600 * 1000$$

$$V_{TV} = 0,42 \text{ m}^3 = \underline{\underline{420 \text{ L}}}$$

Vzhledem k obvyklým objemovým řadám výrobců, je zvolen objem zásobníku teplé vody 500 L. [25]

2.3.3 Vyhodnocení

Z uvedených výpočtů v kap. 2.3.2 vychází, že při výkonu 2,6kW, bude pro pokrytí potřeb teplé vody v průběhu dne, stačit zásobník o celkové kapacitě 420, který bude vzhledem k objemovým řadám výrobců stanoven na 500 L.

Přehled základních parametrů prvků pro přípravu teplé vody je uveden v tabulce níže.

Parametr	Hodnota	Jednotka
Potřebný výkon zdroje pro teplou vodu	2,6	kW
Navržený objem zásobníku	500	L

Tabulka 6 : Přehled základních parametrů TV

2.4 Zdroj tepla a teplé vody

V RD Libeň je uvažován společný zdroj pro zajištění vytápění a teplé vody. Z toho důvodu je potřeba, aby byl zdroj minimálně závislý na dodávkách elektrické energie, jelikož by při nedostatku mohlo dojít k omezené výrobě obou komodit. Hlavním problémem energeticky soběstačných budov je totiž spotřeba elektrické energie, která lze dopředu těžko predikovat, závisí do velké míry na chování uživatelů a je tudíž vhodné její spotřebu snižovat již při fázi návrhu všude tam, kde je to možné. Vhodným návrhem zdroje tepla se tudíž zajistí větší „bezpečnost a spolehlivost“ systému.

2.4.1 Varianty řešení

Plynový kotel :

Plynový kotel je druh zařízení, ve kterém se pomocí efektivního spalování plyných paliv vytváří teplo, které je následně vedeno do zásobníku a předáváno teplonosné látce. V dnešní době jsou nejmodernější kotle konstruovány tak, aby byly schopné i zpětně získávat skupenské teplo obsažené ve zplodinách (kondenzační kotel). Princip kondenzačního kotle je následující: Horké spaliny prochází před vypuštěním do exteriéru přes „výměník“, kde dochází ke kondenzaci vodní páry obsažené ve spalinách. Při kondenzaci dojde k předání měrného skupenského tepla a z objektu jsou následně vypouštěny suché spaliny o nízké teplotě.

Využití plynových kotlů je však v energeticky soběstačné budově nevhodné, jelikož budova není připojená na veřejný plynovod. Bylo by samozřejmě možné navrhnout zásobník plynu, nicméně tato varianta je ekonomicky velice náročná. Také se dá říct, že druh paliva v podstatě odporuje principu soběstačných budov z hlediska nezávislosti. Jedná se o to, že dodávky plynu jsou v dnešní době politickou záležitostí a pákou velmocí distribuující plyná paliva, na ostatní země. Tato politika (závislost) může tudíž výrazně ohrozit autonomní fungování dané stavby.

Tepelné čerpadlo

Princip tepelného čerpadla je podrobně popsán v kap.1.4.5. Ve své podstatě dochází k využití energie prostředí (vzduch, země, voda).

Nevýhodou tepelného čerpadla je jeho poměrně velká spotřeba elektrické energie, kterou spotřebovává v závislosti na výrobě tepla. Této závislosti se říká faktor energetické přeměny (COP) a do jisté míry vyjadřuje účinnost tepelného čerpadla.

Aplikace tepelného čerpadla se do BD Libeř nehodí, a to z důvodu větší spotřeby elektrické energie. Jak je již výše zmíněno, koncept návrhu je snižování potřeby elektrické energie, do čehož tepelné čerpadlo svojí zvýšenou spotřebou nezapadá.

Kotel na biomasu

Tento druh kotle využívá k výrobě tepla efektivní spalování Biomasy. Biomasa je ve své podstatě hmota organického původu, která vzniká rozpadem rostlinných či živočišných látek. V případě paliva do kotlů se hovoří spíše o dřevě, které může být standardně kusové, popřípadě ve formě štěpky, pilin apod, které se následně nejčastěji zpracovávají do formy tzv. peletek.

Tento druh zdroje se jeví, jako velice vhodný pro aplikaci do soběstačných budov. Jeho výhodou je slušná účinnost, nezávislost výroby tepla na venkovních podmínkách a sítích a další výhodou je velmi malá spotřeba elektrické energie, například oproti tepelnému čerpadlu. Využívaná surovina, například peletky, není taktéž považována za surovinu využívanou pro politické záměry, tudíž je její „nezávislost“ poměrně výrazná i vzhledem k dostupnosti dřevin v ČR.

Pro zajištění funkčnosti daného systému, je krom samotného zdroje, potřeba zajistit dostatečnou zásobu paliva a jeho vhodné uskladnění tak, aby nedocházelo například k navlhání peletek. Vzhledem k charakteru budovy (bytový dům), je taktéž nutností navrhnout systém automatického podávání paliva ze zásobníku do samotného kotle.

Ostatní

Existuje spousta dalších systémů, zajišťující vytápění objektu a přípravu teplé vody, nicméně z hlediska požadavku na jednotný zdroj pro vytápění i přípravu teplé vody, se jeví jako nevhodné. Může se jednat například o elektrické vytápění na principu odporových součástek, krbová vložka, kamna atp. Tyto systémy sice dokáží generovat teplo, nicméně pro využití na výrobu teplé vody je jejich aplikace, z hlediska technologie, nevhodná.

2.4.2 Konkrétní návrh zdroje tepla

Pro bytový dům Libeř byl zvolen, na základě výhod popsaných v kap 2.4.1, kotel na biomasu. Jak je již výše řečeno, tento způsob výroby tepla poskytuje maximální možnost nezávislosti na veřejných sítích a politické situaci.

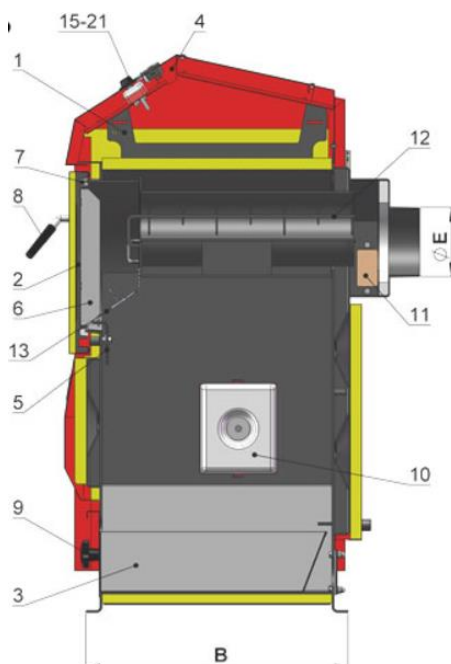
Drobnou nevýhodou tohoto systému, je jeho závislost na fotovoltaické elektrárně, která bude navržena v kapitole níže. Může se tedy stát, že v případě nedostatku slunečního svitu a vyčerpání kapacity baterií, dojde k přerušení dodávky tepla. Z tohoto důvodu bude navržen náhradní (sekundární) zdroj elektrické energie, nezávislý na slunečním svitu.

Parametry nutné pro návrh kotle:

Parametr	Hodnota	Jednotka
Potřebný výkon zdroje pro teplou vodu	2,6	kW
Potřebný výkon zdroje pro vytápění	12,93	kW
Celkový nutný výkon zdroje (TV + vyt.)	15,53	kW

Tabulka 7 : Výkonové parametry pro návrh kotle na biomasu

Pro zajištění vytápění a přípravu teplé vody, byl navržen kotel **ATMOS D 21P**. Jedná se o kotel s moderním řízením výkonu a dalších funkcí hořáku z zcela automaticky, pomocí elektronické regulace. Dále bude ke kotli navržen automatický podavač s externím zásobníkem na pelety.



Obrázek 30 : ŘEZ kotlem ATMOS 21D [26]

Legenda řezu kotle : 1-Těleso kotle, 2-Dvířka čistící, 3-Popelník, 4-Ovládací panel, 5-Clona rámečku, 6-Výplň dvířek, 7-Těsnění, 8-Uzávěr, 9-Okrasná matice, 10-víko otvoru pro hořák, 11-Čistící víko kouřového kanálu, 12-Brzdíč trubkovnice, 13-nerezová clona topeniště, 14-Záslepka pro zabudování automatického odpopelnění, 15-Teploměr, 16-Hlavní vypínač, 17-kotový termostat, 18-Termstat na čerpadlo, 19-Bezpečnostní termostat, 20-Pojistka 6.3A, 21-Dvojvypínač automatického odpopelnění hořáku na pelety.[26]

TECHNICKÁ DATA		D14P	D21P	D25P	D20P	D30P	D40P
Výkon kotle	kW	4 - 14	4 - 19,5	7 - 24	6,5 - 22	8,9 - 29,8	8,9 - 40
Výhřevná plocha	m ²	1,7	1,7	2	2	2,7	2,7
Objem spalovací komory	dm ³	88	88	88	70	105	105
Rozměr plnicího otvoru	mm	270x450	270x450	270x450	270x450	270x450	270x450
Předepsaný tah komína	Pa	16	18	22	15	21	22
Max. prac. přetlak vody	kPa	250	250	250	250	250	250
Hmotnost kotle	kg	231	231	254	305	370	386
Průměr odtahového hrdla	mm	150/152	150/152	150/152	150/152	150/152	150/152
Výška kotle	mm	1207	1207	1207	1405	1405	1405
Šířka kotle	mm	620	620	620	606	606	606
Hloubka kotle	mm	768	768	868	652	954	954

Tabulka 8 : *Technická data [26]*

V tabulce 7 jsou uvedeny technická data navrženého kotle D21P s modulačním řízením hořáku o výkonu 4-19,5 kW, což je dostatečný výkon pro zajištění vytápění a přípravy teplé vody v BD Libeň. [26]

Dalším prvkem, nutným při návrhu kotle, je volba hořáku. Dle specifik výrobce, je do kotle typu D21P nutná integrace hořáku ATMOS A25 s maximálním výkonem 25kW, dle typu kotle. V našem případě se však jedná o výše navržený výkon (4-19,5kW), kterého daný kotel s uvedeným hořákem dosahuje.



Obrázek 31 : *Hořák ATMOS A25 [26]*

2.4.3 Objem zásobníku pro peletky

Vzhledem k charakteru budovy a nutnosti zajištění plné automatickosti systému vytápění a přípravy teplé vody, je nutné navrhnout velikost zásobníku pro výše zvolený kotel na biomasu.

Velikost zásobníku je závislá nejen na množství tepla pro pokrytí tepelných ztrát a přípravu TV, ale také je potřeba uvažovat s výhřevností, aby byla zajištěná dlouhodobá funkčnost systému, bez nutnosti doplňovat palivo (peletky).

Vstupní údaje :

Parametr	Hodnota	Jednotka
Potřeba tepla pro pokrytí tepelných ztrát za rok	86,7	GJ
Potřeba tepla pro TV za rok	67,2	GJ
Výhřevnost peletek	17	MJ/kg
Celková roční potřeba tepla	153,9	GJ

Tabulka 9 : Základní parametry pro návrh

Potřeba tepla, pro pokrytí tepelných ztrát budovy činí 86,7 GJ za rok a potřeba tepla, pro zajištění teplé vody činí 67,2 GJ za rok. V tabulce je dále uvedena výhřevnost peletek 17 MJ/kg. Výrobci obecně udávají výhřevnost peletek okolo 18-19,5 MJ/kg., dle typu dřeviny. Zde je dobré podotknout, že parametry od výrobců vychází z měření výhřevnosti pro zcela suché dřeviny. S vzrůstající vlhkostí však výhřevnost klesá. Obecně se udává, že reálná výhřevnost peletek je okolo 17 MJ/kg. Tato hodnota bude tedy dále uvažována ve výpočtu. [27]

V první fázi je nutné spočítat hmotnost peletek, potřebnou pro zajištění vytápění a přípravu teplé vody za rok. Pro tento výpočet budeme vycházet z hodnot uvedených v tabulce 8.

$$M \text{ [kg]} = \frac{Q_c}{H}$$

Kde : M potřebné hmotnostní množství peletek na rok [kg]

H Výhřevnost [MJ/kg]

Q_c Potřebné množství tepla za rok [MJ]

$$M = \frac{153900}{17} = 8\,938 \text{ kg} \approx \underline{\underline{9t}}$$

Množství peletek, potřebných k zajištění vytápění a přípravu TUV vychází dle výše uvedeného výpočtu 9 tun. Pro zjištění velikosti zásobníku, je nutné znát měrnou sypnou hmotnost paliva. Měrná sypná hmotnost paliva je hmotnost jednoho m³ volně sypaného materiálu, v našem případě peletek. Tato hodnota se obecně udává okolo 650kg/m³, nicméně z hlediska bezpečnosti budeme ve výpočtu uvažovat hodnotu sníženou na 600 kg/m³.

Materiál	Měrná syp.hm.	Jednotka
Dřevěné peletky	600	kg/m ³

Tabulka 10 : Měrná sypná hmotnost peletek

$$V_p = \frac{M}{\rho_s}$$

Kde : M potřebné hmotnostní množství peletek na rok [kg]

ρ_s Měrná sypná hmotnost [kg/m³]

$$V_p = \frac{9000}{600} = \underline{\underline{15 \text{ m}^3}}$$

Na zajištění uskladnění potřebného množství peletek, by byl potřeba zásobník o celkovém objemu 15m³. Takovýto objem je však příliš velký a žádný z výrobců jej v nabídce nemá. Bude tedy zvolen zásobník s menší kapacitou, u něhož bude potřeba provádět doplnění peletek v průběhu roku. Vzhledem k tomuto opatření, budou zásobníky vybaveny automatickým senzorem pro detekování stavu naplnění.

sada	kód	využitelný objem (m ³)	(t) pelet	rozměry stran (mm)	výška (mm)
ATZ 5	H0505	4,4 - 5,5	2,9 - 3,6	1960 x 1960	2 320
ATZ 6	H0506	5,3 - 6,5	3,5 - 4,2	1960 x 2360	2 320
ATZ 7	H0507	6,3 - 7,9	4,1 - 5,1	2360 x 2360	2 320

Tabulka 11 : Velikosti zásobníků

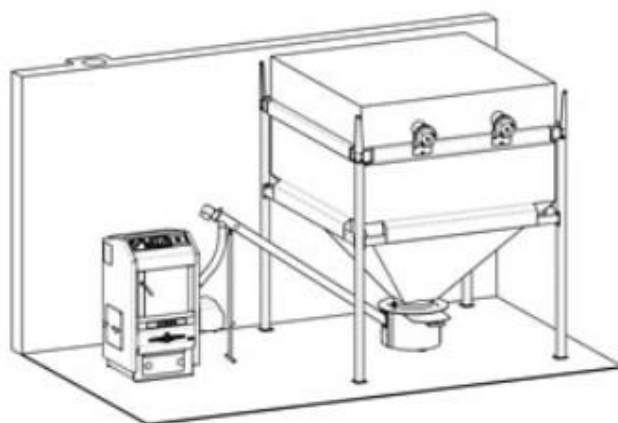
Pro BD Libeň, je navržen zásobník ATZ 7, s maximálním využitelným objemem 7,9 m³, který bude potřeba doplňovat v průměru 2x ročně. Plnění zásobníku bude zajištěno prodejcem peletek pomocí hadicového systému (pneumatické tankování z cisterny). Umístěn bude v kotelně, kde je dostatečný prostor i pro takto rozlehlý prvek.



Obrázek 32 : Tkaninový zásobník ATZ [26]

Pro plnou funkčnost systému, je také navržen šnekový dopravník, zajišťující automatické dávkování peletek do spalovací komory kotle. Tento systém je dle výrobce plně kompatibilní s výše navrženými prvky a zajišťuje správnou a automatickou funkčnost systému.

Na obrázku níže, je výrobcem znázorněno schéma zapojení kotle a textilního sila s přímým šnekovým dopravníkem. Délky dopravníku jsou variabilní a odvíjejí se od uspořádání jednotlivých prvků v kotelně, respektive od vzdálenosti hrdla zásobníku a kotle. Standardní délky dopravníku jsou od 1 do 5m.

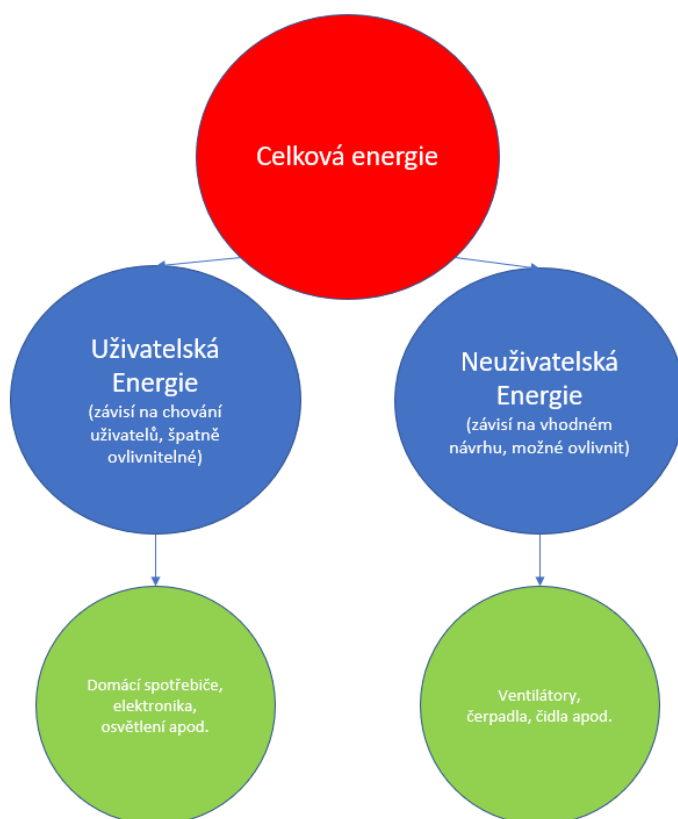


Obrázek 33 : Schéma zapojení kotle a textilního sila [26]

2.5 Elektrická energie v budově

Určení spotřeby elektrické energie v domácnosti, je ve fázi návrhu velice složité. Důvodem je, že významnou část spotřeby tvoří tzv. uživatelská energie, závislá na chování uživatelů, které je dopředu velice špatně odhadnutelné. Má na to vliv několik proměnných, jako například denní režim uživatelů, využívání domácí elektroniky, zhasínání, vaření a v neposlední řadě, kolik času ze dne tráví uživatelé v domácnosti (homeoffice, víkendy apod.).

