ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Autonomní výzkumné stanice

Autonomous research station

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program: Budovy s prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

Vypracoval: **Bc. Jakub Feber**

Vedoucí práce: **Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.**

ZIMNÍ SEMESTR 2016

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Feber Jméno: Jakub Osobní číslo: 396390

Zadávající katedra: K124

Studijní program: Budovy a prostředí

Studijní obor: Budovy a prostředí

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: Autonomní výzkumné stanice

Název diplomové práce anglicky: Autonomous research stations

Pokyny pro vypracování:
1. Přehled dostupných řešení obdobných objektů:
   a. Energetické a technologické koncepty objektu
   b. Použitelná technologická řešení
2. Přehled statických, tepelně-technických i základních legislativních požadavků na objekt
3. Stanovení požadavků budoucích uživatelů na provoz objektu
4. Přehled statických, tepelně technických, energetických, hygienických a environmentálních požadavků
5. Návrh koncepce objektu (studie)
   a. Dispoziční řešení ve variantách, pohledy, řezy
   b. Energetický koncept a hospodaření s vodou (bilance, základní koncept, schémata zapojení)
   c. Technický koncept (statické a mateirálové řešení včetne základního posouzení)
   d. Výkresy vybraných 5 detailů

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího diplomové práce: Ing. Antonín Lupíšek, Ph.D.

Datum zadání diplomové práce: 27. 9. 2016 Termín odevzdání diplomové práce: 6. 1. 2017

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".

27. 9. 2016

Datum převzetí zadání Podpis studenta(ky)

Prohlášení

Já, Jakub Feber (nar. 9.11.1991 v Ostrově) čestně prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma Autonomní ostrovní stanice vypracoval samostatně za přispění odborných konzultací vedoucího diplomové práce pana Ing. Antonína Lupíška, Ph.D. a níže uvedených zdrojů literatury.

Dále prohlašuji, že tato diplomová práce nebyla využita k získání jiného či stejného titulu.

V Praze dne 6. ledna 2017

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Antonínu Lupíškovi, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a nápady při celém zpracování této práce.

Velké díky také patří hydrobiologům z VÚV T. G. Masaryka, zejména paní Ing. Zuzaně Hořické, Ph.D. a panu Prof. RNDr. Evženu Stuchlíkovi, CSc. za cenné konzultace a rozhovory.

Dále bych chtěl poděkovat svým dalším konzultantům panu Ing. Danielu Adamovskému, Ph.D., panu Doc. Dr. Ing. Jakubu Dolejšovi a panu Ing. Martinu Volfovi.

V Praze dne 6. ledna 2017

.....

podpis autora

Abstrakt

Cílem diplomové práce je návrh autonomní výzkumné stanice pro celoroční práci v terénu na Šumavě. Cílem práce je vymyslet koncept funkční výzkumné stanice, která bude energeticky soběstačná, mobilní a splní i co nejvíce dalších požadavků hydrobiologů z VÚV T. G. Masaryka. Na začátku práce je provedena rešerše existujících podobných řešení, dále jsou shrnuty technické a jiné požadavky na stanici. Poté je přistoupeno k návrhu stanice, který je proveden na základě energetických bilancí a optimalizování skladeb konstrukcí včetně řešení detailů v programu Area 2D.

Klíčová slova

ostrovní systém, obnovitelné zdroje energie, vakuové izolační panely, energetická bilance, výzkumná stanice

Abstract

The objective of this thesis is to design an autonomous research station for whole-year outdoor work in Šumava. The aim of this thesis is to develop concept of functional station, which will be energy self-sufficient, movable and satisfy most of hydrobiologists' requirements. In the beginning of the thesis is composed research of existing solutions. Next, there are summarised technical and other requirements for the station. After, there is described design, which is realized on the basis of energy evaluations and optimization of construction in software Area 2D.

Key words

off-grid system, renewable energy resources, vacuum insulating panels, energy evaluation, research station

Obsah

1. ÚVOD 10

1.1. POŽADAVKY NA STANICI 11

2. REŠERŠE EXISTUJÍCÍCH ŘEŠENÍ 13

2.1. ČESKÁ VÝZKUMNÁ STANICE J. G. MENDELA ANTARKTIDA 13

2.1.1. Dispozice 14

2.1.2. Konstrukce 14

2.1.3. Zdroje energie 14

2.2. FREEDOMKY 15

2.2.1. Konstrukce 15

2.2.2. Energie 16

2.2.3. Moduly 16

2.3. TINY HOUSE 18

2.3.1. Konstrukce 19

2.3.2. Nejčastější důvody pro výběr tiny house 19

2.4. MINIM HOUSE 20

2.4.1. Konstrukce 21

2.4.2. Energie 22

2.5. OLEA PROJEKT 23

2.5.1. Konstrukce 24

2.6. PREFABRIKOVANÝ DŮM AUSTRÁLIE 24

2.6.1. Stavba 25

2.6.2. Konstrukce 25

2.7. KARAVANY LOTUS 27

2.7.1. Off Grid 27

2.8. SHRNUTÍ REŠERŠE 28

3. HYGIENICKÉ POŽADAVKY 30

3.1. VĚTRÁNÍ 30

3.2. TEPLOTNĚ VLHKOSTNÍ POŽADAVKY 32

3.3. DENNÍ POTŘEBA VODY 32

4. ZÁKLADNÍ ROZMĚRY A DISPOZICE 34

4.1. VNĚJŠÍ ROZMĚRY 34

4.2. HMOTNOST STANICE 34

4.3. VNITŘNÍ DISPOZICE 36

5. KONSTRUKČNÍ NÁVRH OBJEKTU 39

5.1. OBVODOVÝ PLÁŠŤ 39

5.1.1. Tepelná izolace obvodového pláště 39

5.2. VÝPOČET ZATÍŽENÍ A NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE 40

5.2.1. Zatížení 40

5.2.2. Návrh nosné konstrukce 42

5.2.3. Uložení na zemině 47

6. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ 48

6.1.1. Větrání 48

6.1.2. Vytápění 50

6.1.3. Voda 54

6.1.4. Odpadní voda 57

6.1.5. Dešťová voda 58

6.1.6. Elektřina silnoproud 58

6.1.7. Internet a zabezpečení 59

6.2. OSTATNÍ VYBAVENÍ 60

6.2.1. Zajištění vybavení při transportu 60

7. ENERGETICKÝ KONCEPT 61

7.1. VYBAVENÍ LABORATOŘE 61

7.2. ODHAD PROVOZNÍCH POTŘEB ELEKTRICKÉ ENERGIE (BEZ VYTÁPENÍ A OHŘEVU VODY) 63

7.3. ENERGETICKÁ (TEPELNÁ) BILANCE..... 66

8. BILANCE ELEKTŘINY 75

8.1. FOTOVOLATAICKÁ ELEKTRÁRNA 75

8.1.1. Panely Solyndra 200 75

8.1.2. Polykrystalické panely Helios poly 260 W 79

8.1.3. Amorfní panely Solar Frontier 170 Wp 81

8.2. VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA 84

8.3. BILANCE ELETŘINY 87

8.4. BATERIOVÁ ULOŽIŠTĚ..... 89

9. NÁVRH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ..... 92

9.1. OBVODOVOVÁ STĚNA 92

9.1.1. Okrajové podmínky výpočtu 93

9.1.2. Detail osazení VZT jednotky 95

9.1.3. Detail zvedacího oka 96

9.2. PODLAHA 97

9.2.1. Okrajové podmínky výpočtu 99

9.2.2. Detail sprchové vpusti 101

9.3. STŘECHA 102

9.3.1. Okrajové podmínky výpočtu 103

10. VIZUALIZACE OBJEKTU 105

11. ZÁVĚR..... 108

12. PŘÍLOHY (VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE) 109

POUŽITÁ LITERATURA 117

1. ÚVOD

Autonomní výzkumná stanice je zpracována pro vědce z Výzkumného Ústavu Vodohospodářského T. G. Masaryka (dále jen VUV). Lidé z VUV, jsou tak zadavatelé většiny požadavků a okrajových podmínek, které stanice musí splňovat.

Tato stanice nepřímo navazuje na tradici terénních stanic, založenou profesore Antonínem Fričem na konci 19. století. Fričova mobilní hydrobiologická laboratoř byla v provozu od roku 1888 do roku 1925. V průběhu svého fungování cestovala po jižních, středních a východních Čechách. Stanice vážila přibližně 1500 kg a dálkově byla dopravována po železnici, na krátké vzdálenosti pak pomocí koňského či kravského spřežení.

Přenosná terénní stanice u Dolnopočernického rybníka, v popředí prof. Antonín Frič [1]

„Létací“ zoologická stanice na břehu Černého jezera, kolem r. 1895 [2]

1.1. POŽADAVKY NA STANICI

Vědci z VUV by rádi důstojně navázali na profesora Friče novou generací autonomní výzkumné stanice, která by jim poskytla možnost zabývat se výzkumem přímo v místě odběru vzorků. S pomocí nových technologií chtějí vytvořit moderní obytnou laboratoř, kde by mohli dva lidé nerušeně žít a zabývat se výzkumem po minimální dobu dvou týdnů bez dalšího doplňování zdrojů a zásob. Předpokládá se, že po maximálně dvou týdnech je vystřídá další dvoučlenná posádka. Stanice bude tímto režimem obývána celou sezónu či celý kalendářní rok. Zároveň musí být stanice relativně snadno přemístitelná a je možné, že bude měnit lokalitu i několikrát v průběhu roku. Přemístění stanice má být co nejjednodušší a nejlevnější. Jednou z variant však bylo i občasné přemisťování vrtulníkem. Návrh konstrukce má být proveden pro lokalitu České republiky s možností celoročního využití.