Energii potřebnou pro chod domácností lze rozdělit na dva základní druhy a to uživatelskou energii, která závisí na chování uživatelů a je obecně špatně předvídatelná a ovlivnitelná a dále energii neuživatelskou, která závisí převážně na vhodném návrhu a je lehčeji ovlivnitelná.



2.5.1 Určení spotřeby elektrické energie

Výše jsme si rozdělili potřebnou elektrickou energii na dvě základní složky :

- Uživatelská energie
- Neuživatelská energie

V této fázi návrhu je nutné určit veškerá elektrická zařízení v budově, jejich příkon a odhadnout jejich využívání v čase. Při návrhu je uvažována varianta standardního a nouzového režimu.

Uživatelská energie

Určení spotřeby uživatelské energie je zásadní pro zajištění funkčnosti a stability celkového systému zajišťující výrobu a ukládání elektrické energie. Obecně se udává, že průměrná roční spotřeba elektrické energie pro 2-3 člennou domácnost, činí 2200-2500 kWh za rok. Tento údaj je však velice orientační a nereflektuje například možnost snížení komfortu u autonomní budovy, v případě nedostatku elektrické energie.

V první fázi si určíme jednotlivé typy elektrických spotřebičů umístěných v typické bytové jednotce RD Libeň, viz tabulka 11, společně s jejich instalovaným příkonem a časovým využitím v roce.

Název spotřebiče	Počet	El. Příkon [kW]	El. Příkon celkem [kW]	*Provoz denně [h]	Roční využití [h]	Využití v roce	***Stálá spotřeba [Wh/h]	Spotřeba za rok se 100% využitím v roce [kWh]
Mikrovlná trouba	1	1,000	1,000	0,05	18,25	100%	2,1	18
Trouba	1	1,800	1,800	1,00	365,00	33%	24,8	72
Rychlovarná konvice	1	2,000	2,000	0,05	18,25	100%	4,2	37
Myčka (1 cyklus, 54 cyklu ročně)	1	0,700	0,700	-	54,00	100%	4,3	38
Smartphone	2	1,150	2,300	0,05	18,25	100%	4,8	42
LCD televize	1	0,010	0,100	1,00	365,00	100%	4,2	37
Pračka (1 cyklus, 54 cyklu ročně)	1	2,200	2,200	-	108,00	100%	27,1	238
Router+modem	1	0,015	0,015	24,00	8760,00	100%	15,0	131
Led	15	0,004	0,065	5,00	1825,00	100%	13,5	119
Mrazák	1	0,010	0,010	24,00	8760,00	100%	10,0	88
Lednička	1	0,012	0,012	24,00	8760,00	100%	12,0	105
Vysavač	1	0,800	0,800	1,00	365,00	100%	33,3	292
Žehlička	1	0,400	0,400	2,00	730,00	33%	11,0	32
Notebook	2	0,060	0,120	4,00	1460,00	100%	20,0	175
CELKEM		10,16133					186,3	1422

Tabulka 12 : Výpočet spotřeby pro jednu bytovou jednotku

Tabulka výše nám popisuje spotřebu jedné bytové jednotky při využívání základních spotřebičů v domácnosti o **2-3 osobách**. Je zde uvažována časová souvislost mezi dobou, kdy je spotřebič zapnut v průběhu dne (provoz denně) a dále jeho využití v roce. Tato metoda patří mezi nejpřesnější pro určení spotřeby elektrické energie v domácnosti, využívaná také například při zpravování energetických auditů bytových domů, rodinných domů apod.

*Provoz denně je hodnota, vycházející z průměrných hodnot vypovídající o době, kdy je spotřebič zapnutý během dne. [28]. U mikrovlnné trouby je například uvažováno její využívání 2x denně, po dobu 1,5 minut, což je doma postačující na ohřátí jednoho jídla, při příkonu 1000w.

$$\frac{1}{60} * 2 * 1,5 = 0,05h$$

**Využití v roce je hodnota, která udává kolik dnů v roce, bude daný spotřebič využíván. U trouby je například uvažováno, že bude využívána jednu hodinu denně (provoz denně), ale její využití v roce nebude každý den, ale pouze 33%. Tato hodnota odpovídá tomu, že bude například trouba využívána každý třetí den.

***Stálá spotřeba. Tato hodnota je vytvořená pro přesnější určení potřeby elektrické energie v průběhu dne. V podstatě se jedná o to, že využití v roce je zde uvažováno 100% (spotřebič je využíván každý den v roce) a jeho denní spotřeba je rozprostřená do průměrného odběru po celý den. Tato hodnota, v podstatě uvažuje dobu, kdy je přístroj využíván za jeden den a jeho příkon. V podstatě simuluje situaci, kdy je přístroj zapnutý celý den, ale odebere stejné množství energie, které odebere, když běží standardní dobu během dne s jmenovitým (vyšším) příkonem.

Stála spotřeba (odběr) je tedy spočítána, jako množství energie odebrané přístrojem za jeden den, kdy je následně tato hodnota podělena počtem hodin ve dni (24). Tímto získáme stálou spotřebu (odběr) uživatelských zařízení v průběhu dne.

Pozn. veškeré hodnoty stálého hodinového odběru jsou počítány a uváděny pro jednu bytovou jednotku!

Komfort

Standardní režim :

Řešení komfortu (varianty hospodárnosti chování – omezení uživatelů) se nabízí a dává smysl v případě návrhu například rodinných domů. V tomto případě je možné simulovat a předpokládat chování uživatelů, jelikož by měli být od počátku seznámeni s projektem a měly by s nimi být konzultovány jejich požadavky a omezení budovy při nedostatku energie. U bytových domů je toto problém, jelikož nemusí být dopředu známi všichni uživatelé jednotlivých bytů a vzájemná spolupráce Projektant-Uživatel, je tudíž značně omezená. Z tohoto důvodu a důvodu bezpečnosti, je uvažován pouze profil uvedený v tab.11, který znázorňuje předpokládaný průměrný profil uživatelského chování v budově (minimální

omezení komfortu-Běžný režim) pro jednu bytovou jednotku. Výsledné hodnoty stálého odběru, pro jednu bytovou jednotku jsou uvedeny v tab.12

V rámci snížení potřeb elektrické energie je u spotřebičů, jako Trouba a žehlička, uvažováno využití 33% v roce, což znamená, že například trouba bude zapínána jednou za 3 dny. Chování uživatelů se musí tudíž, aspoň do minimální míry, přizpůsobit charakteru budovy, což v našem případě znamená hlavně rozumné využívání spotřebičů při vaření, praní apod.

V tabulce 12 jsou uvedeny výsledné hodnoty stálého odběru vycházející z tabulky 11, pro jednu bytovou jednotku.

Spotřebiče v provozu	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]	Spotřeba za rok [kWh]
Všechny z tab.11	≈190	1422

Tabulka 13 : Stálý odběr všech spotřebičů v provozu pro jednu bytovou jednotku

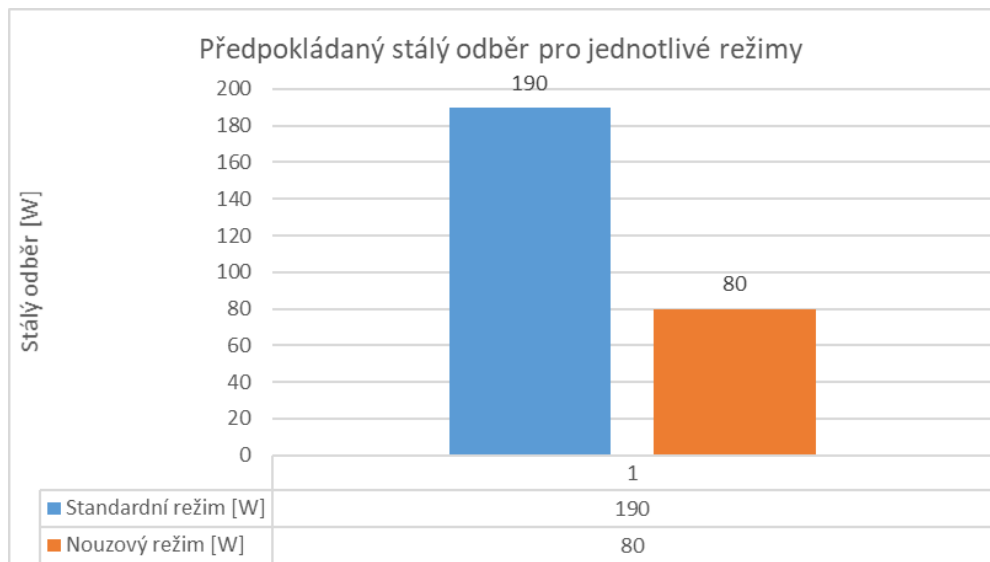
Úsporný (Nouzový) režim – snížení komfortu :

Nouzový režim je v této práci uváděn pouze pro srovnání se standardním režimem, a jako alternativa v případě, že bude nutné z neočekávaných důvodů výrazně snížit potřebu elektrické energie. V tomto případě dojde k aktivaci nouzového režimu, který dočasně omezí využití spotřebičů jiných, než nezbytně nutných k životu a komunikaci s okolím.

Spotřebiče v provozu	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]
Mrazák	10,0
Lednička	12,0
LED	13,5
Smartphone (2x)	4,8
Router+modem	15,0
Notebook	20,0
Celkem	75,3 ≈ 80 W

14 : Spotřebiče v provozu při nouzovém režimu

Z tabulky 13 vyplývá, že při aktivaci nouzového režimu, lze uživatelskou energii snížit až na stálý odběr 80W, což je oproti běžnému režimu úspora 110W (42%).



Graf 2 : Porovnání stálých uživatelských odběrů pro jednotlivé režimy

V tabulce 14 je uveden celkový souhrn výsledků uživatelské energie pro BD Libeň.

Režim	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]	Počet bytových jednotek	Celkem odběr [W]
Standardní	190,0	11	2090
Nouzový	80	11	880

Tabulka 15 : Celkový přehled uživatelské energie

Neuživatelská energie

Pojmem neuživatelská energie se rozumí energie, potřebná pro napájení všech zařízení, nutných k zajištění chodu budovy. Jedná se tedy o prvky upravující kvalitu vnitřního prostředí, zajištění dodávky pitné vody atp.

Studnové čerpadlo.

Pitná voda se v autonomních budovách zajišťuje především pomocí studní, které nám zajišťují přísun kvalitní podzemní vody. Důležité je si uvědomit, že pitná voda musí být ze studní dopravována do objektu pomocí čerpadel (zajišťují potřebný tlak v síti), jejichž spotřebu je nutné zahrnout do výpočtu.

Výpočet:

- Spotřeba vody 90l/os za den (bez splachování wc)
- Počet osob 20
- **Celk. spotřeba** $20 \cdot 90 = 1800\text{l} = \underline{1.8\text{m}^3}$
- Průtok čerpadla až $5,7\text{m}^3/\text{h}$ [30]
- Příkon 0,8 kW [30]

~ 60 ~

Dále je potřeba vyřešit otázku, jaký je potřebný příkon čerpadla (X) pro 1,8m³(Y), když příkon pro 5,4m³(Z) je 1,3Kw(P). Jelikož je velice nepřesné určit, kdy v průběhu dne bude čerpáno jaké množství, budeme počítat v celkových hodnotách, kdy čerpadlo za jeden den, při celkové průtoku 5,4m³, bude mít příkon 800W.

$$X = \frac{Y*P}{Z} = \frac{1,8*800}{5,4} = 252 \text{ Wh}$$

Pro přepočítání na stálý odběr je hodnota opět podělena 24 :

$$\text{Stálý odběr} = \frac{252}{24} = 10,5\text{W} \approx \underline{\underline{11\text{W}}}$$

Ventilátory

Pro zajištění co největší energetické efektivity, je nutné využívat systémy nuceného větrání s rekuperací, které jsou schopné zpětně získávat teplo z odpadního vzduchu. V BD Libeň je navržena centrální VZT jednotka s koncovými prvky VAV, viz kapitola 2.6

Spotřeba ventilátoru se pro navržený systém dle průtoku vzduchu (850m³) pohybuje, dle výpočtu, v hodnotách stálého hodinového odběru 0,24kW. Pro výpočet bude uvažována hodnota stálého hodinového odběru **240W**.

V případě nouzového režimu bude systémem přerušen provoz nuceného větrání, aby byla snížena celková potřeba energie a větrání bude zajišťováno přirozeně, okny.

Oběhové čerpadlo (vytápění)

Standardní stálý odběr se u moderních čerpadel, využívaných pro menší bytové domy do 6 podlaží, pohybuje v rozmezí 20-50W. Pro výpočet tedy uvažujeme hodnotu **30W**.

Výtah

Určit celkovou spotřebu výtahů je velice složité, jelikož je závislá na mnoha faktorech, hlavně co se týče obsazenosti budovy a počtu stanic. Nicméně, dle zkušeností výrobců a jejich měření, se u moderních úsporných výtahů pohybuje roční spotřeba (včetně stand-by režimu a osvětlení) u menších bytových domů do 6 podlaží a 20 bytových jednotek, v rozmezí 200-300 kWh za rok. Což je hodnota stálého hodinového odběru 22-33 W. Vzhledem k tomu, že BD Libeň má 5 podlaží a pouze 11 menších bytových jednotek s předpokládanou obsazeností 20 osob, bude dále ve výpočtu uvažovaná hodnota stálého odběru **25W**.

Pozn. orientační hodnota 200-300kWh byla zjištěna na základě telefonické komunikace s výrobcí.

Osvětlení

V BD Libeň bude pro osvětlení komunikačních prostor, garáží technické místnosti apod., uvažováno celkové množství 35 úsporných LED zářivek. Příkon těchto zářivek je běžně okolo 0,005 kW. Celková doba svícení je díky pohybovým čidlům uvažována 2h za den, každý den v roce.

$$\frac{0,005 \cdot 35 \cdot 1000 \cdot 2}{24} = 15W$$

ČOV

Příkon navržené domovní ČOV, je 100W v nonstop režimu. Zde je dobré podotknout, že tato energie je z velké části spotřebovávána dmychadlem na aerobní čištění, které nepracuje nonstop, nýbrž v režimu 15 minut zapnuto, 15 minut vypnuto. Z toho vychází, že hodnota stálého odběru je $100/2 = 50W$. Viz. kapitola 2.8.2.

Shrnutí – neúživatelská energie:

Standardní režim

V případě standardního režimu budou využívány veškeré systémy tak, jak je popsáno výše a nebude docházet k žádnému omezení z hlediska komfortu a užívání.

Zařízení v provozu	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]	Množství	Celkem odběr [W]
Studnové čerpadlo	11	1	11
ČOV	50	1	50
VZT	240	1	240
Oběhové čerpadlo	30	2	60
Výtah	25	1	25
Σ Osvětlení	15	1	15
Celkem			371

Tabulka 16 : Přehled stálých neúživatelských odběrů pro standardní režim

Nouzový režim

V případě nouzového režimu dojde, vzhledem k úsporám, k vypnutí výtahu a dále bude přerušeno nucené větrání s rekuperací, jelikož ventilátory VZT mají významný podíl na celkové potřebě neúživatelské energie. V tomto případě, může vlivem větrání okny (není rekuperace) dojít k lehkému poklesu teploty. Navržený kotel na peletky má maximální výkon 19,4 kW a potřebný výkon je 15,5 kW, je zde tudíž cca 21% rezerva na pokrytí tepelných ztrát bez vlivu rekuperace.

Zařízení v provozu	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]	Množství	Celkem odběr [W]
Studnové čerpadlo	11	1	11
ČOV	50	1	50
Oběhové čerpadlo	30	2	60
Σ Osvětlení	15	1	15
Celkem			136

Tabulka 17 : Přehled stálých neuzivatelských odběrů pro nouzový režim

Potřebná energie celkem (uživ+neuživ)

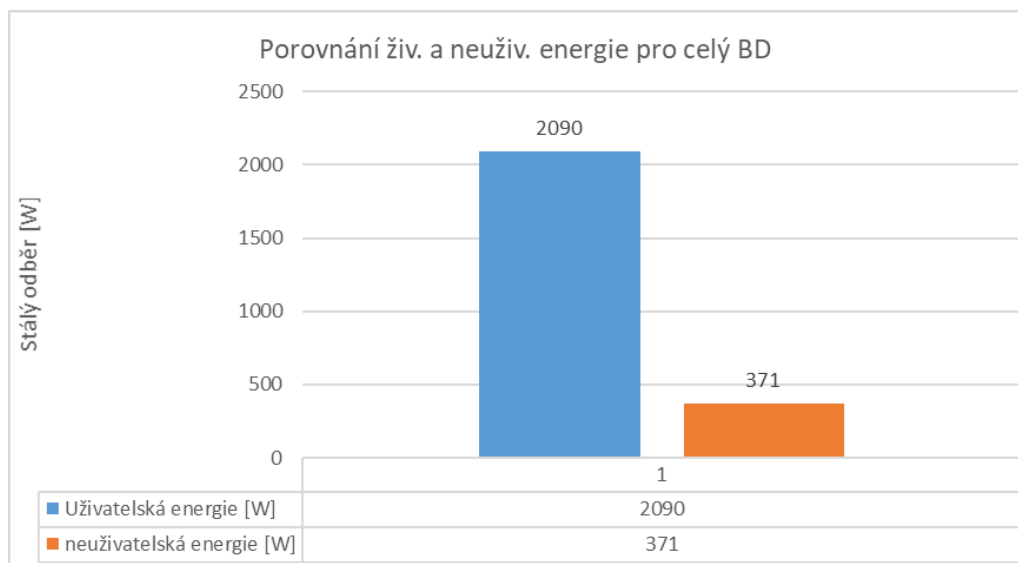
Standardní režim

Celková spotřeba BD Libeř je rovna součtu stálých hodinových odběrů uživatelské a neuzivatelské energie. Kompletní shrnutí je pro standardní režim uvedeno v tab.č.17.

Druh	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]*	Počet byt. jednotek	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]**
Uživ. Energie	190	11	2090
Neuživ. Energie	371	-	371
Celkem	561		2461

Tabulka 18 : Hodnota stálého hodinového odběru při standardním režimu

*Je stálý hodinový odběr vypočtený pro jednu bytovou jednotku, ** Je stálý hodinový odběr pro celý BD Libeř (u uživ. energie vynásobeno počtem bytových jednotek)



Graf 3 : Porovnání uživatelské a neuzivatelské energie pro standardní režim

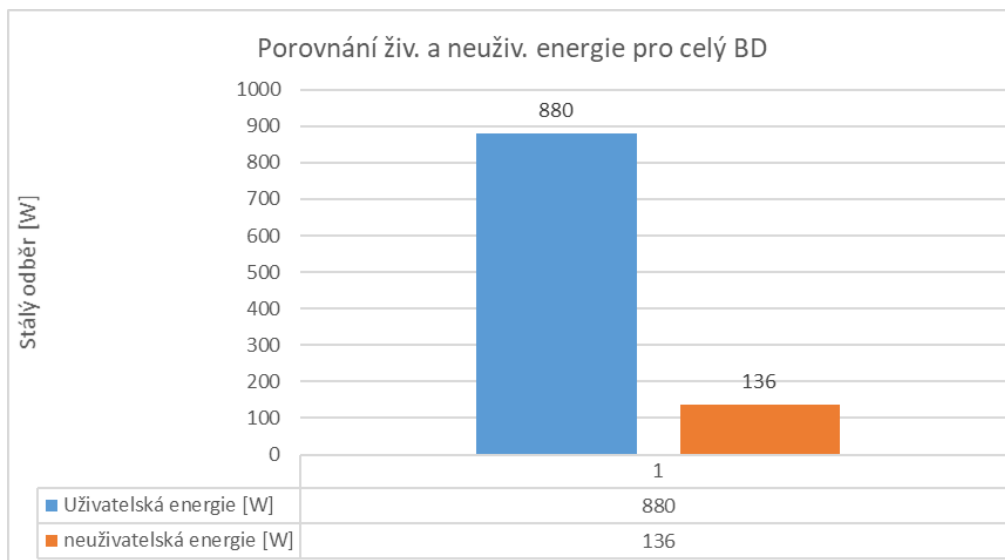
Na grafu č.3 je znázorněno porovnání Stálých hodinových odběrů pro celý BD Libeř. Jak je z grafu patrné, neuzivatelská energie tvoří pouze 14% (371W) z celkového stálého odběru (2461 W).

Nouzový režim

Celková spotřeba BD Libeř je rovna součtu stálých hodinových odběrů uživatelské a neuživatelské energie. Kompletní shrnutí je pro nouzový režim uvedeno v tab.č.18.

Druh	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]*	Počet byt. jednotek	Stálá spotřeba (odběr) [Wh/h]**
Uživ. Energie	80	11	880
Neuživ. Energie	136	-	136
Celkem	216		1016

Tabulka 19 : Hodnota stálého hodinového odběru při nouzovém režimu



Na grafu č.4 je znázorněno porovnání Stálých hodinových odběrů pro nouzový režim pro celý BD Libeř. Jak je z grafu patrné, neuživatelská energie tvoří pouze 8% (136 W) z celkového stálého odběru (1016 W).

Shrnutí

V tabulce 19 je uvedeno celkové shrnutí stálého odběru BD Libeř pro jednotlivé režimy.

Režim	Stálý odběr [W]- uživatelský	Stálý odběr [W] - neuživ.	Celkem stálý odběr [W]
Standardní	2090	371	2461
Nouzový	880	136	1016

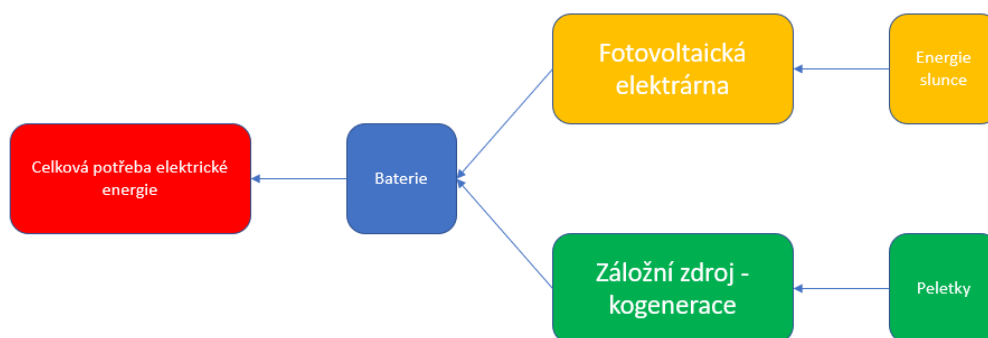
Tabulka 20 : Celkové shrnutí hodnoty stálého odběru pro BD Libeř

Celková hodnota stálého odběru pro standardní režim je tedy 2411 W (**2,46kW**), což je hodnota, na kterou bude dále navržena FVE.

2.5.2 Získávání elektrické energie v budově

Elektrická energie v budově bude získávána z fotovoltaické elektrárny po celý rok. Pro zajištění a vyrovnávání krátkodobých rozdílů mezi odběrem a přísunem elektrické energie, bude sloužit instalovaná baterie. Tato baterie bude navržena na zajištění provozu budovy při nedostatku slunečního svitu, a to až na dobu 3 dní bez omezení komfortu (standardní režim) Jako záložní zdroj bude v budově umístěna kogenerační jednotka na pelety.

Schéma systému:



V další fázi je potřebné navrhnout parametry systému tak, aby byly pokryty veškeré potřeby elektrické energie RD Libeň. Dále systém navrhnout tak, aby byl schopen zajistit funkčnosti budovy po dobu, kdy bude nedostatek slunečního svitu – baterie. Pokud dojde k vyčerpání kapacity baterií, bude aktivován záložní zdroj, který kromě pokrytí okamžitých potřeb elektrické energie, bude mít za úkol nabít baterii za co nejkratší možnou dobu.

Fotovoltaická elektrárna

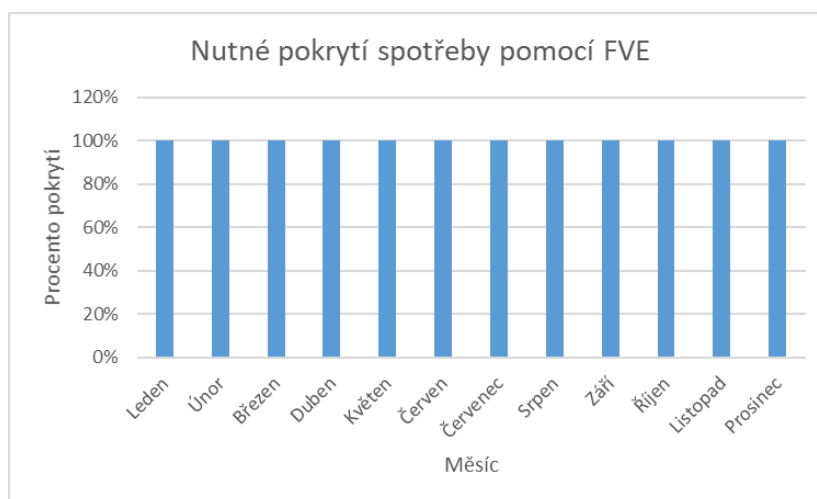
Požadavky a celková koncepce

Koncepce návrhu FVE je u staveb, které nejsou napojeny na veřejné sítě odlišná, oproti standardním FVE u domů, jejichž systém je napojený na elektrickou síť. V případě běžných staveb je u FVE nerovnoměrnost výroby elektrické energie a její okamžité spotřeby hrazena v nutných případech ze sítě. Stejně tak tomu je i v zimním období, kdy FVE například nemusí vyrábět dostatečné množství energie pro pokrytí všech potřeb budovy (závisí na konkrétním návrhu). Obecně se ale dá říct, že u FVE běžných staveb je zajištění elektrické energie kryto pomocí veřejné el. sítě a nemusí se tudíž například baterie dimenzovat s přílišnou kapacitou. Situace, kdy objekt odebírá elektřinu ze sítě, by měly nastávat minimálně, ale v případě potřeby je tato varianta možná.

Při návrhu FVE u zcela autonomních budov, je ale problém složitější. Největší nevýhodou bývá nutnost předimenzování FVE na zimní období, čímž automaticky dojde k naopak velkým přebytkům elektrické energie v létě. Dalším důležitým parametrem návrhu, je kapacita baterie. Baterie slouží jednak ke krátkodobému překlenutí nedostatku energie, kdy v průběhu dne FVE například nevyrábí dostatek el. energie, pro pokrytí okamžitých potřeb. Další významnou funkcí baterie, je zajištění potřeb el. energie, když FVE dlouhodobě nevyrábí (zataženo) na navrženou dobu, v našem případě 3 dnů.

Jak je již výše zmíněno, v letním období dochází standardně k obrovským přebytkům elektrické energie. Tato energie se dá samozřejmě mařit, nicméně vhodnějším přístupem je snaha o její využívání. Může se jednat například o možnost nabíjení elektromobilů, ohřívání bazénu v letním období, popř. umístění elektrické topné spirály do zásobníku teplé vody, čímž by se přebytečná energie dala využívat na ohřev teplé vody v létě a snížila by se spotřeba pelettek.

V BD Libeň je uvažováno s pokrytím celoroční potřeby elektrické energie, za pomoci FVE. Z tohoto důvodu je nutné plochu panelů přizpůsobit zimnímu období, kdy je produkce z FVE nejnižší. V grafu níže je uvedeno požadované pokrytí potřeby elektrické energie v jednotlivých měsících pomocí FVE.



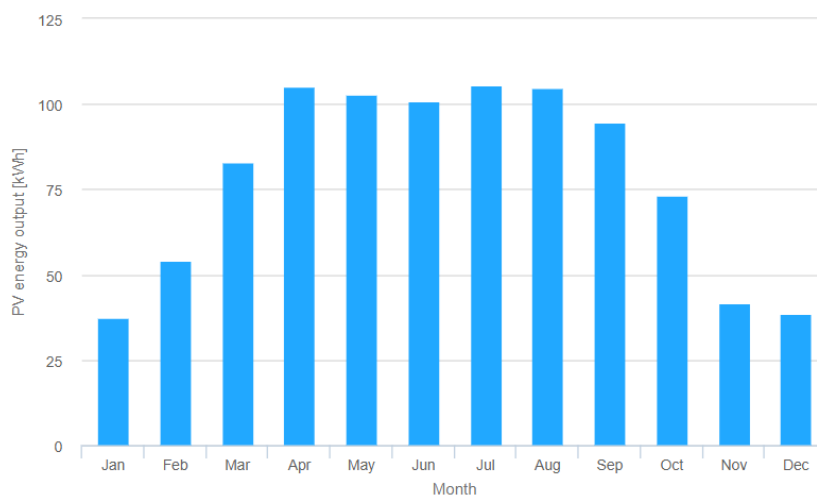
Graf 4 : Nutné pokrytí spotřeby el.energie pomocí FVE

Hlavním parametrem pro návrh FVE systému, je určení spotřeby elektrické energie v budově, která byla provedena v kap. 2.5.1 a její souhrnné výsledky pro celou budovu jsou uvedeny v tab. č.19. Při návrhu FVE bude uvažováno pouze s hodnotou stálého odběru pro standardní režim, což znamená že při běžných podmínkách pro danou lokalitu, bude FVE dostačovat pro zajištění uvažovaného komfortu pro bydlení.

Návrh fotovoltaické elektrárny

Základní veličinou pro návrh FVE je jeden kWp, což je hodnota špičkového výkonu FVE, pokud na ni svítí slunce. Jedná se tedy o předpokládaný výkon měřený při standardních testovacích podmínkách. V České republice přibližně platí, že 1kWp vyrobí při standardních podmínkách 1000 kWh elektrické energie ročně.

Pro výpočet, kdy je FVE hlavním zdrojem elektrické energie, však nelze s touto hodnotou při dimenzi plochy panelů počítat. Platí totiž, že výkon FVE je v zimě výrazně nižší, a pokud by došlo k návrhu plochy panelů na základě ročního kroku, docházelo by v zimním období k nedostatku el. energie. Z toho důvodu je potřeba znát množství elektrické energie pro jednotlivé měsíce v dané lokalitě a provést návrh na zimní období.



Graf 5 : Získaná energie pro jednotlivé měsíce na 1kWp [31]

Graf 4 a tabulka 20 nám popisují množství získané energie na 1kWp, při účinnosti panelů 15% a sklon panelů 60° pro lokalitu Libeř u Libně, kde je umístěn řešený objekt. Sklon panelů 60° je určen záměrně, jelikož při větším sklonu je panel efektivnější v zimě a méně efektivní v létě. Díky tomu se nám sníží celková potřebná plocha panelů (navrhovaná na zimní období) a zároveň dojde ke snížení přebytků elektrické energie v letním období.

Měsíc	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen	Září	Říjen	Listopad	Prosinec
Energie [kWh]	37,4	54,0	83,1	105,1	102,7	100,7	105,6	104,8	94,8	73,1	41,6	38,6

Tabulka 21 : Získaná energie pro jednotlivé měsíce na 1kWp

Pro návrh bude tedy uvažována hodnota, která reflektuje nejnižší výkon panelů v jednotlivých měsících. Tento stav nastává v **lednu**, kdy je energie získaná na 1kWp \approx **37,5 kWh**.

Obecně se udává, že v České republice 1kWp zajistí plocha fotovoltaických panelů v rozmezí 6-7 m při účinnosti 15% . Účinnosti některých moderních panelů se pohybují až do hodnot okolo 17-18%, je však nutné brát v potaz zašpinění panelů, ztráty systému a chyby při realizaci (nepřesný sklon). Z těchto důvodů bude uvažována účinnost panelů 15% s plochu **6,5 m² na 1 kWp**. [32]

Plocha kolektorů musí být tedy navržena tak, aby pokryla hodnotu stálého odběru **2,46 kW** a měsíční potřebu energie $2,46*24*30 = 1728 \text{ kWh}$ v situaci, kdy FVE vyprodukuje **37,5 kWh (leden)**

Návrh plochy panelů:

- 1 kWp (leden) 37,5 kWh
- 1 kWp (plocha) 6,5 m²
- Potřeba (Leden) 1 728 kWh
- Instalované kWp X

$$X = \frac{1*1728}{37,5} = \underline{\underline{46 \text{ kWp}}}$$

Nutná instalovaná plocha panelů je tedy :

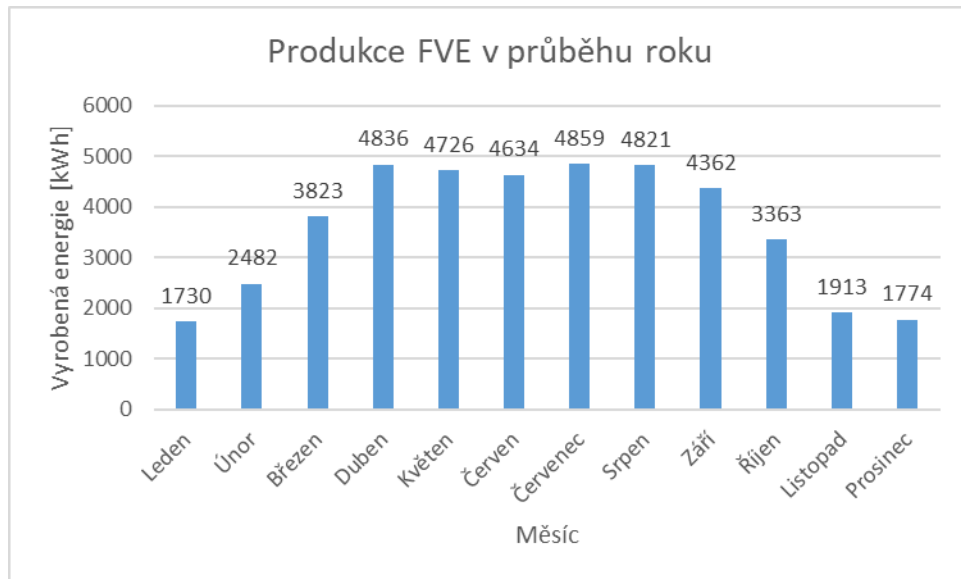
$$A = 46*6,5 = 299 \text{ m}^2 \approx \underline{\underline{300 \text{ m}^2}}$$

Počet panelů:

Běžné fotovoltaické panely mají rozměry 1,65 x 0,995m. Plocha jednoho panelu vychází tudíž $1,65 \times 0,995 = 1,65 \text{ m}^2$.