Vodohospodáři z VUV předpokládají, že laboratoř bude umístěna většinu času v lesích Národního parku Šumava.

Ze zkušenosti vědců vyplývá, že stanice musí být kvalitně zabezpečena proti případným vandalům, kteří čas od času v národních parcích, způsobují škody na majetku. Z důvodu přepravy je však kladen důraz na nízkou hmotnost stanice, a tak bude snaha obálku objektu zhotovit z lehkých a zároveň odolných materiálů.

Stanice by neměla být uživatelsky náročná, protože se počítá s častou cirkulací personálu. Stanici by měli být schopni obsluhovat i studenti, z oboru hydrobiologie, bez delších přípravných školení.

2. REŠERŠE EXISTUJÍCÍCH ŘEŠENÍ

Předmětem rešerše je popsat podobná existující řešení, která by mohla být nápomocná při řešení problémů ostrovní (off-grid) výzkumné stanice. Inspirace pro výzkumnou stanici byla hledána v takzvaných mini houses (mini domech), karavanech, ostrovních (off-grid) systémech a technologických demonstrátorech, které slouží pro testování a ukázku nejnovějších technologií a materiálů. V níže uvedené kapitole jsou stručně popsána vybraná řešení již zmíněných druhů objektů.

2.1. ČESKÁ VÝZKUMNÁ STANICE J. G. MENDELA ANTARKTIDA

Česká vědecká stanice je situována na ostrově Jamese Rosse a je jedna z nejsevernějších stanic v Antarktidě. Informace o projektu polární stanice byly čerpány z odborných článků zejména z článku: *„Využití obnovitelných zdrojů energie v extrémních podmínkách na výzkumných stanicích v Antarktidě“* od Petra Wolfa a Miloše Bartáka [3]. Výstavba stanice započala v roce 2005 a její zlepšení probíhají neustále. V provozu je pouze během jižního léta (od ledna do března), kdy jsou podmínky pro po pobyt vědců snesitelné. Stanice je navržena po vědeckou posádku 15 – 20 členů.

Česká výzkumná stanice J.G. Mendeleva Antarktida [4]

2.1.1. Dispozice

Hlavní budova má půdorysné rozměry 26,5 x 11,5 m. Slouží k zajištění ubytování, hygienických a osobních potřeb členů expedice, dále je do ní soustředěno technické zázemí pro vědeckou práci. Stanice je doplněna o další objekty, které jsou tvořeny dvacetistopými kontejnery (6,4 x 2,4 m). Kontejnery plní různé funkce jako skladování potravin, strojovna dieselových generátorů sklad vybavení atd.

2.1.2. Konstrukce

Hlavní budova je jediný vytápěný objekt. Její obálka je zhotovena ze sendvičové konstrukce. Konstrukce se skládá ze sendvičových panelů K-Kontrol, které jsou tvořeny záklopy z OSB desek, mezi nimiž je mezera vyplněna silnou vrstvou tepelné izolace z expandovaného polystyrenu.

Vytápění je řešeno teplovzdušně. Energie potřebná k ohřevu vzduchu je získávána z elektřiny a také ze solárních kolektorů umístěných na severní straně fasády. Pro snížení energetické náročnosti je využíváno také rekuperace odpadního vzduchu. Významným zdrojem tepla je teplo z provozu spotřebičů, kuchyně a také tepelný zisk generovaný živočišným teplem členů expedice.

Teplá voda byla dříve ohřívána pomocí solárních kolektorů, z důvodu nízké účinnosti však byly v roce 2007 zrušeny.

2.1.3. Zdroje energie

Elektrická energie je získávána z dieselového generátoru o výkonu 22 kW (na stanici je i další záložní generátor o stejném výkonu) a obnovitelných zdrojů elektřiny (OZE), konkrétně z fotovoltaického pole a větrných generátorů. Větrné generátory mají nominální výkon 1,5 kW a jsou umístěny na stožárech u jednotlivých kontejnerů. V průběhu expedice 2014 – 2015 byla instalována zmíněná fotovoltaická pole o špičkovém výkonu 21 kWp, které se celkem skládají ze 108 kusů modulů.

Fotovoltaické moduly jsou rozmístěny na kontejnerech. Jimi vygenerovaná elektrická energie putuje do nikl-kadmiových akumulátorů, z nichž je následně energie odebírána

podle potřeby. Po instalaci FV systému, byla většina elektřiny získána již z OZE (68 % z FV a 6% z větrných generátorů).

2.2. FREEDOMKY

Freedomky jsou česká společnost založená v roce 2010. Zaměření společnosti je transportovatelné, ekologické a úsporné domy. Freedomky nejsou off grid systémem, ale jsou skládány z modulů různé velikosti tak, aby v případě potřeby je bylo možné transportovat po silnici. Informace pro účely práce byly čerpány přímo ze stránek výrobce freedomky.cz [5].

Vizualizace Freedomku [5]

2.2.1. Konstrukce

Kostra Freedomku je zcela ze sušeného dřeva. Staticky je konstrukce uzpůsobená k transportu vcelku a osazení jeřábem na předem navrtané zemní vruty o délce 2 m, kterých je osm na jeden modul. Stěna je konstruována jako difúzně otevřená a skládá se z nosné konstrukce KVH hranolů, která je z obou stran zaklopena sádro-vláknitými deskami Fermacell. Prostor mezi deskami je vyplněn tepelnou izolací z dřevovláknitých desek. Ze strany exteriéru je pak ještě přidán fasádní obklad ze severského modřínu. Mezi obkladem a sádro-vláknitou deskou tak vzniká provětrávaná mezera. Součinitel prostupu tepla stěnou U je 0,28 W/m^{2}K.

Střecha je plochá dvouplášťová ze silnou vrstvou dřevovláknité tepelné izolace a celoplošně provětrávaná skrz vzduchovou mezeru.

2.2.2. Energie

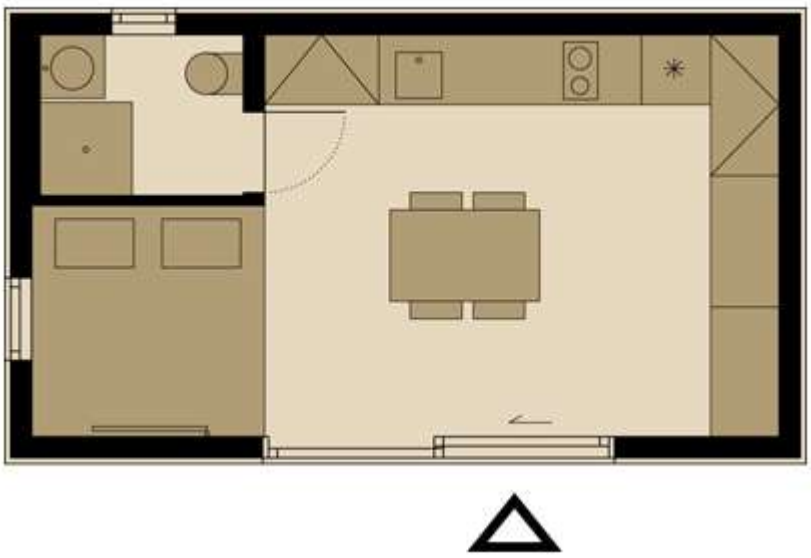
Freedomek je napojen na přípojky elektřiny, vody a kanalizace, a tak veškeré energetické potřeby jsou kryty elektrickou energií. Samozřejmě je možné využít i obnovitelných zdrojů pro snížení závislosti na energii ze sítě. Jako optimálnější varianta se jeví umístění fotovoltaických panelů na plochou střechu.

Vytápění Freedomku je úsporné, ale vždy elektrické. Na výběr je ze dvou způsobů, buď pomocí přímotopu nebo sálavými infrapanely umístěnými pod stropem.

2.2.3. Moduly

Všechny typy a velikosti Freedomků jsou vytvořeny ze dvou základních modulů S a M. Modul S je menší a má rozměry 4 x 7 m. Větší modul M má rozměry 4 x 11,5 m. Moduly je možné skládat do větších objektů. Největší typový Freedomek má zastavěnou plochu 120 m2 a je vytvořen ze tří modulů. Níže jsou uvedeny tři typy dispozic Freedomků.

Hmotnost jednoho modulu se pohybuje v rozmezí od 13 do 20 tun.



Dispozice typu S (4 x 7 m) [5]

Dispozice typu M (4 x 11,5 m) [5]

Dispozice typu H (2 x modul M + vstup) [5]

2.3. TINY HOUSE

Tiny house je minimalistický dům postavený základech nebo na kolovém přívěsu, který je možné převážet po silnici bez výraznějších komplikací. Podle zkušenosti výrobců si většina lidí vybírá variantu na mobilní přívěsu. Výhodou mobilního domu jsou nižší normové požadavky na konstrukci a zároveň absence množství povolení spojené se stavbou domů na pevných základech.