Celkový počet panelů je tedy $\frac{300}{1,65} = \underline{\underline{181 \text{ panelů}}}$ o celkové ploše **300,3 m²**

Celková produkce navržené FVE je znázorněna v grafu č.6



Graf 6 : produkce FVE v průběhu roku

Celkové množství vyrobené elektrické energie za rok činí **43,3 MWh**.

pozn. Při návrhu FVE nebyla uvažována denní odběrová špička elektrické energie, ale pouze celková rozmělněná potřeba během dne (stálý odběr). Pokrytí odběrových špiček bude zajištěno baterií, popř náhradním zdrojem elektrické energie. Tento koncept je možný, jelikož náhradní zdroj je na biomasu a jeho provoz tudíž neodporuje konceptu energeticky soběstačných budov. Tímto se dosáhlo snížení plochy panelů na plochu, kterou je možné rozumně umístit na pozemku, jejich ceny a nedochází ke zbytečné „nadvýrobě“ elektrické energie v létě.

Náhradní zdroj – Kogenerační jednotka na peletky

Kogenerační jednotky zajišťují efektivní a velmi účinnou kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie. Nejmodernější jednotky dokáží využít až 95% dodaného paliva a přeměnit ho na teplo a elektrickou energii. Účinnost výroby elektrické energie, je u běžných kogeneračních jednotek až 25% a účinnost výroby tepla až 75%. Princip výroby tepla a elektrické energie je podrobněji popsán v kap.1.4.7.

Vzhledem k tomu že BD Libeň je energeticky soběstačná budova a její koncept je taktéž zaměřen na výrobu elektrické energie převážně z obnovitelných zdrojů, nebude jako náhradní zdroj navržena běžná kogenerační jednotka na fosilní paliva, tzv. „dieselagregát“, ale bude využita varianta s palivem na biomasu (peletky). Kogenerační jednotka bude navržena, jako náhradní (doplňkový) zdroj, kdy v případě nedostatečného slunečního svitu,

vybití baterií, popř vysokého okamžitého odběru v zimě, dojde řídicím systémem k jejímu aktivování a výrobě elektrické energie.

Potřebný výkon kogenerační jednotky vychází z tabulky 19, kde je celkový okamžitý odběr roven hodnotě 2,46 kW.

pozn. při návrhu je uvažováno, že v případě výroby elektrické energie pomocí záložního zdroje, bude systém stále ve standardním režimu. Zároveň ale, v případě denních odběrových špiček, bude sloužit, jako záloha pro jejich překlenutí při standardním režimu. Proto je uvažovaná hodnota. (2,46 kW).

- Potřebný výkon **2,46 kW**

Konkrétní kogenerační jednotka BD Libeř, je zvolená od společnosti GT Energy. Jednotlivé varianty vhodných jednotek na biomasu jsou uvedeny na obrázku č.34.[48]

neoTower Living/Premium	Living 2.0	Living 2.6	Premium S 5.0	Premium S 7.2	Premium M 11.0	Premium M 16.0
Elektrický výkon	2,0 kW	2,6 kW	5,0 kW	7.2 kW	11 kW	16 kW
Tepelný výkon	5,3 kW	5,9 kW	12,2 kW	18.4 kW	25 kW	38,2 kW
Výstup topné vody	90 °C		93 °C			
Celková účinnost	100,1 %	103 %	107 %	110 %	106 %	108 %
Účinnost generátoru	27,1 %	31,3 %	30,3 %	30,4 %	31,0 %	31,1 %
Účinnost rek.tepla	73,0 %	71,7 %	77,0 %	79,1 %	74,5 %	76,9 %

Obrázek 34 : Jednotky na biomasu [48]

Vzhledem k potřebnému výkonu jednotky 2,46 kW bude pro potřeby BD Libeř postačovat jednotka **Living 2.6** o maximálním výkonu **2,6 kW**.

Dle informací od výrobce, je její napojení na zásobník pelet zvolený v kap. 2.4.3 možný a bude vyřešen v rámci instalace jednotky výrobcem.

2.5.3 Uskladňování elektrické energie v budově.

Uskladňování elektrické energie u autonomních budov je zásadní pro správnou funkčnost celého systému, využívající elektrickou energii. Jedná se především o překlenutí doby, kdy je výkon FVE nedostatečný pro zajištění běžného režimu budovy. Jinak řečeno, akumulátor soužijí k tomu, aby ukládal energii ve chvílích, kdy jí z panelů přichází více, než je okamžitá spotřeba a vydával jí tehdy, kdy je dodávka energie z FVE nedostatečná.

Jedná se především o překlenutí nedostatečné výroby elektrické energie v průběhu dne (nesvítí slunce), a také pro zajištění elektrické energie v noci. Dalším parametrem návrhu je zajištění chodu budovy v případě, kdy dojde k situaci, že je v průběhu více dnů zataženo a celý systém je „dávkován“ pouze elektrickou energií uloženou v akumulátorech.

Celková kapacita akumulátorů, bude v BD Libeň navržena tak, aby dokázala zajistit potřeby elektrické energie po dobu 3 dnů, při standardním chodu budovy.

Parametry návrhu přehled :

- Dodávka el. energie přes noc
- Dodávka el.energie v případě, kdy je dlouhodobě zataženo

Dodávka el. energie přes noc :

Kapacita baterie musí být navržena tak, aby dokázala dodávat elektrickou energii do budovy v průběhu noci, kdy nelze počítat s dodávkou od FVE. Vzhledem k tomu, že systém je navržen na celoroční provoz, je nutné, aby kapacita odpovídala nejhorší možné situaci z hlediska délky noci. Nejdelší noc nastává v době zimního slunovratu a její délka je 16h. Tuto dobu musí baterie svojí kapacitou překlenout a zajistit dodávku el. energie do budovy, viz. tabulka 21.

Režim v noci	Délka noci [h] - zimní slunovrat	Stálý odběr [kW]	Potřebná kapacita baterií [kWh]
Standardní	16	2,461	39,4
Nouzový	16	1,016	16,3

Tabulka 22 : Potřebná kapacita baterií pro překlenutí nočního odběru el. energie

Vzhledem k tomu, že FVE byla navržena na zimní období a také vzhledem k tomu, že noční odběr energie nebude ani zdaleka odpovídat vypočtenému stálému odběru 2,4 kW, lze předpokládat, že v průběhu dne bude nashromážděno dostatečné množství energie pro překlenutí nočního provozu.

Dodávka el. energie v případě, kdy je dlouhodobě zataženo

Jak je již výše zmíněno, baterie bude navržena na pokrytí energetických potřeb budovy na dobu 3 dnů ve standardním režimu. Je tedy nutné zjistit, jaká musí být kapacita baterií pro zajištění celkových en.potřeb budovy na dobu 3 dnů, bez omezení komfortu.

- Stálý odběr 2,46 kWh/h
- Doba $3 * 24 = 72$ h
- Potřebná kapacita X

$$X = 2,46 * 72 = \underline{177 \text{ kWh.}}$$

Nutná kapacita instalovaných baterií je tedy **177 kWh**.

Návrh konkrétní baterie

Dalším důležitým parametrem při návrhu trakčních baterií (dále již jen jako „baterie“), je jejich využitelná kapacita. Využitelná kapacita dnešních nejmodernějších baterií je až 90%, nicméně v průběhu let dochází k jejich opotřebování a je tudíž rozumné, počítat ve výpočtu s bezpečnou hodnotou 85%. [33]

$$\text{Potřebná kapacita baterie je tedy } 177/0,85 = \underline{208 \text{ kWh.}}$$

Dalším důležitým parametrem návrhu je spojování akumulátorů do větších celků z důvodu získání větší kapacity. Spojování se provádí buďto paralelně, nebo sériově, popř. sérioparalelně. V případě ostrovních domů se běžně využívá zapojení paralelní, kdy je výhodou získávání vyššího proudu, než u sériového zapojení. [33]

Konkrétní baterie bude například Baterie BMZ Li-Ion 48V 121Ah 6,8kWh ESS 7.0 o celkové využitelné kapacitě 5,39 kWh. Jelikož tento konkrétní výrobce uvádí využitelnou kapacitu baterie, bude pro výpočet množství baterií využita původní hodnota **177 kWh**. [34]

Technická specifikace

- energie nominální/použitelná: 6,74 kWh/5,39 kWh
- nom. napětí: 55,5 V
- koncové nabíjecí napětí: 61,5 V
- minimální napětí: 45,0 V
- nominální/ použitelná kapacita: 121,5 Ah/97,2 Ah
- maximální nabíjecí proud: 90 A
- maximální vybíjecí výkon: 18 kW

Obrázek 35 : Technická specifikace zvolené baterie [34]

Předběžný návrh množství baterií :

- Použitelná energie 5,39 kWh
- Potřebná kapacita (energie) 177 kWh
- Množství akumulátorů X

$$X = 177/5,39 = \mathbf{32 \text{ kusů.}}$$

Možná varianta je tedy navržení akumulátorů BMZ Li-Ion 48V 121Ah 6,8kWh ESS 7.0, o celkovém množství 38 ks. Cena jednoho kusu se pohybuje okolo 88 000 ,- bez DPH.[34]



Obrázek 36 : Zvolená baterie BMZ Li-Ion [34]

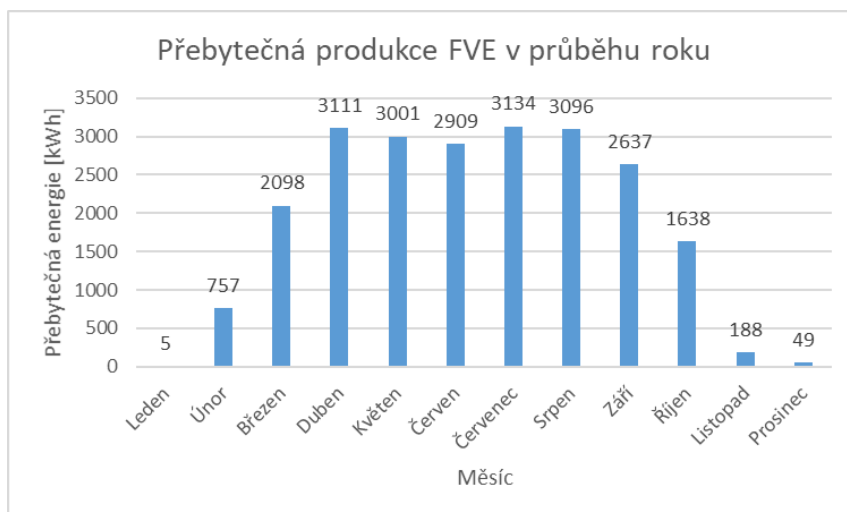
2.5.4 Hospodaření s přebytky elektrické energie v letním období

V systému je uvažováno s implementací topné spirály, která bude v období březen – říjen v případě přebytku energie, zajišťovat přípravu teplé vody v objektu. Nutno podotknout, že topná spirála je brána čistě jako doplňkový systém v případě přebytků el. energie z FVE, v předpokládaném období. Hlavní systém uvažovaný pro zajištění teplé vody po celý rok, je zvolený kotel na biomasu (viz. kapitola 2.4.2). Z tohoto důvodu bude při bilanci uvažována pouze měsíční potřeba energie na ohřátí teplé vody a porovnána s přebytkem produkce z FVE ve zvoleném období. Jedná se tudíž pouze o velmi orientační výpočet, poukazující kolik energie lze maximálně ve zvoleném období uchovávat do teplé vody.

- En. pro zajištění teplé vody 51, 143 kWh/den (viz kap. 2.3.1)
- Potřebné množství energie X
- Počet dní v měsíci 30

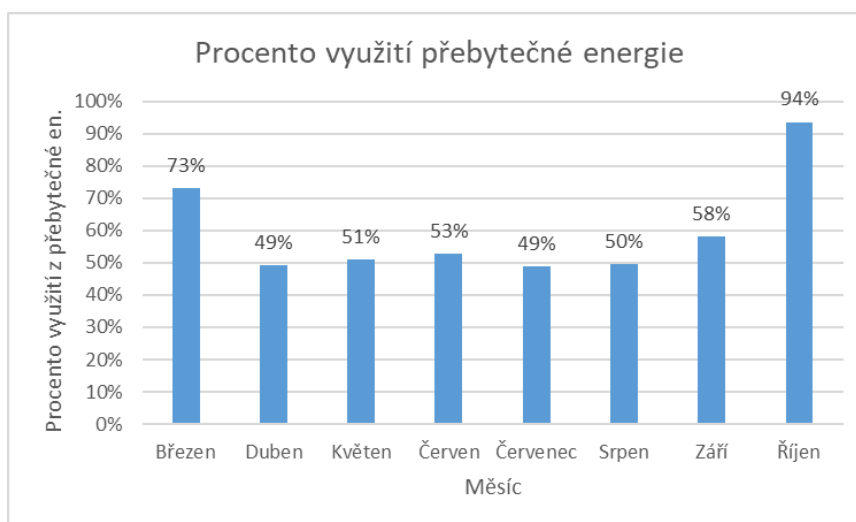
$$X = 30 * 51,143 = \mathbf{1534 \text{ kWh/měsíc}}$$

V grafu 7 je znázorněná využitelná přebytečná energie z FVE v průběhu roku.



Graf 7 : Přebytečná energie z FVE v průběhu roku

V tabulce níže je uvedeno procentuální využití přebytečné energie pro zvolené období březen – říjen.



Graf 8 : procento využití přebytečné energie topnou spirálou

Bilancování reálné využitelné energie možné uchovávat do teplé vody, spolu s uvážením aktuálního počasí, je velice nepředvídatelná a ožehavá problematika. S přihlédnutím na to, že tento systém je zvolený, jako doplňkový a náklady na jeho instalaci jsou minimální (cca 4500-5000 Kč), je výpočet pouze orientační. Lze předpokládat, že skutečné množství energie, které bude v průběhu času možné ukládat do teplé vody, bude vzhledem ke kapacitě zásobníku a aktuálnímu počasí výrazně nižší, než je uvedeno ve výpočtech výše. Skutečnou „účinnost-návratnost“ tohoto opatření, bude možné přesněji určit v případě měření v reálném provozu budovy v průběhu roku.

Výkon topné spirály je odvozený od potřebného výkonu hlavního zdroje, což je 2,6kW se zásobníkem teplé vody na 500L. Tyto parametry splňuje topné těleso **Regulus 3 kW, typ D** o výkonu 3 kW, která je určená pro instalaci do jakéhokoli zásobníků teplé vody.



Obrázek 37 : Topná spirála Regulus 3 kW, typ D

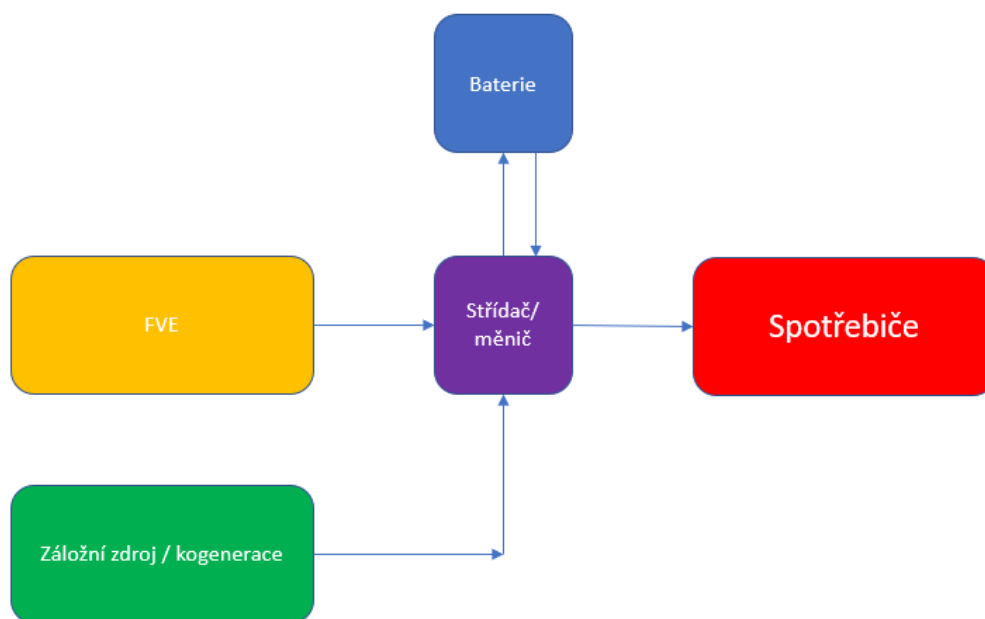
Další možností pro využití přebytečné energie, je například nabíjení elektromobilů. V tomto případě bude možno nabíjet pouze v období, kdy je přebytečné energie dostatek v souběhu se zajišťováním teplé vody pomocí topné spirály, která má v systému přednost před dobíjením elektromobilů. Toto období je, vzhledem k grafu č.8, uvažováno pouze v měsících **4, 5, 6, 7, 8, 9**. Dobíjení elektromobilů je tudíž bráno pouze, jako bonus pro uživatele BD Libeň a ve zbývajícím období, nebo v případě nedostatku energie v případě dlouhodobé oblačnosti v létě, budou nuceni využívat standardní veřejné dobíjecí stanice.

2.5.5 Schéma a popis navrženého systému

Moderní spotřebiče fungují na střídavý proud a napětí o velikosti 230V, nicméně výstupní napětí z baterie má hodnotu 12V, a je nutné ho tudíž převést na střídavý proud o napětí 230V. Z tohoto důvodu je nutné ještě v instalaci umístit střídač napětí, který obvykle za pomoci pulzní metody zajistí požadované parametry výstupního proudu (střídavý proud o výstupním napětí 230V) a zajistí tím funkčnost systému.

Veškerá elektrická energie bude dodávána pomocí FVE. V případě dlouhodobé oblačnosti, bude pro zajištění funkčnosti potřeba dodávat potřebnou energii baterií, a to po dobu 3 dnů. V případě vyčerpání kapacity baterií pod minimální úroveň, dojde automaticky k sepnutí záložního zdroje, který bude soužit k pokrytí potřeb elektrické energie a k nabíjení akumulátorů při standardním režimu.

Schéma systému :



2.6 Nucené větrání

Problémem dnešních budov je snaha splnit stále přísnější požadavky na těsnost obálky budovy. Tímto se přímo zamezuje přirozenému „dýchání“ budovy, zvyšuje se pravděpodobnost tvorby plísní (zvýšená vlhkost), koncentraci CO₂ atd. Z tohoto důvodu je nutné zajistit dostatečnou výměnu vzduchu v objektu, i z hlediska množství osob (minimální potřeba čerstvého vzduchu na osobu, minimální intenzita výměny vzduchu, potažmo koncentrace škodlivin, CO₂, vlhkost apod.).

Moderní stavby (nízkoenergetické, nulové domy) se v dnešní době bez návrhu nuceného větrání s rekuperací, již téměř neobejdou. Stejně tak to platí i v případě BD Libeř, který je navržen v konceptu en. soběstačných, konkrétněji autonomních budov. Nucené větrání s rekuperací slouží k minimalizaci tepelných ztrát větráním a dále k zajištění optimální výměny vzduchu vycházejících z hygienických požadavků a doporučení.

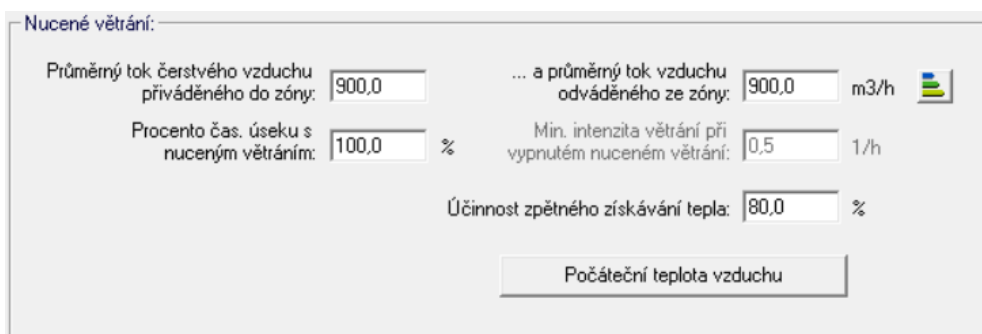
Nejedná se tudíž o systém, který by měl za cíl zvyšovat autonomitu BD Libeř. Nicméně lze podotknout, že vzhledem k rekuperaci a snížení potřebného výkonu pro zajištění tepelných ztrát u zdroje, jsou nižší pořizovací náklady na zvolený zdroj a dále nižší spotřeba paliva, v našem případě peletky. Tímto dochází ke snížení závislosti budovy na okolí (množství peletky) a k jistě lepší úrovni autonomie budovy.

2.6.1 Popis systému a základní výpočty

Množství odváděného vzduchu ze zóny

V první fázi bylo určeno množství, které je potřebné ze zóny odvést a zároveň přivést. Objem vzduchu v zóně je roven 1 800 m³. Doporučená intenzita větrání je pro obytné budovy, dle ČSN EN 15665/Z1, rovna hodnotě 0,5 h⁻¹. Z toho vyplývá, že množství vzduchu odvedeného ze zóny je 1 800/2 = 900 m³/h.[44]

Dalším parametrem je minimální dávka venkovního vzduchu na osobu, která dle výše zmíněné normy činí 25 m³ h⁻¹ os⁻¹. Tato hodnota, vzhledem k menší obsazenosti budovy (20 osob) činí pouze 20*25 = 500 m³/h. Pro návrh je tudíž zvolena hodnota na základě doporučené výměny vzduchu, která činí **900 m³/h**. [44]



Průměrný tok čerstvého vzduchu přiváděného do zóny:	900,0	... a průměrný tok vzduchu odváděného ze zóny:	900,0	m3/h
Procento čas. úseku s nuceným větráním:	100,0 %	Min. intenzita větrání při vypnutém nuceném větrání:	0,5	1/h
		Účinnost zpětného získávání tepla:	80,0	%
Počáteční teplota vzduchu				

Obrázek 38 : Základní parametry nuceného větrání [23]

Popis systému

Pro nucené větrání byl zvolen systém VAV se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu (rekuperace), s účinností 80%. Systém bude řešený centrálně, pomocí VZT jednotky s přívodem vzduchu do obytných místností (obývací pokoj, ložnice) a odvodem z koupelny a obývacího pokoje (WC a koupelna jsou v celém objektu umístěny v jedné místnosti) koncové prvky jsou tvořeny automatickými klapkami, pro zajištění požadovaného průtoku vzduchu. Dveře mezi jednotlivými místnostmi budou opatřeny větracími mřížkami pro zajištění průtoku vzduchu. Centrální jednotka je umístěná v technické místnosti 1.PP.

Stoupačí potrubí nuceného větrání je vedeno ve výtahové šachtě. Dle informací od výrobce výtahů je tato varianta možná a nebude žádným způsobem omezovat plynulost a chod výtahu.

Návrh zvoleného systému byl zhotoven pomocí programu REMAK od společnosti REMAK s.r.o. a je uveden v příloze :

- Návrh Konkrétního zdroje nuceného větrání.

2.6.2 Koncepční schéma nuceného větrání

Princip návrhu nuceného větrání je znázorněn na 1.NP a 1.PP a je uveden v přílohách:

- Schéma nuceného větrání 1.NP
- Schéma nuceného větrání 1.PP

Pozn.: Veškeré dimenze potrubí jsou pouze orientační z hlediska trasování, konkrétní návrh rozměrů bude proveden odbornou společností.

2.7 Hospodaření s vodou v budově

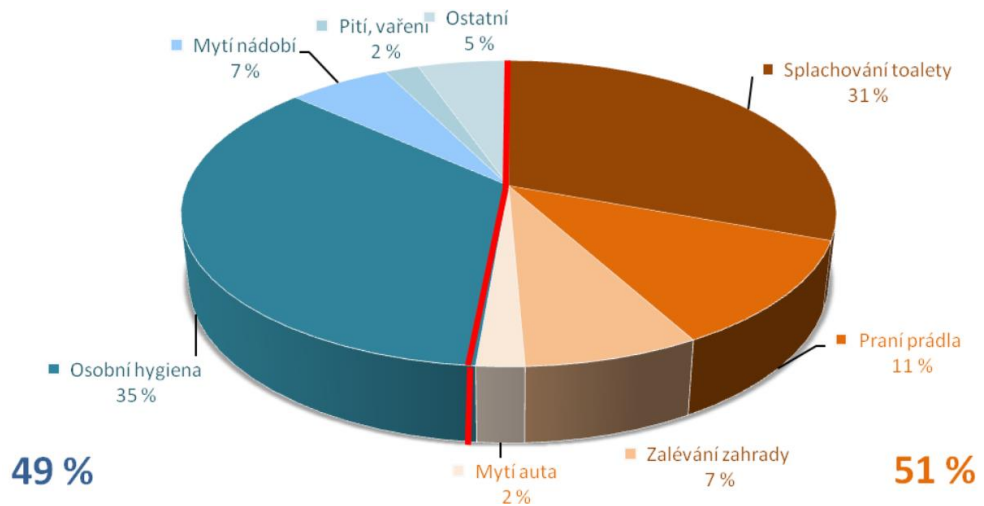
2.7.1 Celková koncepce hospodaření s vodou

Vzhledem k tomu, že BD Libeň není napojen na žádné veřejné sítě, je dalším důležitým parametrem návrhu koncept hospodaření s vodou. Jedná se především o získávání a hospodaření s pitnou a užitkovou vodou.

Zde je důležité si uvědomit, že pro dlouhodobou soběstačnost a udržitelné hospodaření s vodou, je nutné co nejefektivněji využívat dostupné zdroje pitné a užitkové vody. V konkrétním návrhu BD Libeň je uvažováno se sběrem dešťové vody do retenční nádrže, odkud bude využitelná na splachování popř zalévání záhonků a běžnou údržbu. Pitná voda bude získávána pomocí podzemní studny, jelikož v místě BD Libeň je pitá podzemní voda a je tudíž možné její získávání. Na obrázku níže je uvedena průměrná denní spotřeba vody v litrech na osobu za den.

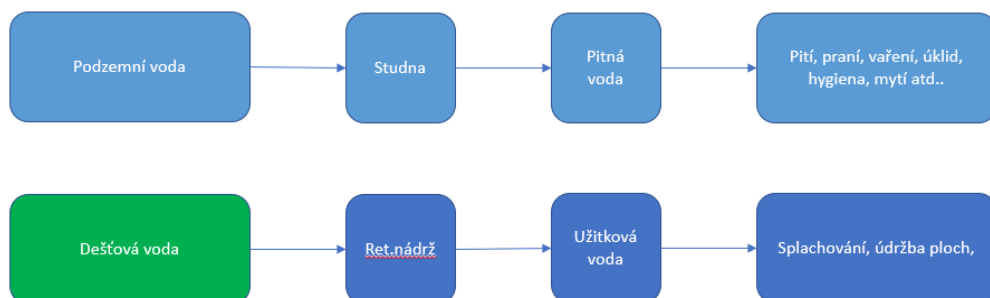
	Spotřeba vody v litrech
WC	30
Osobní hygiena, koupel, sprcha	40
Praní, úklid	10
Příprava jídla, mytí nádobí	8
Mytí rukou během dne	4
Zalévání	4
Pití	2
Ostatní	2
CELKEM	100

Obrázek 39 : Průměrná denní spotřeba vody na osobu/den v České republice [40]



Obrázek 40 : Graf průměrné spotřeby vody v domácnosti [37]

Koncepční schéma konkrétního hospodaření s vodou v BD Libeň :



2.7.2 Pitná voda

Získávání pitné vody

Jak je již výše zmíněno, pitná voda bude získávána s podzemních zdrojů (podzemní voda) pomocí podzemní studny. Konkrétní návrh parametrů studny je závislý na hydrogeologickém průzkumu (úroveň hladiny podzemní vody, hydraulické propustnostní parametry podloží, vertikální skladba podloží atp.) a bude navržena a provedena odbornou společností, při čemž se předpokládá její dostatečné množství a kvalita, která bude taktéž ověřena.

Celkový koncept dopravy vody a popis systému.

Doprava vody (čerpání) je zajištěna pomocí studnového čerpadla, které zajistí vytvoření potřebného tlaku v celém systému. Dále je zde umístěna vodárna, což je souhrnné označení pro další prvky zajišťující chod systému. Jedná se především o tlakovou nádobu, která ve spolupráci s čerpadlem zajišťuje potřebný tlak pro funkčnost systému, dále o zpětnou klapku, regulátor tlaku (tlakový spínač) a řídicí jednotku s frekvenčním měničem. Dále je nutné zmínit tzv. tepelnou ochranu vodárny, kdy ve chvíli přetížení motoru čerpadla, dojde k jeho vypnutí a po vychladnutí opět spuštění.

Jak je již zmíněno v kap. 1.5.1, problémem u autonomních budov může být nedostatek elektrické energie pro chod vodárny a je tudíž nutné mít zajištěný mechanický způsob získávání pitné vody. Tento způsob řešení je jistě vhodný pro rodinné domy, nicméně v konceptu bytových domů je jeho praktické využívání nepředstavitelné. Jak je popsáno v kap. 2.5.5, je zde umístěn náhradní zdroj elektrické energie, který v případě nedostatku zajistí dostatečné množství elektrické energie pro standardní chod budovy, tudíž i vodárny.

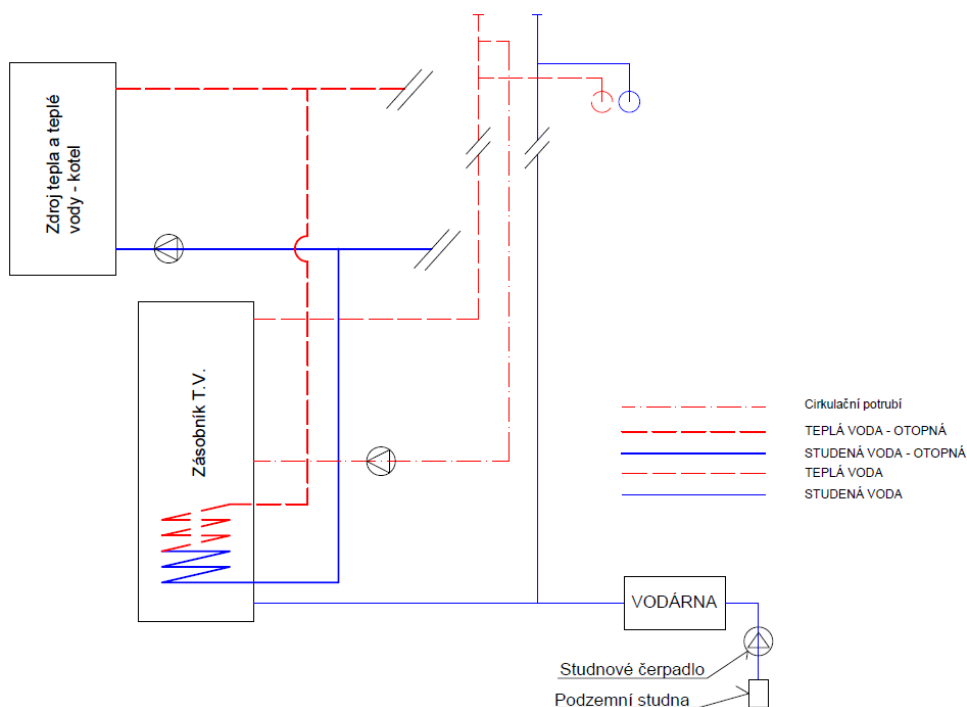
Ohřev vody

Ohřev vody je zajištěn pomocí již navrženého kotle na biomasu, který za pomoci zásobníku teplé vody zajistí dostatečné množství teplé vody pro potřeby bytového domu.

V zásobníku je umístěn výměník tepla – spirála, kterou proudí topná voda z kotle a zajišťuje ohřev teplé vody v zásobníku. V zásobníku je tedy přímo pitná voda, která je po ohřátí distribuována do výtokových armatur jednotlivých bytů.

Jelikož se jedná o centrální zásobníkový ohřev teplé vody, je nutné zajistit cirkulaci teplé vody pomocí cirkulačního potrubí. Toto potrubí je z hlediska hospodaření a šetření

s vodou nutností. Pokud by cirkulační potrubí nebylo, bude muset odběratel teplé vody (např osoba v horním podlaží) čekat, než dojde k odpuštění vychladlé vody v systému a výtoku dostatečně teplé vody. Cirkulační potrubí tomuto efektu předchází a nedochází tudíž k tak dlouhému odpuštění a šetření s vodou, což je v řešeném objektu zásadní.



Obrázek 41 : Konceptní schéma navrženého systému pitné vody

2.7.3 Užitková voda

Získávání užitkové vody

Zdrojem užitkové vody jsou dešťové srážky dopadající na střechu objektu. Dále jsou svedeny pomocí dešťových svodů do retenční nádrže, z níž je užitková voda dále využívána. Retenční nádrž je umístěna pod úrovní terénu tak, aby nedocházelo k jejímu namrzání a je opatřena přepadem, z něhož je přebytečná voda odváděna do vsakovací jímky přímo na pozemku. Návrh vsakování bude proveden odbornou společností při uvážení hydrogeologických podmínek v okolí stavby. Odvod dešťových vod do vodního toku není možný, jelikož nejbližší vodní tok je vzdálen přes 2km od pozemku.

Celkový koncept systému.

Celkový koncept je shodný s konceptem uvedeným pro pitnou vodu. V nádrži je umístěné čerpadlo, které za pomoci expanzní nádoby udržuje v systému potřebný tlak. Dále jsou zde umístěna tlaková čidla, která celý systém řídí a spínáním čerpadla zajišťují potřebný

rozsah tlaků. V neposlední řadě jsou zde umístěny vypouštěcí ventily a pojistný tlakový ventil, který je nastaven na vyšší tlak, než je požadovaný tlak v systému.

Užitková voda bude sloužit ke splachování WC a běžnou údržbu. Jelikož je celý systém závislý na aktuálních srážkách, může například dojít k nedostatku užitkové vody. Největší problém by to způsobilo v případě splachování WC, a proto bude systém, v případě nedostatku, umožňovat splachování pomocí pitné vody.

Zásadním je, při konceptu hospodaření s užitkovou vodou, návrh retenční nádrže, která musí být navržena s ohledem na předpokládané potřeby užitkové vody a průměrných ročních srážek v dané lokalitě.

V první fázi je potřeba určit, jaké množství vody bude v dané lokalitě využitelné, jinak řečeno, množství vody získané z průměrných srážek zachycené plochou střechy:

Množství využitelné srážkové vody

K určení množství využitelné srážkové vody, je nutné počítat s daty ohledně územních srážek dešťových vod pro ČR v dané lokalitě. Stavba se nachází ve středočeském kraji, byla tudíž použita historická data pro Prahu a Středočeský kraj.

Rok	Úhrn srážek [mm]	Srážkový normál [mm]	Úhrn srážek v % normálu
2013	712	587	121
2014	587	587	100
2015	459	587	78
2016	535	587	91
2017	615	587	105
2018	423	587	72
2019	519	587	88
Průměr	550	587	94

Tabulka 23 : Úhrn ročních srážek pro Prahu a Středočeský kraj (2013-2019) [40]

Vzhledem k tomu, že srážkový normál (1981-2010) je 587 mm a průměrný úhrn srážek za období 2013-2019 je 550mm, dá se zde vyzorovat snižující se trend ohledně množství srážek za rok. Pro přesnější výpočet nebude tudíž použita hodnota srážkového normálu, ale hodnota odpovídajícím průměrnému úhrnu srážek za posledních 7 let, která činí **550 mm**.

Plocha střechy, využitelná pro zadržení dešťových vod, je **337 m²**.