Model tiny house ve variantě v přívěsu [6]

Tiny house má v zahraničí mnoho výrobců. Níže popisovaná konstrukce je od firmy Tiny project z USA, z jejichž stránek byly čerpány i informace pro tvorbu práce [6]. Tiny house je vyráběn pouze pro USA, z čehož vyplývá, že Tiny house je projektován tak, aby splnil předpisy na přepravu po Spojených státech amerických. Rozměrové limity pro bezproblémovou přepravu domu jsou šířka menší než 2,6 m, výška menší než 4,1 m. Délka není limitována, ale obvyklá délka přívěsů je do 6 m. Obvyklá půdorysná plocha Tiny housů je tedy menší než 18,5 m^2. Přibližná hmotnost uvedeného mobilního domu je 7,7 tuny.

2.3.1. Konstrukce

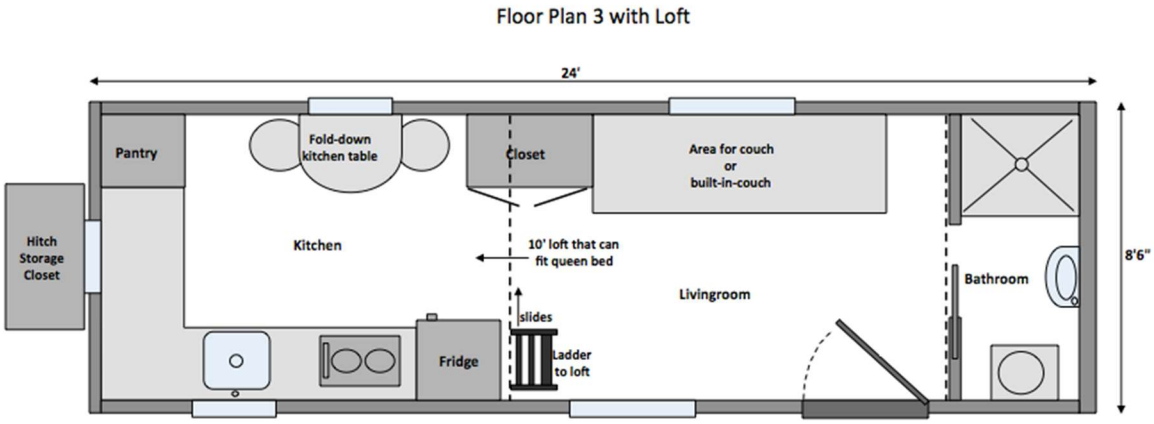
Dřevěná konstrukce je namontována na přívěs. Celá konstrukce pojízdného domu je tvořena z obdobného systému jako dřevostavby systému „two by four“, což znamená, že nosnou částí konstrukce je dřevěný rastr z fošen, který je pak z vnitřní i vnější strany doplnění celoplošným zakrytím z prken, desek na bázi dřeva. Do konstrukce stěn je pak rovněž vložena tepelná izolace.

2.3.2. Nejčastější důvody pro výběr tiny house

1) Cena, v USA jsou mobilní domy značně lacinější než domy pevné.
2) Člověk není fixován na místo výkonu práce.
3) Možnost pro ostrovní způsob bydlení.
4) Bydlení v minimalistickém domě může být značně ekologické.

Dispozice tiny house [7]

Dispozice tiny house [7]



Dispozice tiny housu od firmy Wind River [8]

2.4. MINIM HOUSE

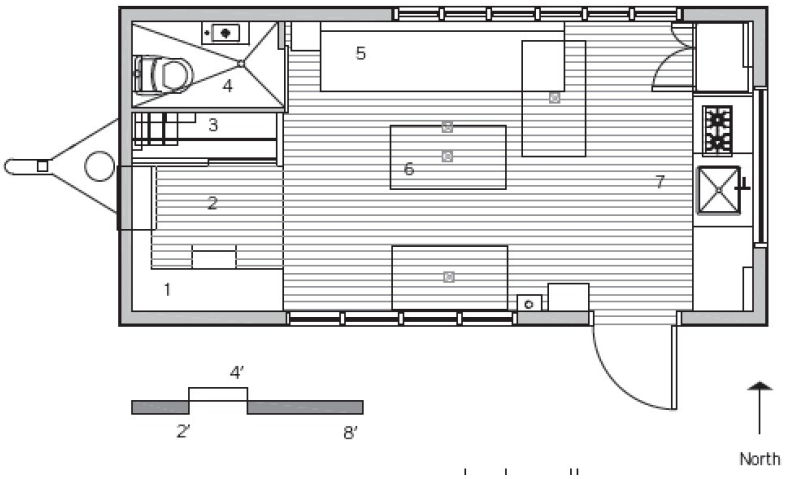
Minim house je další z řady tiny housů, tentokrát od architektů ze Spojených států Brian Levy a Floundry architects. Ze stránek výrobce minimhouse.com [9] byly čerpány informace

pro tvorbu rešerše. Rozměry minim housu jsou 6,7 x 3,4 m. Vnitřní prostor je navržen tak, aby poskytoval ubytování dvěma dospělým osobám.

Pohled na Minim house [9]

2.4.1. Konstrukce

Pro umístění Minim housu musí být připravena základová betonová deska nebo je možné využít založení na mikropilotech. V případě potřeby je možné minim house opět jeřábem sundat a přestěhovat po silnici pomocí přívěsu na jiné místo. Obálka objektu je postavena s prefabrikovaných izolačních panelů SIPs. Obě strany SIPs panelů jsou tvořeny OSB deskami mezi které je vložena tepelná izolace z polyurethanové pěny. Panely jsou upevněny do dřevěného rastru z trámků a fošen.



1) Pracovní stůl

2) Zvýšená podlaha s vysouvací postelí

3) Skříň a technické zařízení solární elektrárny

4) Sprcha, WC, umyvadlo

5) Skříň

6) Sezení se stolem

7) Kuchyňský kout

Dispozice Minim housu [9]

2.4.2. Energie

Elektrická energie je vyráběna solárními panely o špičkovém výkonu 960 Wp, následně je energie uschována v bateriích.

Energie potřebná pro ohřev vody, vytápění a vaření je získávána spalováním plynu či jiného média.

Dešťová voda je sbírána do zásobníku o objemu 1,1 m^3, poté je čištěna UV filtrem, aby mohla být využívána pro hygienické účely jako mytí či sprchování.

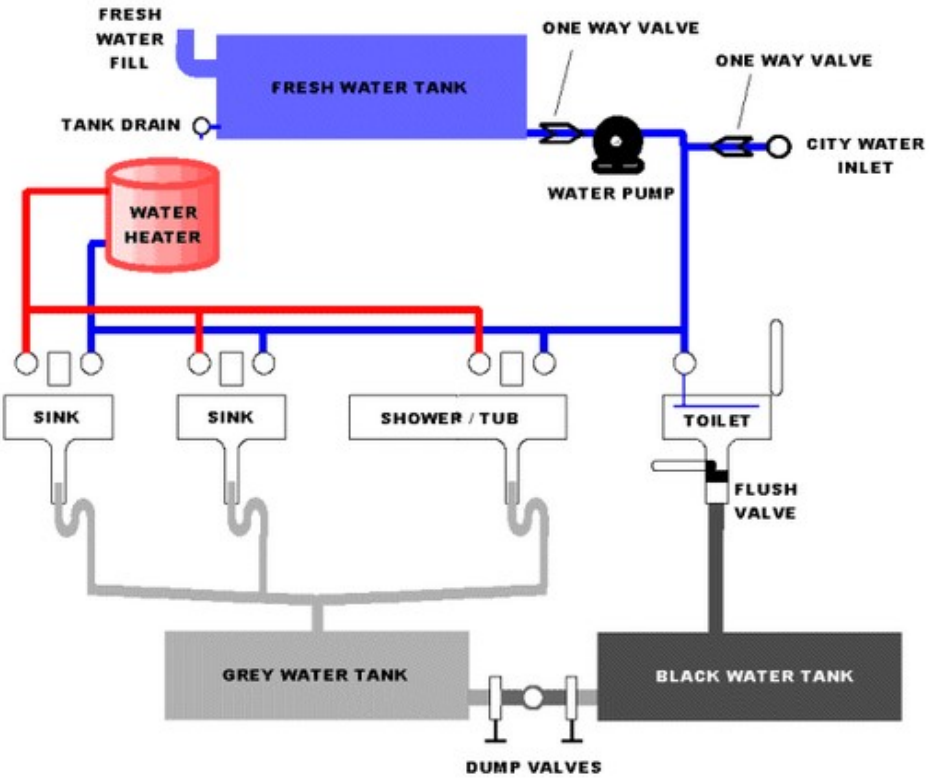


Schéma sběru a ohřevu dešťové vody [10]

2.5. OLEA PROJEKT

OLEA projekt je slovinský projekt přechodu bývalé hornické vesnice z fosilních paliv k udržitelným zdrojům. V rámci OLEA projektu byla vybudována mobilní demonstrační jednotka pro ukázku nových nízkoenergetických technologií založených na obnovitelných zdrojích. Demonstrační objekt není připojen na systém veřejných sítí, a přesto dokáže vytvořit komfortní pobytové podmínky bez negativního dopadu na životní prostředí. Demonstrátor je tedy energeticky plně soběstačný. Informací o OLEA projektu je dostupných poměrně málo a většina jich je ve slovinském jazyce. Jako zdroj informací tak sloužily internetové stránky w5.siemens.com [11] a tic-zasavje.si [12]

2.5.1. Konstrukce

Technologický demonstrátor OLEA je postaven v pasivním standardu, a jak už bylo zmíněno, není napojen na žádnou infrastrukturu. Solární energie je využívána pro výrobu elektřiny a ohřevu vody. Elektřina je vyráběna pomocí monokrystalických fotovoltaických panelů. Pro případ nouze, slouží palivové články na methanol jako záložní zdroj energie. Teplo je kromě solárních energie také získáváno z teplých důlních vod (32°C). Naopak letní chlazení je řešeno pomocí výměníku tepla v půdě. Objekt disponuje také sběrnou nádrží pro dešťovou vodu.