*Roční využitelné množství = Plocha střechy * úhrn srážek =*

$$= 0,55 * 337 = \underline{185 \text{ m}^3}$$

Množství užitkové vody získané za rok tedy činí **185 m³**

Dále je nutné určit spotřebu užitkové vody v objektu, pro splachování a údržbu:

Splachování

Potřeba vody na splachování je závislá především na chování uživatelů, jejich počtu a v neposlední řadě na typu splachovacího zařízení (více či méně úsporné). Můžeme zde vycházet z dat uvedených na stránkách pražských vodovodů a kanalizací, kde je množství potřebné vody na splachování uvedeno, jako **22 l** na osobu za den. Tato hodnota bude dále použita pro výpočet. [38]

- Denní spotřeba vody na splachování 22 l/os
- Obsazenost budovy 20 osob.

$$\text{Denní spotřeba vody} = \text{spotřeba vody na osobu za den} * \text{počet osob} = 22 * 20 = 440 \text{ l} = \underline{0,44 \text{ m}^3}$$

*Roční spotřeba vody na splachování je tudíž 0,44 * počet dní v roce = 0,44 * 365*

$$= \underline{160 \text{ m}^3}$$

Vzhledem k tomu, že celkové roční množství zachycených srážek je pouze 185 m³ a vystačí tudíž s jistou rezervou pouze na splachování v objektu a údržbu, nebude dešťová voda využívána pro zalévání zahrady, ale naopak pro zajištění splachování, čímž dojde k úspoře pitné vody, jejíž „neomezená“ dostupnost v letech budoucích, již nemusí být samozřejmostí tak, jako dnes.

Návrh objemu nádrže

Roční potřeba vody na splachování činí 160 m³, z čeho vychází, že měsíční spotřeba je 13,3 m³. Nádrž bude tedy navržena s objemem **30 m³**, což tvoří dostatečnou rezervu na více než 2 měsíce v období sucha.

2.8 Odpadní voda

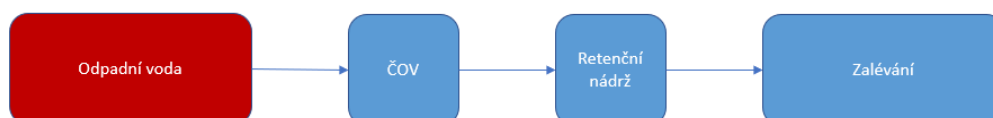
2.8.1 Celková koncepce nakládání s odpadními vodami.

K zajištění kompletní soběstačnosti budovy, je nutné provést návrh likvidace, popř. využívání odpadních vod. Jelikož objekt není napojen na žádné veřejné sítě, nelze předpokládat odvod odpadních vod do veřejné kanalizace.

Konkrétní přehled způsobů likvidace odpadních vod je uveden v kapitole 1.5.3.

Vzhledem k tomu, že v předchozí kapitole 2.7 bylo ověřeno výpočtem, že množství zachycené dešťové vody vystačí pouze na splachování, popř. údržbu ploch, bude vyčištěná odpadní voda využívána v plné míře na zajištění závlahy zahrady podmokem.

Koncepční schéma konkrétního hospodaření s odpadní vodou v BD Libeň:



2.8.2 Návrh systému

Celková produkce odpadních vod na osobu, lze odvodit od celkové spotřeby vody na osobu, která je uvedena na obrázku 38 a činí 100 l/os za den. Lze předpokládat, že produkce odpadní vody bude téměř shodná se spotřebou vody na osobu za den. Pro návrh vhodného systému bude tedy uvažována hodnota množství odpadních vod **110 l/os za den** a to z důvodu určité rezervy.

*Celková denní spotřeba vody = potřeba vody na osobu za den * počet osob =*

$$= 110 * 20 = \underline{\underline{2\ 200\ l / den}}$$

Celkové množství odpadní vody bytového domu tedy činí **2,2 m³** za den, popř. **803 m³** za rok.

Pro návrh ČOV, byl použit on-line výpočtový program, kde byla zadána celková produkce odpadních vod, na jejímž základě byla navržena konkrétní ČOV. [42]

Množství odpadních vod celkem	2.201 m ³ /den
Množství organického znečištění celkem	0.88 kg/den
Počet EO celkem	14.67 EO

Obrázek 42 : Množství odpadních vod a přiváděného znečištění [42]

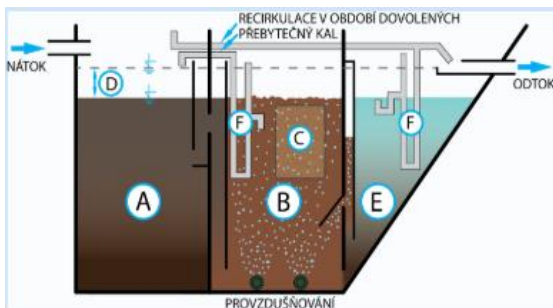
Maximální odtok z ČOV po akumulaci (pro použití ve směšovací rovnici)	0.241 l/s ???
Produkce kalu (sušina kalu 2-4%)	4.2 kg/m ³
Interval vyvážení	4 měsíce

Obrázek 43 : Ostatní parametry [42]

Dle výše uvedených parametrů, byla vybrána biologická ČOV AS-VARIOcomp 15K s akumulací nádrží, která bude zajišťovat závlahu zahrady (odstranění vyčištěných odpadních vod) podmokem. Vzhledem ke sklonitosti terénu, je tento systém funkční bez jakýchkoliv dalších pomocných zařízení (čerpadlo). Příkon zařízení je 100W, nicméně dmychadlo pracuje v režimu 15/15, kdy je 15 minut zapnuté a 15 minut vypnuté. Skutečný příkon v čase je tedy 50W.[43]

Typ	Počet EO	Q (m ³ /den)	BSK5 (kg/den)	Rozměry ČOV (mm)			Vtok (Hv) výška (mm)	Odtok (Ho) výška (mm)	Hmotnost (kg)	Příkon (W)
				průměr D	max. rozměr a x b	výška				
5K	3-7	0,75	0,30	1200	1250 x 1250	2020	1350	1270	170	60
8K	6-10	1,20	0,48	1480	1500 x 1500	2020	1350	1270	260	80
12K	10-13	1,8	0,72	1925	2000 x 2000	2030	1350	1270	390	95
15K	11-17	2,25	0,90	1700	1740 x 1740	2800	2100	2020	450	100
20K	18-25	3,00	1,20	1945	2000 x 2000	2810	2100	2020	700	120

Obrázek 44 : Jednotlivé varianty ČOV AS-VARIOcomp [43]



Obrázek 45 : Schéma ČOV AS-VARIOcomp [43]

Legenda: A-usazovací a kalový prostor, B-aktivace, C-nosič biomasy, D-akumulační prostor, E-dosazovací prostor, F-mamutka.

V další fázi je potřeba určit, zdali množství odpadní vody, alespoň částečně pokryje množství vody, potřebné pro kvalitní růst trávníku.

Uvádí se, že potřebné množství vláhy pro kvalitní růst trávníku je 25-40l /m² na týden, přičemž běžné průměrné srážky zajistí cca polovinu této hodnoty. Pro zajištění závlahy je tedy uvažována ½ z potřebného množství vláhy, což je : 12,5-20 l/m² za týden. Tento zjednodušený přepočet je možný i vzhledem k tomu, že hlavním konceptem objektu není zajištění extrémně kvalitního trávníku. Z toho důvodu bude také ve výpočtu uvažována týdenní hodnota pro zajištění závlahy 10l/m² za týden. [39]

- Týdenní závlaha 10 l/m²
- Počet týdnů v roce 52
- Zatavněná plocha pozemku 1 200 m²

*Množství závlahy za rok = týdenní závlaha * počet týdnů v roce =*

*=10 * 52 == 520 l/m² za rok = **0,52 m³/m² za rok.***

*Celkové množství = množství závlahy za rok * zatavněná plocha pozemku =*

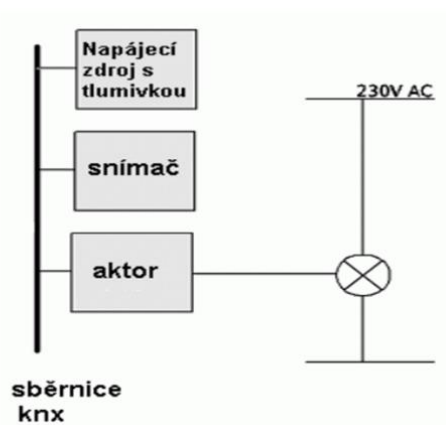
*= 1200*0,52 = **620 m³***

Ideální množství vody na závlahu je tedy 620 m³ za rok a množství vypouštěné odpadní vody na „podmok“ je 803 m³ za rok. Z toho se dá usuzovat, že „zalévání“ zahrady (odstraňování odpadních vod) podmokem je dostatečné pro kvalitní růst trávníku.

2.9 Princip řízení systémů

2.9.1 Obecné informace

Pro zajištění optimálního chodu veškerých hlavních systémů budovy (VZT, vytápění atd) je navrženo řízení pomocí systému pro domovní komunikaci KNX s certifikací jednotlivých komponentů.



Obrázek 46 : Instalace se sběrnici [46]

Na obrázku výše, je znázorněno principiální schéma základního systému KNX. Celý systém se skládá z 5 ti základních částí :

- Sběrnice KNX
- Systémový modul
- Napájecí zdroj s tlumivkou
- Snímač
- Aktor (akční člen)

Systémový modul

Systémový modul vytváří spojení (komunikaci) mezi akčními členy a senzory v naší instalaci. Ve své podstatě se jedná o mozek celého systému, který přijímá a zpracovává informace od senzorů. Na základě vyhodnocení přijatých informací, vysílá datové toky do jednotlivých akčních členů, které je zpracují a zajistí potřebný výstup pro koncový „neinteligentní“ přístroj.

Komunikace mezi přístroji probíhá v konkrétní instalaci pomocí sběrnice vedení, kde jsou akční členy a senzory fyzicky spojené sběrnici přes systémový modul. Další případnou variantou je bez sběrnice instalace, kdy odpadá fyzická instalace sběrnice a hodí se spíše tam, kde nejsou prováděny rozsáhlé stavební úpravy.

Akční člen

Akční člen přijímá signály (datové toky) ze systémového modulu, na jejichž základě provádí na koncovém zařízení (které ovládá) požadovanou akci. Ve své podstatě se jedná o sval celého systému, který přijme signál od systémového modulu a zajistí příslušnou akci.

Sběrnice – vedení

Navržený systém, například od společnosti ABB s.r.o., komunikuje po datové sběrnici. To znamená, že každý člen musí být k této sběrnici připojen, čímž se zajistí možnost komunikace s ostatními účastníky.

Pro sběrnici platí určitá omezení, jako je například maximální počet prvků na sběrnici (64), maximální délka sběrnice (1 000m), maximální délka mezi dvěma účastníky sběrnice (700m) a maximální vzdálenost mezi napájecím zdrojem a nejvzdálenějším účastníkem (350m). Tyto parametry lze zvýšit instalací Liniových opakovačů. [48]

Sběrníkový kabel a napájecí zdroj

Sběrníkový kabel zajišťuje propojení všech účastníků na sběrnici. Pro konkrétní instalaci jsou použité certifikované KNX kabely.

Pro funkčnost systému je nutné zajistit instalaci napájecího zdroje s tlumivkou (Napájecí zdroj 29V DC 640 mA).

2.9.2 Funkčnost hlavního energetického systému-popis

V této kapitole bude popsán princip řízení jednotlivých systémů tak, aby docházelo k zajištění jejich dostatečné efektivnosti, funkčnosti a zajištění optimálních podmínek v BD Libeň. Konkrétní návrh systému s jednotlivými prvky a naprogramováním řídicí jednotky bude navržen odbornou společností.

Navržený systém bude zajišťovat funkčnost a vzájemnou spolupráci veškerých energetických prvků v BD Libeň tak, aby bylo dosaženo optimální funkčnosti, efektivity systému a zajištění požadovaných podmínek vnitřního prostředí.

Elektrický systém

Systémový modul bude vyhodnocovat informace od řídicí jednotky FVE, úroveň nabití baterií a aktuální, potažmo předpokládané spotřebě v budově v průběhu dne. V první fázi bude systém fungovat na základě implementovaných předpokládaných odběrových křivek el. energie v průběhu dne a předpokládané spotřebě jednotlivých zařízení. Jelikož se jedná o inteligentní systém, bude systémový modul automaticky upravovat vyhodnocovací metody a předpokládané odběry v průběhu dne, na základě reálného provozu. (měření spotřeby elektřiny-ModBus). V případě, že systém vyhodnotí kritickou úroveň kapacity baterií a nedostatečnou produkci FVE, dojde k sepnutí záložního zdroje a dobití baterií na

požadovanou úroveň. Tímto způsobem se zajistí dostatek elektrické energie v průběhu celého dne, potažmo v období dlouhodobé oblačnosti, bez jakýchkoliv výpadků.

Vzhledem k tomu, že bude systém upravovat své vyhodnocování na základě reálného provozu budovy, bude docházet k minimalizaci zbytečného zapínání záložního zdroje v případech, kdy je dle reálného provozu budovy kapacita baterií a výkon FVE dostatečný, pro překlenutí budoucích odběrů – úspora paliva kogenerační jednotky.

VZT

Řízení nuceného větrání bude zajištěno například jednotkou 6164/11 U-500 Heating actuator 1gang actuator, která je plně kompatibilní s KNX systémovým modulem. V bytových jednotkách budou umístěna čidla CO₂ a v případě zvýšené koncentrace CO₂, bude systémem krátkodobě upraven objem přiváděného vzduchu do místnosti.

Vytápění a teplá voda

Systém vytápění bude fungovat na základě ekvitermní regulace (regulace dle venkovní teploty) s teplotním čidlem umístěným v exteriéru. Teplota v jednotlivých místnostech bude na základě nastavení uživatelů ovládána pomocí termostatů. Dále budou pomocí spínacích akčních členů ovládána jednotlivá čerpadla systému. Kotel bude ovládán pomocí akčního členu na hořáku s modulací výkonu. Zároveň bude systém na základě předpokládaných křivek denního odběru vody vypínat cirkulační čerpadlo.

Pro zajištění teplé vody je uvažován jako hlavní zdroj, taktéž navržený kotel na biomasu s doplňkovým ohřevem pomocí topné spirály. V případě, že systém vyhodnotí přebytky elektrické energie z produkce FVE a dostatečnou úroveň kapacity baterií, dojde ke snížení výkonu kotle, sepnutí elektrické topné spirály akčním členem a využití přebytečné energie k ohřevu teplé vody – úspora paliva kotle na biomasu.

Ostatní

Systémový modul bude taktéž přijímat informace od řídicí jednotky vodárny a ČOV. V případě poruchy jednotlivých systémů, vyšle informaci pomocí sms jednotlivým uživatelům BD a správci objektu. Tímto způsobem se zajistí dostatečná informovanost uživatelů o stavu těchto systému tak, aby byli schopni se současnému stavu přizpůsobit. Zároveň nebude docházet k zbytečné prodlevě mezi poruchou systému a její detekcí.

Schéma systému

Schéma řízení energetického systému budovy je znázorněno v příloze :

- Koncept řízení hlavních systémů budovy

2.9.3 Funkčnost systému v bytových jednotkách

V této části je popsán princip ovládání jednotlivých bytových jednotek pomocí systému KNX. Rozmístění jednotlivých prvků je znázorněno na typické bytové jednotce (byt. č.4). V návrhu je uvažováno z hlediska energetických úspor pouze základní řízení teploty, popř. úpravu množství přiváděného vzduchu do místnosti, na základě čidel CO₂ a ovládání osvětlení.

V budoucnosti bude možné implementovat další stupně řízení bytových jednotek, jako je například ovládání žaluzií a zásuvkových okruhů, popř ovládání větrání na základě obsazenosti. Rozšíří se tím možnosti při definování uživatelských profilů a celkový komfort a automatizace při užívání.

Vytápění bude regulováno pomocí termostatů umístěných v každé místnosti. Jednotlivá otopná tělesa jsou ovládány pomocí akčních členů umístěných ve vstupní místnosti každé bytové jednotky (chodba).

V bytové jednotce jsou dále umístěna čidla CO₂, která souží pro např. zvýšení přísunu větracího vzduchu v případě, že dojde ke zvýšenému výskytu osob v jednotlivých místnostech (oslavy apod) a nebude tudíž uvažovaná 0,5 násobná výměna vzduchu dostačující z hlediska koncentrace CO₂. Dále bude možné ovládání větrání pomocí ovládacího displeje, umístěného v chodbě každé bytové jednotky.

Dále je do celkového konceptu zařazeno i ovládání osvětlení. V místnostech budou umístěny kolébkové spínače (nástěnná tlačítka), kde je možné jednotlivé pozice spínače programovat a definovat tak spouštění jednotlivých scén. (například snížení intenzity osvětlení na požadovanou úroveň při sledování TV)

Pro ovládání je mimo jiné umístěn programovatelný nástěnný LCD displej, na kterém se zobrazuje uživatelské rozhraní.

Schéma navrženého systému je znázorněno v příloze:

- Koncept řízení bytového systému

3 Závěr

3.1 Princip – zhodnocení návrhu

Bytový dům Libeř není napojený na žádné veřejné sítě a je tudíž navržen v konceptu energeticky soběstačných, konkrétněji autonomních (ostrovních) budov. Veškeré systémy jsou navrženy tak, aby zajistily maximální nezávislost BD Libeř na okolí a zároveň, aby v případě poruchy jednotlivých systémů, byly ostatní systémy schopny i nadále pracovat samostatně. Největší hrozbou je v tomto návrhu systém (FVE) zajišťující elektrickou energii, který je přímo závislý na povětrnostních podmínkách v čase (sluneční svit) a je tudíž možné, že v případě dlouhodobé oblačnosti nebude zajišťovat dostatek el. energie pro chod budovy. Z toho důvodu je zde umístěna soustava akumulátorů a náhradní (sekundární) zdroj, v podobě kogenerační jednotky na peletky, která neodporuje konceptu soběstačných budov (peletky-biopalivo) a je navržen tak, aby si systém, v případě nedostatku, mohl el. energii „přisát“ z tohoto zdroje. Veškeré systémy jsou plně automatické a řízené pomocí systému KNX.