Pohled na demonstrační OLEA projekt [12]

2.6. PREFABRIKOVANÝ DŮM AUSTRÁLIE

Malý pasivní prefabrikovaný dům byl postavený v Austrálii v roce 2014 za 10 dní. Zastavěná plocha činí 39 m^2. Dům byl postaven jako technologický demonstrátor energeticky úsporných řešení. Informace pro tvorbu práce byly čerpány z článku *„Small passive house bulit just in 10 days“* [13]

2.6.1. Stavba

Výroba prefabrikované konstrukce trvá ve fabrice 5 dní. Poté jsou jednotlivé části dopraveny na stavbu. Na místě stavby trvala montáž již zmíněných deset dní, po kterých je možné se ihned nastěhovat.

2.6.2. Konstrukce

Dům má střechu vyrobenou z jednoho kusu. Střecha má více než metrový přesah, který poskytuje stín a tím minimalizuje solární tepelné zisky z důvodu letního přehřívání. Stěny jsou vyrobeny z dřevěných rámů, které jsou vyplnění tepelnou izolací z dřevovláknitých desek. Součinitel prostupu tepla stěnou U je 0,261 W/m^{2}K (1).

Roční potřeba tepla na vytápění je vypočtena na 6 kWh/m^{2}rok, což splňuje hodnoty doporučené pasivním standardem (< 15 kWh/m^{2}rok). Energie potřebná pro vytápění je získávána z tepelného čerpadla vzduch – voda. Intenzita výměny je větší než 0,6 h^{-1}. Celková roční potřeba energie na vytápění, elektřinu a teplou vodu je přibližně 115 kWh/m^{2}rok. Pro částečnou výrobu elektřiny jsou využity fotovoltaické panely, zbytek je dodáván ze sítě. Zadržována a uschovávána je také dešťová voda (tank o objemu 4 m^3), která je využívána na splachování a zalévání rostlin.

1) *Poznámka: Hodnota U navržená pro tento objekt je pro pasivní standart dostatečná v Austrálii, kde je dům postaven, nicméně pro podmínky horské oblasti ve střední Evropě je nedostatečná.*

Pohled na dům [14]

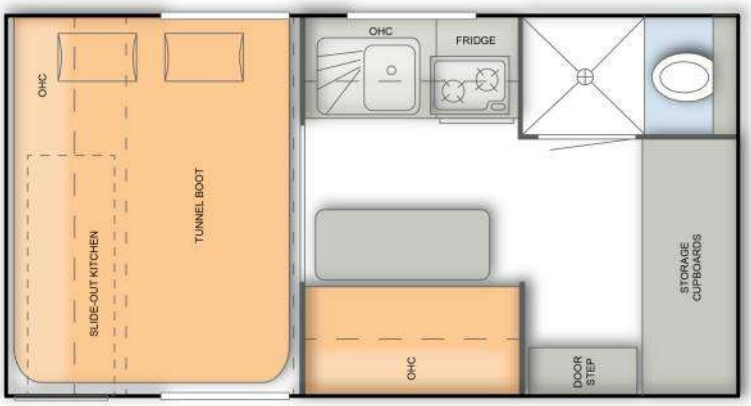
Rozestavěny dům [14]

2.7. KARAVANY LOTUS

Karavany od firmy Lotus jsou moderní karavany, ve kterých se výrobce snaží využít moderních technologií, aby byla zajištěna co nejvyšší úroveň komfortu pobývajícím osobám. Potřebné informace pro tvorbu rešerše byly získány ze stránky výrobce lotuscaravans.com [15].

2.7.1. Off Grid

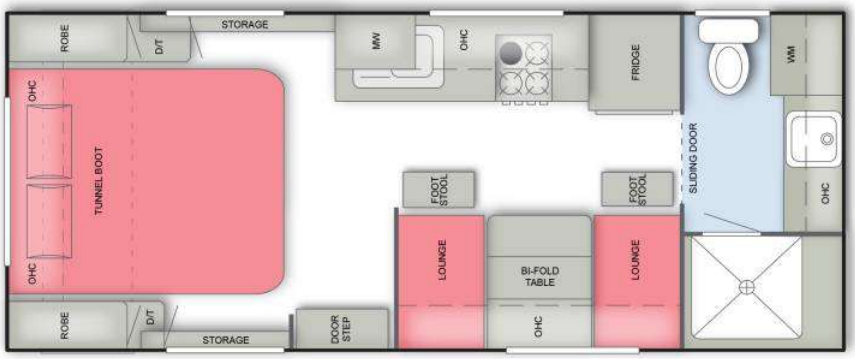
Tento karavan Lotus Off Grid je schopen dočasně sloužit jako autonomní bydlení. Vnější rozměry karavanu jsou 4,3 x 2,3 m. Karavan je vybaven lednicí, sprchou, WC, kuchyňkou s dřezem, postelí a úložnými prostory viz schéma. Elektřina je získávána ze dvou fotovoltaických panelů, z nichž každý má špičkový výkon 150 Wp. Ze solárních panelů je elektřina přenášena do dvou baterií s kapacitou 120 Ah. Voda je uschována ve dvou nádržích o celkovém objemu 190 l. Teplá voda je ohřívána pomocí plynu, který je uskladněn ve dvou lahvích, do každé z nich se vejde 4,5 kg propan-butanu. Plyn je rovněž využíván na plotýnkový vařič.



Lotus Off Grid – schéma dispozice [15]

Větší karavany firmy Lotus mají obdobnou výbavu jako jejich nejmenší typ Off Grid. Pro inspiraci jsou níže přiloženy schémata větších typů Lotus Freelander.

Lotus Freelander o vnějších rozměrech 5,7 x 2,3 m.



Lotus Freelander – schéma dispozice [15]

Lotus Freelander o vnějších rozměrech 6,7 x 2,3 m.

Lotus Freelander – schéma dispozice [15]

2.8. SHRNUTÍ REŠERŠE

Z rešerše je patrné, že objektů o podobných rozměrech, jako jsou požadované rozměry výzkumné stanice, existuje celá řada. Méně je však objektů, které by byly zcela energeticky soběstačné. A ještě méně se vyskytuje objektů, které by splnily přechozí požadavky, a zároveň byly snadno transportovatelné. Je potřeba si uvědomit, že energetická soběstačnost objektu založená na obnovitelných a přírodních zdrojích, je velmi závislá na vnějším prostředí, především na umístění v rámci klimatických pásů a nadmořské výšky.

V ČR nebyl nalezen objekt, s podobným provozem či obdobnými požadavky, které jsou kladeny na autonomní výzkumnou stanici. Z objektů uvedených v rešerši, se lze inspirovat především při tvorbě dispozic a částečně také při tvorbě konstrukce. Avšak valná většina okrajových podmínek bude při tvorbě konceptu autonomní výzkumné stanice odlišná.

3. HYGIENICKÉ POŽADAVKY

V této kapitole jsou shrnuty základní hygienické požadavky. Vzhledem k tomu, že vědci budou ve stanici pobývat, tak budou brány v potaz hygienické požadavky jak na obytné budovy, tak na pracovní prostředí.

3.1. VĚTRÁNÍ

Důležitým prostředkem pro zajištění kvality vzduchu ve vnitřním prostředí je větrání. Větrání zajišťuje výměnu vzduchu místnosti, která je nezbytná pro odvedení odérů, vodní páry, či zvýšené koncentrace CO_2. Výměna vzduchu zásadním způsobem ovlivňuje zdraví a pracovní výkon přítomných osob.

Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1

Základním požadavkem této normy je zajištění trvalé výměny vzduchu v obytných prostorech, s minimální intenzitou 0,3 h^{-1}. Pro vyšší požadovanou kvalitu vzduchu se však doporučuje intenzita 0,5 – 0,7 h^{-1}. Intenzita je vztažena k celkovému vnitřnímu objemu prostoru obytné budovy. Doplňující kritérium pro efektivní návrh přívodu vzduchu je minimální dávka čerstvého vzduchu na osobu. Minimální dávka přiváděného venkovního vzduchu je 15 m^3/h na jednu osobu. Doporučená je potom dávka 25 m^3/h.

Pro místnosti, kde dochází ke krátkodobému znečištění vzduchu, bývá navrženo nárazové odsávání. Jedná se kuchyně, koupelny a WC.

Požadavek	Trvalé větrání (průtok venkovního vzduchu)		Nárazové větrání (průtok odsávaného vzduchu)		
	Intenzita větrání	Dávka venkovního vzduchu na osobu	Kuchyně	Koupelny	WC
	h^{-1}	m^3/h na osobu	m^3/h	m^3/h	m^3/h
Minimální hodnota	0,3	15	100	50	25
Doporučená hodnota	0,5	25	150	90	50

Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15665/Z1 [16]

Větrací systém může být řízen podle kvality vzduchu, pak je doplňujícím kritériem koncentrace CO_2 v prostoru. Maximální koncentrace CO_2 ve vzduchu je stanovena na 1500 ppm pro pobytové místnosti.