3.2 Přehled navržených systémů

Energetické schéma systému je uvedeno v příloze :

- Schéma energetického systému

3.2.1 Vytápění a teplá voda

Parametr	Hodnota	Jednotka
Potřebný výkon zdroje pro teplou vodu	2,6	kW
Potřebný výkon zdroje pro vytápění	12,93	kW
Celkový nutný výkon zdroje (TV + vyt.)	15,53	kW

Zdrojem pro přípravu teplé vody a vytápění v objektu je kotel na biopaliva **ATMOS 21D s výkonem 4-19,5kW**, který je umístěn v technické místnosti v 1.PP. Zásobník paliva (peletek) je umístěn taktéž v technické místnosti a dávkování je zajištěno pomocí přímého šnekového dopravníku. Zásobník má objem 7,9 m³ a je tudíž navržen na plnění 2x za rok.

Teplá voda je ohřívána v zásobníku, který je navržen na základě odběrových denních křivek s objemem 500l. V zásobníku je dále integrována elektrická topná spirála (**Regulus 3**

kW, typ D o výkonu 3 kW), která bude v případě přebytku el. energie z FVE využívat tuto energii na ohřev TV čímž dojde k úspoře paliva (peletky) a zároveň k téměř 50% využití letních přebytků z FVE.

Plánované využití topné spirály je v měsících 3-10, kdy dokáže zajistit až 100% potřebu teplé vody. Tento systém je branný pouze jako doplňkový, hlavním zdrojem teplé vody je navržený kotel na biopaliva. Níže je proveden orientační výpočet úspory peletky, při spolupráci hlavního zdroje s elektrickou topnou spirálou, v období březem-říjen pro zajištění teplé vody v objektu.

Parametr	Hodnota	Jednotka
Potřeba tepla pro pokrytí tepelných ztrát za rok	86,7	GJ
Potřeba tepla pro TV za rok	67,2	GJ
Potřeba tepla pro TV pro období březem-říjen	44,2	GJ
Výhřevnost peletky	17	MJ/kg
Celková roční potřeba tepla	153,9	GJ

24 : Základní energetické parametry navrženého systému vytápění a přípravy teplé vody

Teoretická úspora peletky v měsících 3-10.

- En. pro zajištění teplé vody 51, 143 kWh/den (viz kap. 2.3.1)
- Potřebné množství energie X
- Počet dní v měsíci 30

$$X = 30 * 51,143 = \underline{1534 \text{ kWh/měsíc}}$$

Za uvažované období (březem-říjen): 12 344 kWh = 44,2 GJ

Teoretické množství uspořených peletky

$$M \text{ [kg]} = \frac{Q_c}{H}$$

Kde : M potřebné množství peletky za uvažované období [kg]

H Výhřevnost [MJ/kg]

Qc Potřebné množství tepla za uvaž. období (teplá voda) [MJ]

$$M = \frac{44\,200}{17} = 2\,600 \text{ kg} = \underline{2,6t}$$

Ceny pelet se v dnešní době pohybují okolo 6000 Kč/t [45]. Celková teoretická úspora tedy činí : $2,6 * 6000 = \underline{15\,600 \text{ Kč/rok bez DPH.}}$

3.2.2 Elektrická energie

Pro zajištění potřeb elektrické energie je navržen systém, zajišťující hodnotu stálého odběru 2,461 kWh/h a celkového měsíčního odběru 1728 kWh. Součástí systému je řídicí jednotka a střídač/měnič, zajišťující požadované parametry výstupního proudu (střídavý) o požadovaném napětí (230V).

Druh	Stálý odběr [Wh/h]	Počet byt. jednotek	Stálý odběr [Wh/h]	Měsíční odběr [kWh]
Uživ. Energie	190	11	2090	1504,8
Neuživ. Energie	371	-	371	267,12
Celkem	561		2461	1728

25 : Přehled potřeby elektrické energie v BD Libeň

Pro zajištění en. potřeb z tab.25 je navržena FV elektrárna, která je sekundována kogenerační jednotkou na peletky.

Zdroje elektrické energie

FVE je uvažována, jako hlavní zdroje elektrické energie a je navržena na zajištění veškerých potřeb v zimním období (leden). Vzhledem k výkonu FVE dochází tedy k letním přebytkům, které jsou, jak je již výše zmíněno, vyžívány na příležitostný ohřev teplé vody pomocí elektrické topné spirály(březen-říjen) a dále na případné nabíjení elektromobilů (duben-září). Celková plocha panelů FVE je tedy 300,3 m² (181 ks panelů) s celkovým instalovaným výkonem 46 kWp, umístěná na pozemku BD Libeň.

Kogenerační jednotka na peletky je navržena jako sekundární zdroj, který bude aktivován v případě nedostatečného výkonu FVE, popř. v případě, kdy dojde k poškození systému FVE. Navržená kogenerační jednotka **Living 2.6** o maximálním výkonu **2,6 kW**. dokáže, v případě poškození a nefunkčnosti FVE, zajistit veškeré potřeby BD Libeň samostatně bez jakéhokoliv omezení provozu v budově. Kogenerační jednotka bude tedy forma, jaké si elektrocentrály, kdy si z ní systém v případě nedostatku, „přisaje“ energii.

Dále jsou navrženy baterie, sloužící k zajištění energie v noci a v případě dlouhodobé oblačnosti. Celkový počet navržených akumulátorů je **32**, s celkovou využitelnou kapacitou **208 kWh**, což zajistí běžný chod budovy na dobu **72h**.

3.2.3 Větrání

V BD Libeň je navržen systém nuceného větrání (VAV) se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu, s účinností 80% (viz.kap.2.6). Systém bude řešený centrálně, pomocí rekuperační jednotky s přívodem vzduchu do obytných místností a odvodem z koupelny. Díky rekuperaci dojde ke snížení tepelných ztrát větráním, což má za následek úsporu paliva na vytápění, snížení maximálního výkonu kotle a otopných těles.

3.2.4 Hospodaření s vodou

Pitná voda

Jako zdroj pitné vody, je navržena studna pro získávání kvalitní podzemní vody. Konkrétní návrh parametrů studny je závislý na hydrogeologickém průzkumu a bude navržena a provedena odbornou společností, při čemž se předpokládá její dostatečné množství a kvalita, která bude taktéž ověřena. Voda je ze studny distribuována do technické místnosti, kde je umístěna tlaková nádoba zajišťující dostatečný tlak v systému s regulátorem tlaku a spínačem pro ovládání čerpadla. Teplá voda je ohřívána zásobníkově s navrženým zásobníkem na 500l (viz. kap. 2.3), s ohřevem pomocí kotle na biopaliva (viz kap.2.4.2).

Užitková voda

Koncept systému (doprava) je shodný s konceptem pro pitnou vodu. Zdrojem užitkové vody je voda dešťová, která je zachytávána na střeše objektu a sváděna do retenční nádrže s navrženým objemem 30m³.

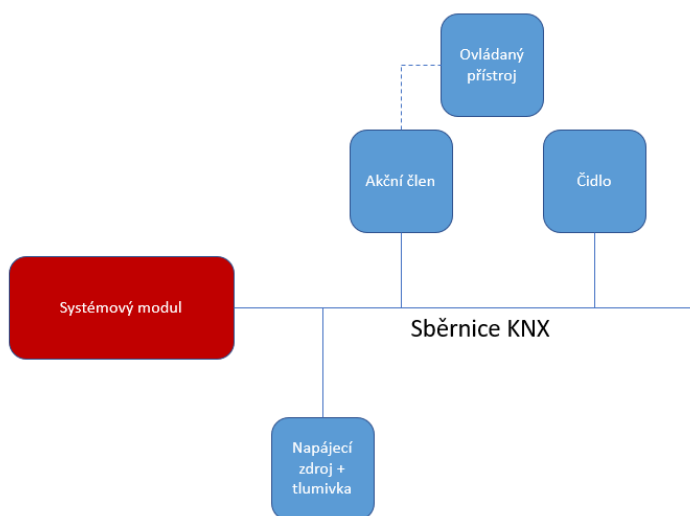
Z důvodu šetření s kvalitní pitnou vodou, je užitková voda dle vypočteného množství využívána na splachování WC a drobnou údržbu, na což je její množství, dle výpočtu, dostatečné (viz. kap. 2.7.3). V případě nedostatku dešťové vody v období dlouhodobého sucha, je nádrž doplňována vodou ze studny. Dále je v nádrži umístěn přepad pro vsakování přebytečného množství (návrh vsakování bude proveden odbornou společností při uvážení hydrogeologických podmínek v okolí stavby).

Odpadní voda

Vzhledem ke všem možným variantám ohledně odstraňování odpadních vod, je navržena konkrétní domovní čistička odpadních vod (**ČOV AS-VARIOcomp 15K** s akumulační nádrží) pro předpokládanou obsazenost budovy (20 osob).

Vzhledem k tomu, že užitková voda vystačí dle bilance pouze na splachování WC a běžnou údržbu, je vhodné zajistit dostatečnou závlahu zahrady právě pomocí vyčištěné odpadní vody. Závlaha je zajištěná podmokem, kde vzhledem ke sklonitosti terénu, je tento systém funkční bez jakýchkoliv dalších pomocných el. zařízení (čerpadlo). Množství vyprodukované odpadní vody je dle výpočtu dostatečné pro kvalitní růst trávníku. (Viz kap. 2.8.2)

3.2.5 Systém řízení



Obrázek 47 : Princip instalace se sběrnici

Pro zajištění optimálního chodu veškerých hlavních systémů budovy (VZT, vytápění atd) a konkrétní řízení v bytových jednotkách, je navrženo řízení pomocí systému pro domovní komunikaci KNX s certifikací jednotlivých komponentů. (viz kap. 2.9). Konkrétní návrh systému a naprogramování řídicí jednotky provede odborná společnost.

V bytových jednotkách jsou umístěny prvky pro ovládání větrání, otopné soustavy a osvětlení. Dále je v každé bytové jednotce místněn programovatelný ovládací panel, kde je zobrazeno uživatelské rozhraní.

Co se týče řízení celkového energetického systému, tak zde se jedná zejména o řízení VZT, vytápění (ekvitermní regulace), elektrického systému (Kooperace FVE-baterie-záložní zdroj vs. spotřeba el. energie) a sběr dat pro optimalizaci řízení.

Schéma navrženého systému je znázorněno v přílohách:

- KONCEPT ŘÍZENÍ BYTOVÉHO SYSTÉMU
- KONCEPT ŘÍZENÍ ENERGETICKÉHO SYSTÉMU

3.3 Ekonomické zhodnocení

Ekonomické zhodnocení je provedeno na zásadních systémech, které tvoří hlavní položky v rozpočtu, konkrétně se jedná o systém vytápění a elektrický systém. V rozpočtu není uvažována splátka úvěru, která obsahuje splátku jistiny a úroku (anuita). Dalším specifikem u autonomních budov je návratnost investice (diskontovaná a prostá doba návratnosti). V případě autonomních budov nedochází k reálné finanční návratnosti, jelikož je systém velice specifický, tím pádem drahý, a v případě BD Libeň se jedná o nutnost z hlediska dostupnosti zdrojů, a ne o investiční záměr. Cena peněz u jednotlivých prvků není taktéž uvažována. Peníze, vložené do nákupu například kotle apod., by se daly z cela jistě zhodnotit jinak, například nákupem státních dluhopisů, vložením na investiční fondy apod., nicméně v tomto případě jsou tyto prvky pro funkčnost BD Libeň nutností, a ne investicí, kde by se dala hodnotit ušlá příležitost.

3.3.1 Elektrický systém

Odhadovaná investice

Investiční náklady se u menších, standardních FVE s výkonem v řádech desítek kWp, pohybují okolo hodnoty 30 000 Kč/kWp.[49]

*Celková cena FVE = cena za kWp * instalovaný výkon =*

*=30 000 * 46 = **1 380 000 Kč bez DPH***

Pozn. cena FVE se sestává z ceny panelů, střídačů, konstrukce, ostatního materiálu a nákladů na instalaci.

Cena zvoleného akumulátoru se pohybuje okolo 88 000 Kč/kus, celkové množství navržených baterií je 38 ks. [33]

*Celková cena baterií = počet kusů * cena za kus =*

*=38 * 88 000 = **3 344 000 Kč bez DPH***

Cena náhradního zdroje (kogenerační jednotka na peletky) je 15 200 € bez DPH. Aktuální kurz eura je k aktuálnímu datu dle ČNB 27,049 Kč. [50]

*Cena kogenerační jednotky = cena v EUR *27,049 =*

*=15 200 * 27,049 = **411 145 Kč bez DPH***

Pozn. cena zvolené jednotky Living 2.6 byla zjištěna telefonicky u výrobce.

Položka	Cena bez DPH [Kč]	DPH	DPH [Kč]	Cena včetně DPH [Kč]
FVE	1 380 000	21%	289 800	1 669 800
Baterie	3 344 000	21%	702 240	4 046 240
Kogen.jednotka	411 145	21%	86 340	497 485
Celkem	5 135 145			6 213 525

Tabulka 26 : Orientační cena elektrického systému BD Libeň

Pozn. v celkové ceně není zahrnuta cena domovní elektroinstalace

Provozní náklady

Provozní náklady zvoleného autonomního systému jsou velice exaktní a těžko určitelné (kontrola a čištění střídače, čištění kolektorů, výdrž a kapacita baterií na základě nabíjecích cyklů – výměna apod.)

3.3.2 Vytápění a teplá voda

Odhadovaná investice

Úspora peletek, vzhledem k vyžívání topné spirály (viz kap.3.2.1), není ve výpočtu uvažována, jelikož se jedná o doplňkový zdroj pro přípravu teplé vody, jehož skutečná produkce je nepředvídatelná.

Položka	Cena bez DPH [Kč]	DPH	DPH [Kč]	Cena včetně DPH [Kč]
Kotel ATMOS 21D	52 000	21%	10 920	62 920
Hořák	20 900	21%	4 389	25 289
Akum nádrž T.V. s izolací 100mm	18 400	21%	3 864	22 264
Textilní zásobník ATZ 7	36 900	21%	7 749	44 649
Sada ekvitermní regulace	12 500	21%	2 625	15 125
Šnekový dopravník DA1500	9 100	21%	1 911	11 011
Topná spirála	5 000	21%	1 050	6 050
Montáž+ zprovoznění systému	55 000	21%	11 550	66 550
Celkem	209 800			253 858

Tabulka 27 : Orientační investice za kotel včetně příslušenství

Roční náklady (provozní + odpisy)

Pro možné uplatnění záruky a optimální funkčnost (kotel ATMOS vč příslušenství) je dle výrobce nutná každoroční odborná servisní prohlídka kotle, obsahující seřízení a regulaci s vyčištěním kotle, seřízení a vyčištění hořáku pelet, popř. topná zkouška a dále revize spalinových cest.

*Roční servis kotle = **3 000 Kč bez DPH***

*Revize spalinových cest = **1 500 Kč bez DPH.***

Pozn. ceny zjištěny telefonicky u výrobce (včetně dopravy).

Mezi provozní roční náklady dále patří spotřeba paliva na vytápění (86,7 GJ) a zajištění teplé vody (67,2 GJ). Celková energetická potřeba tedy činí **153,9 GJ**. Viz tabulka 24.

Množství peletek

$$M \text{ [kg]} = \frac{Q_c}{H}$$

Kde : M potřebné množství peletek za rok [kg]

H Výhřevnost [MJ/kg]

Q_c Celkové potřebné množství tepla (vytápění +TV) za rok [MJ]

$$M = \frac{153\,900}{17} = 9\,053 \text{ kg} = \mathbf{9,1t}$$

Ceny pelet se v dnešní době pohybují okolo 6000 Kč/t [45]. Celkové náklady na vytápění a zajištění teplé vody tedy činí :

*Náklady = Potřebné množství peletek za rok [t] * Cena peletek [Kč/t]*

*Náklady = 9,1 * 6000 = **54 600 Kč/rok bez DPH***

Odpisy jsou provedeny na základě předpokládané doby investice, která je odvozená od životnosti zvoleného systému. Určení životnosti kotle je velice ožehavá problematika, závislá na mnoha faktorech (údržba, instalace, provoz atp.). Při správné instalaci a ochraně proti nízkoteplotní korozi, je dle informací od výrobce možné uvažovat s životností zvoleného kotle přibližně 15 let.

Pozn. dobu životnosti, vzhledem k její nepředvídatelnosti, výrobce na svých stránkách neuvádí. Uvedená hodnota 15 let je pouze orientační, závislá na mnoha faktorech a byla zjištěna na základě telefonické komunikace s výrobcem.

$$\text{Odpisy} = \frac{\text{Vstupní investice}}{\text{Uvažovaná životnost}} = \frac{209\,800}{15} = \underline{\underline{13\,987\text{ Kč bez DPH}}}$$

Komplexní přehled ročních nákladů je uveden v tabulce níže.