Koncentrace	**Účinky CO_2 na lidský organismus**
[ppm]	
cca 350	úroveň venkovního prostředí
do 1000	doporučená úroveň CO_2 ve vnitřních prostorách
1200–1500	doporučená maximální úroveň CO_2 ve vnitřních prostorách
1000–2000	nastávají příznaky únavy a snižování koncentrace
2000–5000	nastávají možné bolesti hlavy
5000	maximální bezpečná koncentrace bez zdravotních rizik
> 5000	nevolnost a zvýšený tep
> 15000	dýchací potíže
> 40000	možná ztráta vědomí

Účinky CO_2 na lidský organismus [17]

Požadavky na větrání pracovišť dle NV č. 361/2007 Sb. Ochrana zdraví při práci

Podle výše zmíněného nařízení vlády musí být zajištěna dostatečná výměna vzduchu přirozeným, nuceným nebo kombinovaným větráním. Množství přiváděného vzduchu se stanoví podle kategorie náročnosti práce. Práce, kterou budou v terénní stanici vykonávat vědci lze zařadit do třídy I (laboratorní práce). Minimální množství přiváděného venkovního vzduchu na osobu je 25 m^3/h pro pracoviště, kde zaměstnanec vykonává práci zařazenou do třídy I nebo IIa a není zde ve vystaven přítomnosti prachu, chemických látek a jiných zdrojů znečištění. Pro pracoviště třídy I nebo IIa s přítomností prachu, chemických látek či jiných zdrojů znečistění je pak požadavek na výměnu vzduchu 50 m^3/h na osobu. Stanice bude uvažovaná jako laboratorní pracovní prostředí bez přítomnosti nebezpečných chemických látek. Požadovaná výměna vzduchu, tak bude 25 m^3/h na osobu, celkem pak

50 m^3/h na celou stanici. Vzhledem k tomu, že vnitřní objem stanice se bude pohybovat od 25 m^3/h do 35 m^3/h, tak se bude jednat o vysokou intenzitu větrání, blížící se hodnotě 2,0 h^{-1}. To pravděpodobně zapříčiní vysoké tepelné ztráty větráním.

3.2. TEPLOTNĚ VLHKOSTNÍ POŽADAVKY

Teplotně vlhkostní požadavky na pracovišti jsou dány nařízením vlády č.93/2012 Sb. Požadované podmínky jsou závislé na pracovní třídě. Jak už bylo zmíněno, laboratorní práce vědců spadá do pracovní třídy I. Podle výše napsaného nařízení vlády musí být teplota interiéru (výsledná teplota kulového teploměru nebo vypočítaná operativní teplota) v rozmezí od 20°C do 27°C. Relativní vlhkost se musí pohybovat v rozmezí od 30 do 70 %.

3.3. DENNÍ POTŘEBA VODY

Osoby se mohou ve stanici vyskytovat celý den, budou zde provádět ranní i večerní hygienu, a tak přestože se jedná o pracoviště, tak spotřeba vody se bude blížit bytovým prostorům. Podle vyhlášky č.428/2001 Sb. by mělo být na jednu osobu k dispozici 15 m^3/rok vody v případě, že tekoucí studená voda se nachází mimo prostory bytu, 25 m^3/rok v případě, že se tekoucí studená voda nachází v prostorách bytu a nakonec 35 m^3/rok vody, pokud se v bytě nachází tekoucí studená i teplá voda. Vzhledem ke skutečnosti, že osoby se mohou nacházet autonomně ve stanici i dva týdny a k dispozici bude teplá i studená, tak nebude možné splnit nařízení vlády. Pokud by pro osoby obývající stanici měl být splněn požadavek vyhlášky č.428/2001 Sb., tak pro dvě osoby na dva týdny by bylo potřeba přibližně 2,7 m^3 vody. To se z důvodu příliš velké hmotnosti a objemu nejeví příliš reálně. Množství pitné vody bude nutné navrhnout na míru podle potřeb vědců, kteří budou laboratoř obývat.
Dle údajů Pražských vodáren a kanalizací průměrný Pražan spotřeboval v roce 2015 106 litrů vody za den. Spotřeba mimo hlavní město je údajně nižší.

	Průměrné denní hodnoty Praha [l]	Stanice [l]
WC	25	0
Osobní hygiena, sprchování	40	20
Praní, úklid	16	2
Příprava jídla, mytí nádobí	8	3
Mytí rukou	6	1
Zalévání	5	0
Pití	2	0
Ostatní	4	2
CELKEM	**106 litrů**	**28 litrů**

Průměrná denní spotřeba pitné vody na osobu za rok 2015, zdroj PVK a.s.

Pro případ výzkumné stanice je možné zanedbat potřeby vody pro WC, neboť ve stanici bude nejspíš umístěna chemická toaleta. Osobní hygiena, praní a mytí nádobí bude prováděno také v menším rozsahu, než je běžné v pražském bytě. Položka zalévání může být vyškrtnuta. Mytí rukou bude běžně prováděno tekutou dezinfekcí. Položka pití bude vyškrtnuta. Vědci budou standardně pít balenou vodu nebo pomocí outdorových pítek budou konzumovat vodu nabranou z přírody. Suma sumárum potřeby vody na osobu se sníží zhruba k 20 – 30 litrům za den na osobu, což je 0,56 – 0,84 m^3 vody pro dvě osoby na dobu dvou týdnů. To je stále příliš velký objem na skladování. Nejvhodnějším řešením bude vodu uchovávat v několika padesáti litrových či jiných barelech, kterých si vědci mohou přinést, přivézt či doplnit takové množství kolik si žádají jejich potřeby. S padesáti litrovými barely lze ve dvou osobách ještě poměrně snadno manipulovat, a tak vědci nebudou odkázáni na dodávku vody zvenčí, ale mohou si vodu sami kdykoliv doplnit. Jejich hygienický standard tak bude záležet pouze na nich a nebudou svázáni předpisy stanice.

4. ZÁKLADNÍ ROZMĚRY A DISPOZICE

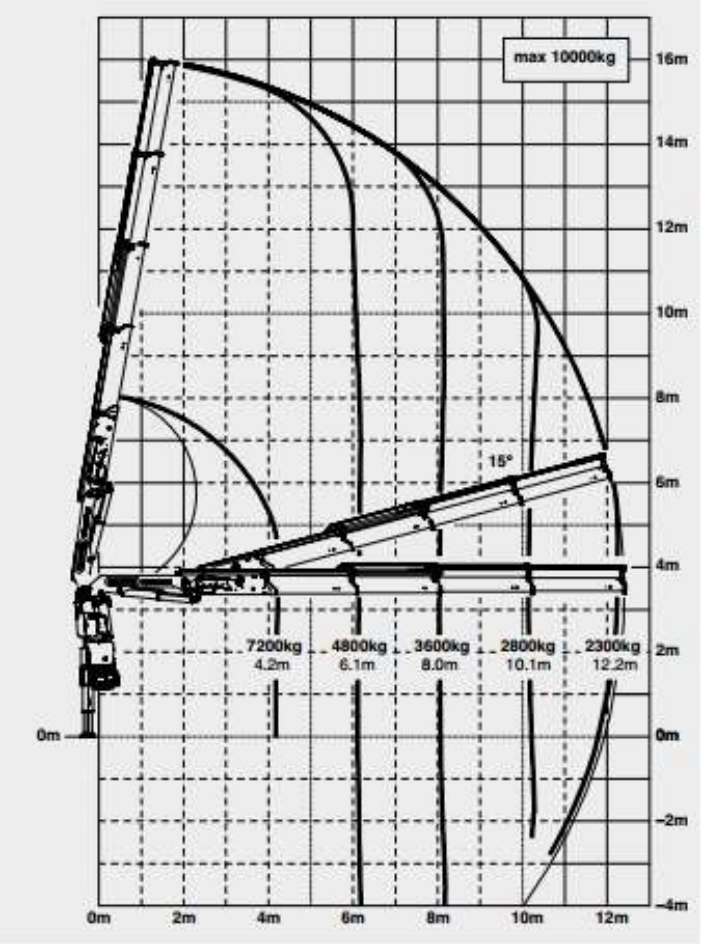
Po rozhovorech s vědci z VUV a výše uvedené rešerši a dalším zkoumání bylo vyhodnoceno, že nejvhodnějším řešením bude, pokud stanice bude rozměrů stavební buňky a zároveň ji bude možné přepravovat stejným způsobem, a to na plošině nákladního auta s hydraulickou rukou, která bude schopna stanici umístit na vhodné místo.

4.1. VNĚJŠÍ ROZMĚRY

Největší přípustné rozměry vozidla pro provoz na pozemních komunikacích jsou: šířka 2,55 m, délka 12,0 m a výška 4,08 m. Většina nákladních vozidel má plochu nákladní plošiny menší než 6,5 x 2,5 m, proto standardní rozměr stavebních kontejnerů je 6 x 2,45 m. Se stejnými půdorysnými rozměry bude pracováno pro návrh autonomní hydrobiologické laboratoře. Výška ložné plochy nákladních aut se liší. Ložná plocha nákladních aut se pohybuje od 1,1 m do 1,6 m. Pro možnou maximalizaci vnitřního prostoru stanice je uvažována její výška 2,8 m. Pro převoz po silnici bude nutné využít nákladního automobilu s ložnou plochu do výšky 1,25 m. Pokud by stanice byla větší než stanovené rozměry, musela by být po pozemních komunikacích vždy přepravovaná jako nadměrný náklad.