Položka	Cena bez DPH [Kč]	DPH	DPH [Kč]	Cena včetně DPH [Kč]
Servis kotle	3 000	21%	630	3 630
Revize spalinových cest	1 500	21%	315	1 815
Palivo (peletky)	54 600	21%	11 466	66 066
Odpisy	13 987	21%	2 937	16 924
Celkem	73 087			88 435

Tabulka 28 : Shrnutí ročních provozních nákladů vč odpisů

Seznam použité literatury

- [1] Téměř nulové budovy. *Tzb-info* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>
- [2] Fotovoltaika. *Tzb-info* [online]. Praha: TZB-info [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika>
- [3] *Solární energie: Fotovoltaický jev* [online]. Praha: ČEZ [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/f8.htm>
- [4] Fotovoltaiku nebo solární kolektory? *Solarnisystemynaohrevvody* [online]. Stádlec: Solární systémy Kocián, 2020 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://solarnisystemynaohrevvody.cz/dalsi-clanky/280-fotovoltaiku-nebo-solarni-kolektory>
- [5] Výlet do fototermické historie. *Energie 21* [online]. Praha: Profi Press, 2018 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.energie21.cz/vylet-do-fototermicke-historie-2/>
- [6] TRNAVSKÝ, Jiří, ed. Výlet do fototermické historie. *Energie 21* [online]. Praha: Profi Press, 2018 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.energie21.cz/vylet-do-fototermicke-historie-2/>
- [7] DAVID, Jegijan. *Energie vody*. Praha, 2018. Seminární práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Michal Kabrhel.
- [8] Geotermální energie. *Oenergetice* [online]. Třebíč: OM Solutions, 2015 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/elektrina/geotermalni-energie>
- [9] ŠÍPAL, Jaroslav. *Obnovitelné zdroje energie: způsoby získávání elektrické a tepelné energie z obnovitelných zdrojů*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-742-5.
- [10] Jak fungují palivové články? *Tzb-info* [online]. Praha: TZB-info, 2018 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://elektro.tzb-info.cz/elektromotory-pohony-a-stroje/16987-jak-funguji-palivove-clanky>
- [11] MACHÁČEK, Jan. *STIRLINGŮV TERMODYNAMICKÝ CYKLUS*. 2009. Disertační práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Jan Gregor.

- [12] Domovní ČOV. *Sabtikas* [online]. Ostrava: sabtikas, 2020 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.sabtikas.cz/domovni-cov>
- [13] KRAUS, Michal. Pořídte si projekt domovní ČOV v roce 2020, co radí projektant? *Zakra* [online]. Plzeň: zakra, 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://zakra.cz/blog/poridte-si-projekt-domovni-cov-v-roce-2020-co-radi-projektant/>
- [14] Zemní pískové filtry. *Apoplast* [online]. Jihlava: apoplast [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.apoplast.cz/p/357/zemni-piskovy-filtr-typ-3-5>
- [15] POLÁK, Petr. Kořenové čistírny odpadních vod. *Tzb-info* [online]. Praha: TZB-info, 2011 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/likvidace-odpadnich-vod/7839-korenove-cistirny-odpadnich-vod-ekonomika-vystavby-a-provozu>
- [16] Vegetačná koreňová čistiareň ov. *Willowstavby* [online]. Červený Hrádok: willowstavby [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://willowstavby.sk/vegetacna-korenova-cistiaren-ov-2/>
- [17] FOJT, Pavel. Majitel ostrovního domu, který nemá přípojku na plyn, vodu ani elektřinu. *Ekobydlení* [online]. 2011 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.ekobydleni.eu/domy/rozhovor-majitel-ostrovnihodomu-ktery-nema-pripojku-na-plyn-vodu-ani-elektrinu>
- [18] PINTOS, Paula. Powerhouse Brattørkaia / Snøhetta. *Archdaily* [online]. archdaily, 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.archdaily.com/924325/powerhouse-brattorkaia-snohetta>
- [19] TÁBORSKÝ, Jan a Petr ZÁZVORKA. Kněžice: komplexní energetické řešení. *Casopisstavbnictvi* [online]. Praha: Informační centrum ČKAIT, 2009 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.casopisstavbnictvi.cz/knezice-komplexni-energeticke-reseni-N2412>
- [20] The Pearl River Tower. *Worldarchitecturenews* [online]. worldarchitecturenews, 2010 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/figure/Figure-25-The-Pearl-River-Tower-Source-wwwworldarchitecturenewscom-SOM-says-It-will-fig4-333671323>

- [21] SVOBODA, Zbyněk. *Energie 2019 EDU: Ke stažení III (freeware Energie 2019 EDU)* [online]. Praha: ČVUT, 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=331>
- [22] KEŘKOVSKÝ, Petr. *Projektová dokumentace Bytový dům Libeň*. Praha, 2018.
- [23] SVOBODA, Zbyněk. *Teplo 2017 EDU: Ke stažení V (freeware Teplo 2017 EDU)* [online]. Praha: ČVUT, 2017 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://kps.fsv.cvut.cz/index.php?lmut=cz&part=people&id=52&sub=369>
- [24] CALTA, Petr. *NÁVRH VYTÁPĚNÍ BYTOVÉHO DOMU*. Praha, 2018. Bakalářská práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Boháč Jindřich.
- [25] JEGIĀN, David. *Projekt 2*. Praha, 2019. Ročníková práce. ČVUT v Praze. Vedoucí práce Michal Kabrhel.
- [26] Kotle na pelety ATMOS. *Atmos* [online]. atmos [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/kotle-na-pelety/>
- [27] VÝROBA EKOPALIV. *Peletymilostin* [online]. Jiří Hejda [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://www.peletymilostin.cz/KVALITA-NASICH-TOPNYCH-PELET.html>
- [28] Orientační hodnoty spotřeby. *Premereni* [online]. Praha: Pražská energetika, 2016 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/Files/sluzby/pujcovani-mericich-zarizeni/meric-spotreby-elektriny/orientacni-hodnoty-spotreby-domacich-spotrebicu/>
- [29] Jak odhadnout spotřebu elektřiny v domácnosti. In: *Dodavatelektriny* [online]. dodavatelektriny [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://dodavatelektriny.cz/uzitecne-informace/jak-odhadnout-spotrebu-elektriny>
- [30] Kärcher BP 2 Cistern. *Zbozi* [online]. Kärcher [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.zbozi.cz/vyrobek/karcher-bp-2-cistern/>
- [31] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM: PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV. *Re.jrc.ec.europa* [online]. Brusel: European Commission, 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP
- [32] Jak velkou fotovoltaickou elektrárnu potřebujete? *Solarniexperti* [online]. České Budějovice: Solární Experti, 2018 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.solarniexperti.cz/kolik-solarnich-panelu-na-strechu-potrebujete/>

- [33] JAKUBEC, David. VYBAVENÍ PRO SOLÁRNÍ ELEKTRÁRNU: Akumulátory pro záložní zdroje a solární zdroje. *Bch-battery* [online]. Křtomil: Battery Charger CZ [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://www.bch-battery.cz/Informace-a-vypocty-baterii-FV-c2_359_2.htm
- [34] Baterie BMZ Li-Ion 48V 121Ah 6,8kWh ESS 7.0. *Solar-eshop* [online]. BMZ [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/baterie-bmz-li-ion-48v-121ah-6-8kwh-ess-7-0-1/>
- [35] Topné těleso poniklované 1f s termostatickou hlavicí, typ D. *Regulus* [online]. regulus [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.regulus.cz/cz/topne-teleso-poniklovane-1f-s-termostatickou-hlavici-typ-d>
- [36] RADIK KLASIK. *Korado* [online]. korado [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.korado.cz/produkty/radik/radik-klasik.html>
- [37] , Nicoll Česká republika. Jak využívat dešťovou vodu na zahradě i v domácnosti? *Tzb-info* [online]. Praha: tzb-info, 2012 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/8622-jak-vyuzivat-destovou-vodu-na-zahrade-i-v-domacnosti-zacnete-jiz-toto-leto>
- [38] Spotřeba vody. *Pvk* [online]. Praha: Pražské vodovody a kanalizace, 2019 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.pvk.cz/vse-o-vode/pitna-voda/spotreba-vody/>
- [39] O závlahových systémech: Kolik vody na závlahu. *Zavlahy.irimon* [online]. Praha: IRIMON [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: https://zavlahy.irimon.cz/clanek_kolik_vody_na_zavlahu
- [40] Územní srážky. *Portal.chmi* [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2020 [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>
- [41] Spotřeba vody v domácnosti. *Vodnistrzci* [online]. Praha: Pražské vodovody a kanalizace [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://vodnistrzci.cz/vse-o-vode/podkategorie/spotreba-vody-v-domacnosti.html>
- [42] REINBERK, Zdeněk. Návrh velikosti a typu biologické ČOV. *Tzb-info* [online]. Praha: tzb-info [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/106-navrh-velikosti-a-typu-biologicke-cov>

- [43] ČISTÍRNA ODPADNÍCH VOD AS-VARIOCOMP K. *Asio* [online]. Brno: ASIO TECH [cit. 2020-05-06]. Dostupné z: <https://www.asio.cz/cz/as-variocomp-k>
- [44] ZMRHAL, Vladimír, J. CHYSKÝ a K. HEMZAL. *Větrání a klimatizace*. 3., zcela přeprac. vyd. Brno: BOLIT-B Press, 1993. ISBN 80-901-5740-8.
- [45] Přehled cen pelet. *Tzb-info* [online]. Praha: tzb-info [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/43-prehled-cen-pelet>
- [46] VANĚK, Pavel. MODERNÍ POSTUPY PROGRAMOVÁNÍ SBĚRNICOVÝCH ŘÍDÍCÍCH SYSTÉMŮ KNX. Brno, 2016. Bakalářská práce. VUT v Brně. Vedoucí práce Branislav Bátora.
- [47] KNX základy. *Knx* [online]. Brusel [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: https://www.knx.org/wAssets/docs/downloads/Marketing/Flyers/KNX-Basics/KNX-Basics_cz.pdf
- [48] MIKROKOGENERAČNÍ JEDNOTKY. *Gt-energy* [online]. Praha: gt-energy [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: https://www.gt-energy.cz/cz/mikrokogeneracni-jednotky?gclid=Cj0KCQjwmpb0BRCBARIsAG7y4zaplawqOtxLS7EuXGrILBOoH8LrysUk6Q5yGsu4yWRvpXU7wxID-mgaAtmOEALw_wcB
- [49] NOVOTNÝ, Petr. Ekonomická návratnost investice do fotovoltaické elektrárny k pokrytí vlastní spotřeby podniku. *Tzb-info* [online]. Praha: tzb-info, 2018 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/16839-ekonomicka-navratnost-investice-do-fotovoltaicke-elektrarny-k-pokryti-vlastni-spotreby-podniku-2-cast>
- [50] Obchodní kurz - kurzovní lístek ČNB. *Cnb* [online]. Praha, 7. května 2020 [cit. 2020-05-07]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/platebni-styk/sluzby-pro-klienty/kurzovni-listek-cnb/>
- [51] GEBAUER, Günter, Olga RUBINOVÁ a Helena HORKÁ. *Vzduchotechnika*. Praha: ERA group, 2007. ISBN 8073660918.
- [52] ČSN EN 12831 - 1. *Energetická náročnost budov-Výpočet tepelného výkonu - Část 1 : Tepelný výkon pro vytápění Modul M3-3*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.
- [53] ČSN EN 12828 A1. *Tepelné soustavy v budovách - Navrhování teplovodních otopných soustav*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

[54] DANIELS, Klaus. *Technika budov: Příručka pr architekty a projektanty*. 3rd edition. Praha, 2009. ISBN 80-88905-60-5.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Obnovitelné zdroje energie	14
Obrázek 2 : Fotovoltaický jev [5].....	14
Obrázek 3: Principiální schéma ČOV [12].....	19
Obrázek 4 : Varianta řešení septiku s pískovým filtrem [14]	20
Obrázek 5 : Možné schéma kořenové čističky odpadních vod [16].....	21
Obrázek 6 : Koncepční schéma soustavy [19]	26
Obrázek 7 : Peral River Tower [20]	27
Obrázek 8 : Umístění pozemku	28
Obrázek 9: Situace.....	29
Obrázek 10 : Půdorys 1.PP [22].....	30
Obrázek 11 : Půdorys 1.NP [22]	31
Obrázek 12 : Půdorys 2.NP [22]	32
Obrázek 13 : Půdorys podkroví [22].....	33
Obrázek 14 : Půdorys podkroví 2 [22].....	34
Obrázek 15 : Sumarizace výsledků pro jednotlivé kce [21].....	37
Obrázek 16 : Základní údaje zóny	38
Obrázek 17 : Větrání a úpravy vzduchu	39
Obrázek 18 : Příklad zadání jednotlivých konstrukcí - ŽB vnější stěna	39
Obrázek 19 : Charakteristika budovy	40
Obrázek 20 : Stanovení prostupu tepla obálky budovy	40
Obrázek 21 : Klasifikační třídy obálky - B úsporná	40
Obrázek 22 : Energetický štítek obálky budovy	41
Obrázek 23 : Půdorys bytové jednotky č.4.....	42
Obrázek 24 : Výpočet tepelných ztrát pro obývací pokoj	43
Obrázek 25 : Výpočet tepelných ztrát pro Ložnici	43

Obrázek 26 : Výpočet tepelných ztrát pro koupelnu s WC	43
Obrázek 27 : Přepočet tepelného výkonu otopných těles [36]	44
Obrázek 28 : Návrh konkrétních rozměrů otopného tělesa [36]	44
Obrázek 29 : Vztah pro výpočet tepelné energie [25]	46
Obrázek 30 : ŘEZ kotlem ATMOS 21D [26]	51
Obrázek 31 : Hořák ATMOS A25 [26]	52
Obrázek 32 : Tkaninový zásobník ATZ [26].....	55
Obrázek 33 : Schéma zapojení kotle a textilního síla [26]	55
Obrázek 34 : Jednotky na biomasu [48].....	70
Obrázek 35 : Technické specifikace zvolené baterie [34]	72
Obrázek 36 : Zvolená baterie BMZ Li-Ion [34].....	73
Obrázek 37 : Topná spirála Regulus 3 kW, typ D	75
Obrázek 38 : Základní parametry nuceného větrání [23]	77
Obrázek 39 : Průměrná denní spotřeba vody na osobu/den v České republice [40]	79
Obrázek 40 : Graf průměrné spotřeby vody v domácnosti [37]	79
Obrázek 41 : Koncepční schéma navrženého systému pitné vody	81
Obrázek 42 : Množství odpadních vod a přiváděného znečištění [42]	85
Obrázek 43 : Ostatní parametry [42]	85
Obrázek 44 : Jednotlivé varianty ČOV AS-VARIOcomp [43].....	85
Obrázek 45 : Schéma ČOV AS-VARIOcomp [43].....	85
Obrázek 46 : Instalace se sběrníci [46].....	87
Obrázek 47 : Princip instalace se sběrníci.....	95

Seznam tabulek

Tabulka 1 : Skladby jednotlivých kcí s vypočteným součinitelem prostupu tepla	36
Tabulka 2 : Součinitel prostupu tepla prosklenými plochami	37
Tabulka 3 : Součinitel prostupu tepla dveřmi	37
Tabulka 4 : Přehledná tabulka základních parametrů vytápění.....	41
Tabulka 5 : Přehled navržených otopných těles pro byt č.4	45
Tabulka 6 : Přehled základních parametrů TV	48
Tabulka 7 : Výkonové parametry pro návrh kotle na biomasu	51
Tabulka 8 : Technická data [26]	52
Tabulka 9 : Základní parametry pro návrh	53
Tabulka 10 : Měrná sypná hmotnost peletek	54
Tabulka 11 : Velikosti zásobníků	54
Tabulka 12 : Výpočet spotřeby pro jednu bytovou jednotku	57
Tabulka 13 : Stály odběr všech spotřebičů v provozu pro jednu bytovou jednotku.	59
14 : Spotřebiče v provozu při nouzovém režimu	59
Tabulka 15 : Celkový přehled uživatelské energie	60
Tabulka 16 : Přehled stálých neuzivatelských odběrů pro standardní režim.....	62
Tabulka 17 : Přehled stálých neuzivatelských odběrů pro nouzový režim	63
Tabulka 18 : Hodnota stálého hodinového odběru při standardním režimu	63
Tabulka 19 : Hodnota stálého hodinového odběru při nouzovém režimu	64
Tabulka 20 : Celkové shrnutí hodnoty stálého odběru pro BD Libeř	64
Tabulka 21 : Získaná energie pro jednotlivé měsíce na 1kWp.....	67
Tabulka 22 : Potřebná kapacita baterií pro překlenutí nočního odběru el. energie.	71
Tabulka 23 : Úhrn ročních srážek pro Prahu a Středočeský kraj (2013-2019) [40]...	82
24 : Základní energetické parametry navrženého systému vytápění a přípravy teplé vody.....	92

25 : Přehled potřeby elektrické energie v BD Libeř	93
Tabulka 26 : Orientační cena elektrického systému BD Libeř	97
Tabulka 27 : Orientační investice za kotel včetně příslušenství.....	97
Tabulka 28 : Shrnutí ročních provozních nákladů vč odpisů.....	99

Seznam grafů

Graf 1 : Křivky dodávek a odběru tepla [25]	47
Graf 2 : Porovnání stálých uživatelských odběrů pro jednotlivé režimy	60
Graf 3 : Porovnání uživatelské a neuživatelské energie pro standardní režim	63
Graf 4 : Nutné pokrytí spotřeby el.energie pomocí FVE	66
Graf 5 : Získaná energie pro jednotlivé měsíce na 1kWp [31]	67
Graf 6 : produkce FVE v průběhu roku	69
Graf 7 : Přebytná energie z FVE v průběhu roku	74
Graf 8 : procento využití přebytné energie topnou spirálou.....	74

Seznam příloh

- 1) ENERGIE EDU 2019 – Podrobný protokol
- 2) Koncepční schéma vytápění 1.PP
- 3) Koncepční schéma vytápění 1.NP
- 4) Koncepční schéma vytápění 2.NP
- 5) Koncepční schéma vytápění Podkroví
- 6) Koncepční schéma vytápění Podkroví 2
- 7) Návrh konkrétního zdroje nuceného větrání
- 8) Schéma nuceného větrání 1.PP
- 9) Schéma nuceného větrání 1.NP
- 10) Koncept řízení hlavních systémů budovy
- 11) Koncept řízení bytového systému
- 12) Schéma energetického systému