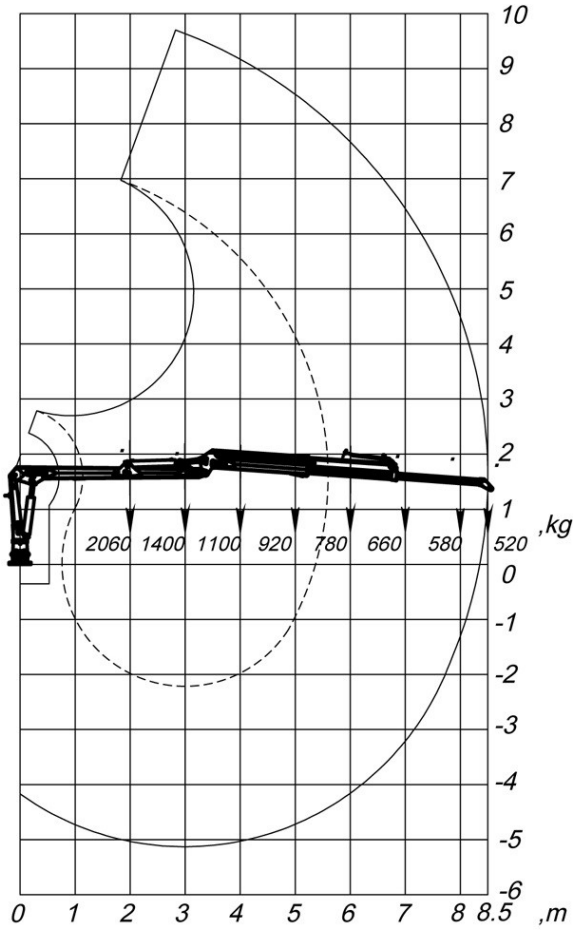
4.2. HMOTNOST STANICE

Na hmotnost stanice je kladen velký důraz z důvodu nakládání a vykládání hydraulickou rukou z nákladního automobilu. Pro představu je na obrázku níže uveden diagram, ze kterého je patrná závislost hmotnosti stanice na vzdálenosti vyložení od nákladního automobilu.



Graf hydraulické ruky Palfinger PK 34002 SH [18]

Pro srovnání je na dalším obrázku zobrazen graf s výložními možnostmi hydraulické ruky pro lesácké potřeby. Původní myšlenka byla taková, že stanici bude možné přemisťovat za pomocí takovéto ruky, která stanici položí na valník. Lesácká ruka by byla pro přepravu stanice jednoznačně levnější, avšak má velmi krátký dosah a její hmotnostní přepravní limit je velmi nízký. Vzhledem k tomu, že standardní prázdná stavební buňka o rozměrech 6 x 2,45 m váží více než 2 tuny, tak by stanice musela být pro přepravu dělena na jednotlivé menší části a až na místě by opět mohla být skládána dohromady. Z důvodu požadavku na mobilitu stanice byla přeprava lesáckou rukou nakonec zamítnuta.

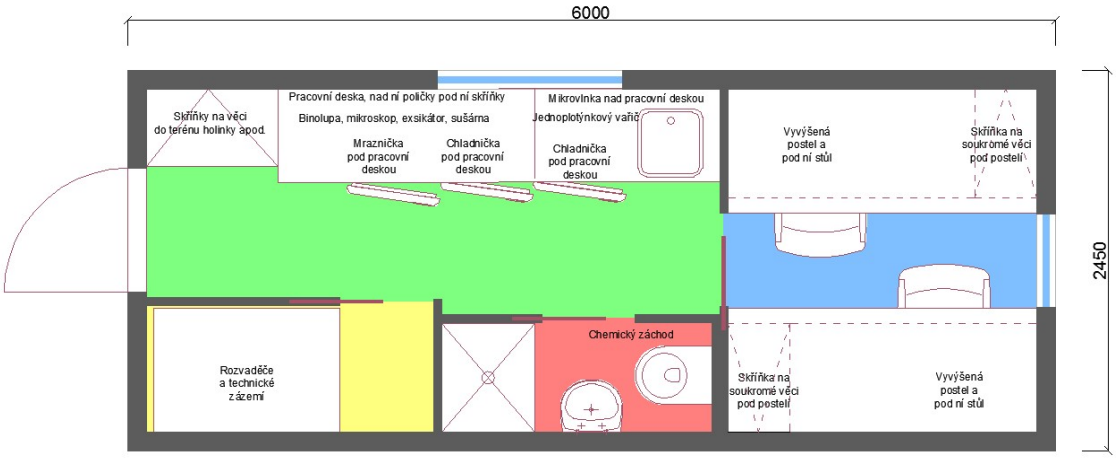


Graf hydraulické lesácké ruky Farma C8,5 G2 [19]

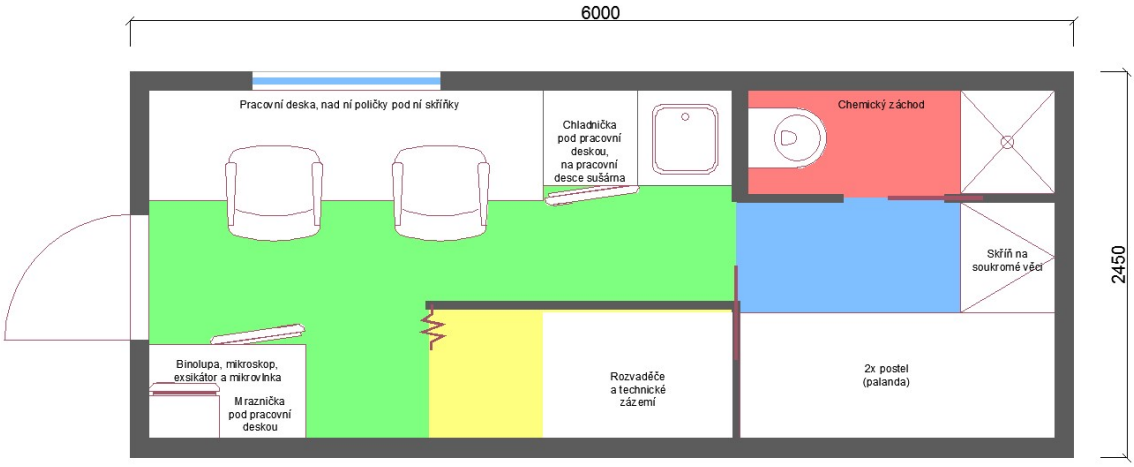
Dále v návrhu bude stanice kladen důraz na použití lehkých materiálů, aby bylo možné stanici vyložit co nejdále od komunikace, po které se bude pohybovat nákladní automobil.

4.3. VNITŘNÍ DISPOZICE

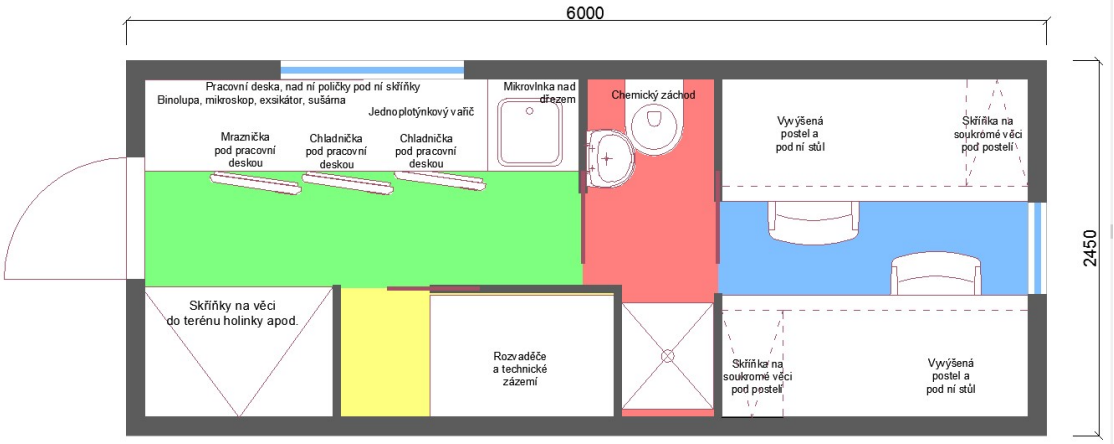
Vnitřní dispozice stanice nebude splňovat normy a doporučení pro laboratoře a budovy. Vše bude navrženo minimalisticky a funkčně. Cílem je integrovat do stanice maximum funkcí, avšak nesmí to být na úkor uživatelské jednoduchosti a vést k přetechnizovanosti. Po tvorbě rešerše, rozhovorech s hydrobiology z VUV a panem profesorem Stuchlíkem, který dlouhé roky pracuje v hydrobiologické laboratoři u rybníka Velký Pálenec, vznikly tři návrhy dispozic laboratoře. Všechny mají shodné půdorysné rozměry 6 x 2,45 m.



Návrh dispozice varianta 1

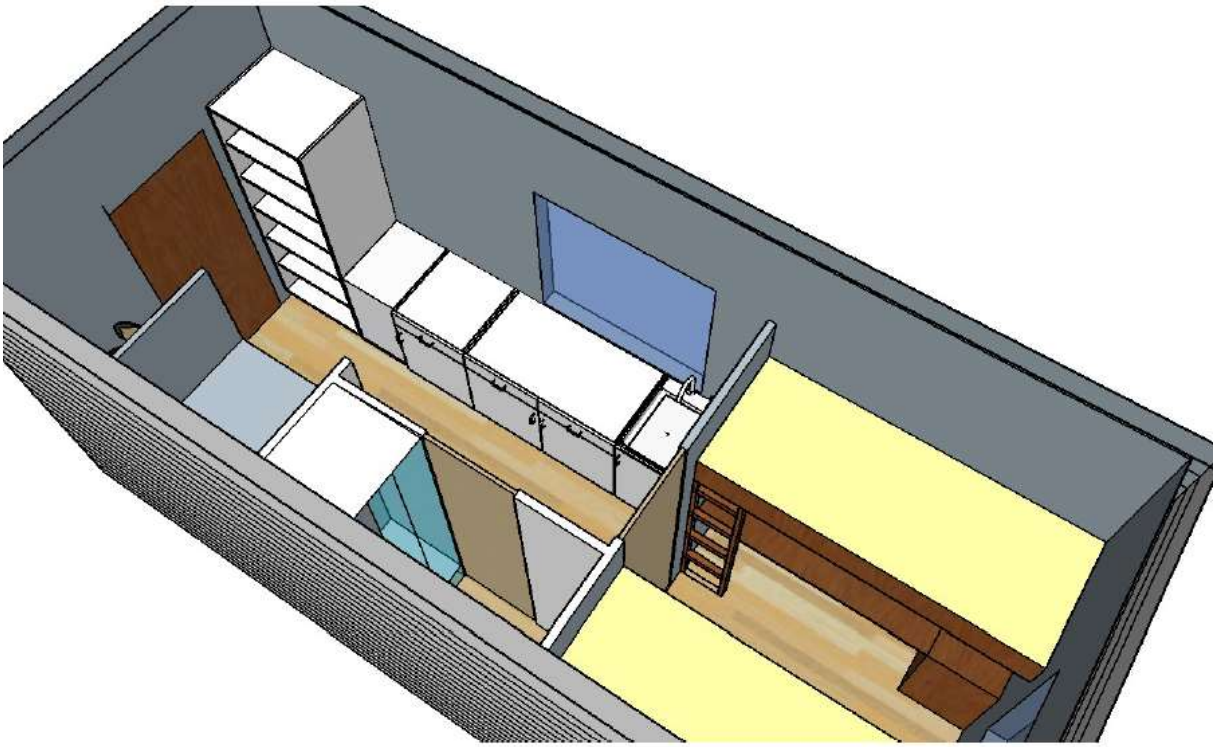


Návrh dispozice varianta 2



Návrh dispozice varianta 3

Po diskusi s hydrobiology byla zvolena varianta 1 jako nevhodnější dispozice. Dále bude v celé práci pracováno pouze s touto variantou. Dispozice může doznat drobných změn při řešení konstrukcí či technických zařízení stanice. Níže na obrátku je vizualizace varianty 1 vytvořená v programu Google SketchUp.



Dispozice varianta 1

5. KONSTRUKČNÍ NÁVRH OBJEKTU

V této kapitole bude popsán předběžný návrh obvodového pláště stanice a také statický výpočet nosné kostry stanice.

5.1. OBVODOVÝ PLÁŠŤ

Obvodový plášť je nejvýraznějším estetickým prvkem celé stanice. Stanice by měla působit moderně, avšak neměla by být rušivým elementem Národního parku Šumava. Ideální by tedy byl design, který by co nejvíce splynul s krajinou. Nejvhodněji se pro tyto účely hodí materiály na bázi dřeva, které nabízejí hned řadu možností.

Na obvodový plášť stanice jsou kladeny vysoké nároky. Musí splnit hned několik požadavků najednou. Důležité je, aby skladba obvodového pláště byla tenká z důvodu co největšího možného využití vnitřního prostoru. Dále musí být lehká, aby hmotnost stanice příliš neomezovala přepravní možnosti. Vzhledem k celoročnímu využití v horách, což znamená nízké venkovní teploty v zimním období, by měl být i tepelný odpor pláště poměrně vysoký, aby nebylo třeba příliš mnoho energie na vytápění v zimním období. Zároveň je však nežádoucí i letní přehřívání, neboť strojní chlazení stanice není plánováno, právě z důvodu omezených energetických zdrojů.

5.1.1. Tepelná izolace obvodového pláště

Z důvodu požadavku na tenkou skladbu obvodového pláště by tepelná izolace měla být tuhá, aby nebylo zapotřebí vkládat do skladby příliš mnoho dalšího ztužujícího materiálu, který by pravděpodobně tvořil tepelné mosty. Zároveň je důležité, aby splnila svůj hlavní účel, a to zajistila požadovaný tepelný odpor celé konstrukce. V níže uvedené tabulce je přehled vybraných tepelných izolantů.

Materiál	ρ [kg/m³]	Tloušťka [m]	Hmotnost [kg]	λ [W/mK⁻¹]	U [W/m²K⁻¹]
Šedý EPS	18	0,1	131	0,032	0,32
XPS	100	0,1	727	0,035	0,35
Minerální desky	80	0,1	582	0,036	0,36
PIR desky	70	0,1	509	0,022	0,22
Dřevovláknitá deska	240	0,1	1745	0,047	0,47
Vakuové izolační panely (VIP)	200	0,05	727	0,007	0,14
Aerogel	3	0,6	11	0,017	0,028

Poznámka: Sloupeček hmotnost, je myšlena celková hmotnost izolantu, pokud by byl použit na obálku konstrukce ze všech stran.

Vzhledem k potřebě maximálního využití prostoru ve stanici, při minimalizaci tepelných ztrát připadají v úvahu pouze tři materiály z výše uvedené tabulky. A to PIR desky, vakuové izolační panely a aerogel.

5.2. VÝPOČET ZATÍŽENÍ A NÁVRH NOSNÉ KONSTRUKCE

V této kapitole je přibližně vypočteno zatížení působící na konstrukci. Podle zatížení bude navržen nosný systém konstrukce. Výpočet zatížení je proveden v souladu s ČSN EN 1991 – 1 – 2 Eurokód 1, Zatížení konstrukcí. Ve výpočtu zatížení střechy je uvažováno s nejvyšší sněhovou oblastí číslo VIII.

5.2.1. Zatížení

Zatížení je vypočteno z přibližných předpokládaných skladeb, které se ve výsledku s největší pravděpodobností ještě mírně změní.

Střecha

Zatížení	na metr čtvereční	[kg/m^2]	Charakteristické [kN/m^2]	γ_F [-]	Návrhové [kN/m^2]
Stálé	OSB deska 22 mm	13,2	0,132	1,35	0,178
	PIR deska 50 mm	7	0,07	1,35	0,095
	VIP 30 mm	1	0,06	1,35	0,141
	PVC krytina 1,5 mm	2	0,02	1,35	0,027
	Fotovoltaika	18	0,18	1,35	0,243
Proměnné	Sníh	400	4,5	1,5	6,75
Celkem		441	**4,91**		**7,31**

Stěna

Zatížení	**na metr čtvereční**	[kg/m^2]	Charakteristické [kN/m^2]	γ_F [-]	Návrhové [kN/m^2]
Stálé	OSB deska 22 mm	13,2	0,132	1,35	0,178
	Nosné profily 50	2	0,02	1,35	0,027
	PIR desky 50 mm	3,5	0,035	1,35	0,047
	VIP 30 mm	1	0,06	1,35	0,081
	Povrchová úprava	2	0,02	1,35	0,027
Celkem		22	**0,22**		**0,29**

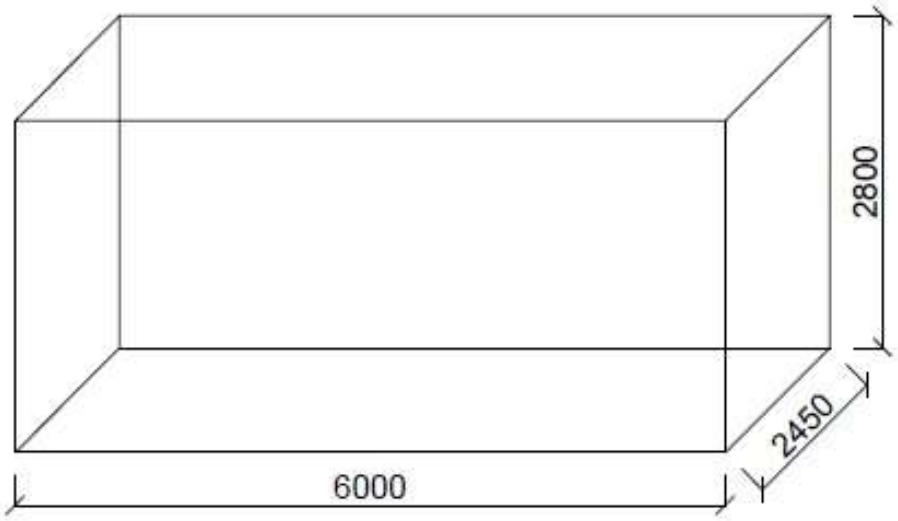
Podlaha

Zatížení		[kg/m^2]	Charakteristické [kN/m^2]	γ_F [-]	Návrhové [kN/m^2]
Stálé	OSB deska 22 mm	13,2	0,132	1,35	0,178
	Nosné profily 50	4	0,04	1,35	0,054
	PIR desky 50 mm	3,5	0,035	1,35	0,047

	VIP 30 mm	6	0,06	1,35	0,081
	Povrchová úprava	3	0,03	1,35	0,0405
Proměnné	Užitné	200	2	1,5	3
Celkem			**2,25**		**3,33**

5.2.2. Návrh nosné konstrukce

Nejjednodušším řešením nosného skeletu stanice by mohla být rámová konstrukce. Složená z ocelových profilů, například ze čtvercových trubek.



Poznámka: Návrh nosné konstrukce předpokládá, že strop, podlaha i čelní stěny se budou chovat jako tuhá deska. Vzpěrná délka sloupů tedy může být uvažována rovna skutečné délce (výšce) sloupů.

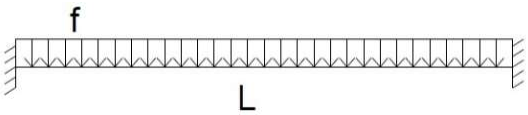
Pro zpřesnění odhadu dimenzí rámu bude vypočten průřezový modul W_y spodního a horního nosníku delší stěny. Z tabulek bude následně vybrán vhodný profil na základě W_y. Horní nosník rámu bude zatížen polovinou tíhy konstrukce střechy a jejím proměnným zatížením. Spodní nosník bude pak zatížen konstrukcí podlahy a stěny. Ze statického hlediska se nosníky budou chovat jako vetknutý nosník zatížený spojitým zatížením.

Zatížení horního nosníku delší stěny

Zatížení	**na metr běžný**	[kN/m]
	Konstrukce střechy včetně proměnného zatížení	9,133
Celkem		**9,13**

Zatížení spodního nosníku delší stěny

Zatížení	**na metr běžný**	[kN/m]
	Konstrukce stěny	1,081
	Konstrukce podlahy	4,167
Celkem		**5,25**



Moment vetknutého horního nosníku:

$$Med = \frac{1}{12} f L^2 = \frac{1}{12} \times 9{,}13 \times 6^2 = 27{,}88\ kNm$$

pro návrh profilů je uvažována třída oceli S 355.

Průřezový modul se spočítá jako:

$$Wpl, min = \frac{Med}{355} = \frac{27{,}88}{355} \times 10^6 = 78\,525\ mm^3$$

tento průřezový modul například vyhoví čtvercové trubce z o rozměru 100 × 100 mm a tloušťce stěny 8,0 mm. Hmotnost tohoto profilu je 22,6 kg/m.

V dalším kroku bude přibližně spočteno zatížení na krajní sloup a následné bude navržena jeho vhodná dimenze.

Zatížení rohového sloupu

Zatížení	Zatěžovací plocha	3,75	m^2	[kN]
	Konstrukce střechy			27,876

Celkem **27,88**

Na sloup bude pravděpodobně dostatečný menší průřez, než na příčel. Pro první návrh sloupu je odhadem zvolen průřez čtvercové trubky o rozměru 100 × 100 × 5 mm.

Únosnost v tahu bude vypočtena jako:

$$N_{Rt} = \frac{A \times f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1870 \times 355}{1} \times 10^{-3} = 663{,}85\ kN$$

Únosnost v tlaku:

Pružná kritická síla:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{L_{cr,z}} = \frac{3{,}14^2 \times 210000 \times 279 \times 10^4}{3000^2} = 641{,}86\ kN$$

poměrná štíhlost:

$$\lambda = \sqrt{\frac{A \times f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{1870 \times 355}{641860}} = 1{,}02$$

Z tabulek součinitel vzpěrnosti χ_z = 0,493 pro křivku vzpěrné pevnosti a

Tlaková únosnost: $N_{Rd} = \chi\ A\ f_{yd} = 0{,}625 \times 1870 \times 355 = 414{,}91\ kN$

N_{Rd} = 414,91 kN > 27,88 kN

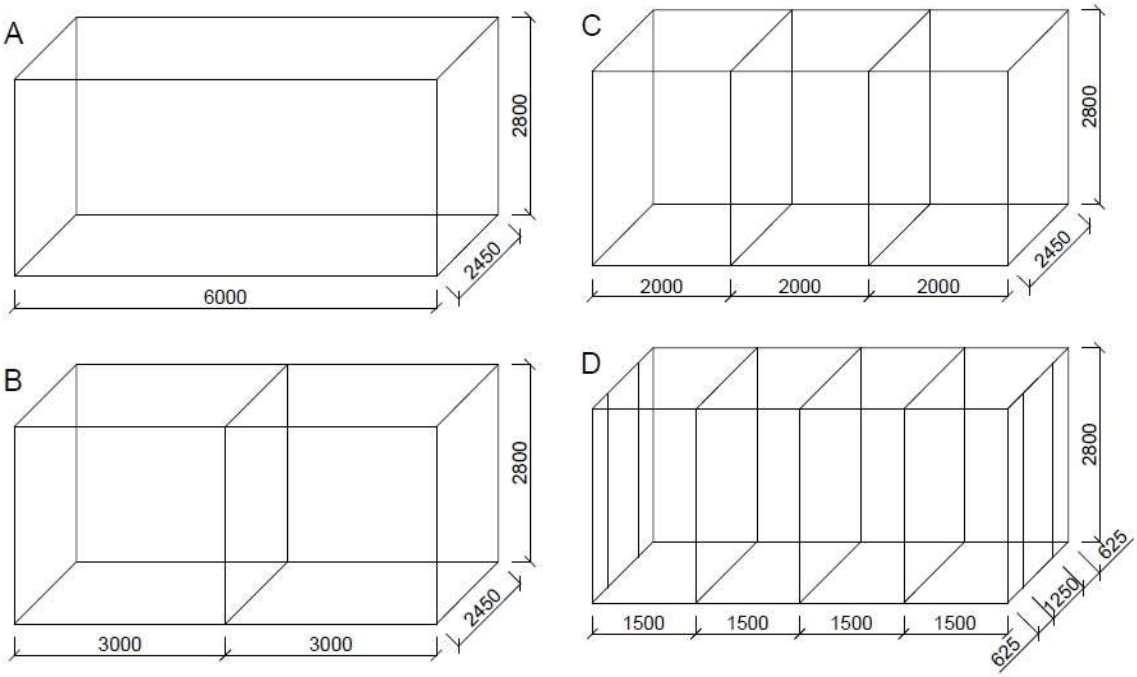
Sloup tedy spolehlivě vyhoví v tlakové únosnosti. Hmotnost posouzeného čtvercového sloupu je 14,7 kg/m. Vzhledem k tomu, že se jedná o rámovou konstrukci, je potřeba posoudit sloup na tlak za ohybu, která se spočítá ze vzorce,

$$\frac{N_{Ed}}{\chi\ N_{Rd}} + k_{yy}\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1$$

$$\frac{27{,}88}{414{,}91} + 0{,}9\frac{27{,}88 \times 10^6}{355 \times 79900} = 0{,}953 \leq 1$$

Průřez sloupu 100 × 100 × 5,0 mm vyhoví na tlak za ohybu. Tlak za ohybu bude rozhodujícím kritériem pro návrh prvků. Pro optimalizaci konstrukce jsou v níže uvedené tabulce porovnány dimenze prvků pro čtyři varianty rámových konstrukcí. Všechny varianty

jsou navrženy tak, aby konstrukce byla co nejlehčí a zároveň vyhověla posudku zatížení momentu za ohybu.



Varianta	A	B	C	D
$M_{ed,horní}$ [kNm]	27,88	13,94	6,19	3,48
$M_{ed,spodní}$ [kNm]	16,00	8,00	3,56	2,00
$W_{pl,y}$ [mm^3]	78525	39263	17450	9816
Rozměr příčle [mm]	100 x 100 x 8,0	90 x 90 x 5,0	70 x 70 x 5,0	40 x 40 x 4,0
$W_{pl,y}$ příčle [mm^3]	79900	44400	25300	99900
Hmotnost příčle [kg/m]	22,6	13,1	10	4,4
Hmotnost příčlí [kg]	768	445	340	150
Rozměr sloupu [mm]	100 x 100 x 5,0	80 x 80 x 5,0	60 x 60 x 6,3	40 x 40 x 4,0
N_{ed} [N]	27880	27880	18587	13940
I [mm^4]	2790000	1370000	616000	118000
A [mm^2]	1870	1470	1310	559
N_{cr} [N]	641860	315179	141715	27147
λ [-]	1,02	1,29	1,81	2,70
χ []	0,625	0,476	0,268	0,127
N_{Rd} [N]	414906	248401	124633	25203

C_{my} [-]	0,83	0,83	0,83	0,83
k_{yy1} [-]	0,90	1,04	1,57	9,88
k_{yy2} [-]	0,90	0,99	1,20	3,72
k_{yymin} [-]	0,90	0,99	1,20	3,72
k_z [-]	0,541	0,592	0,719	2,232
Tlak za ohybu	**0,953**	**0,984**	**0,976**	**0,919**
Hmotnost sloupu [kg/m]	14,7	11,5	10,3	4,4
Hmotnost sloupů [kg]	176,4	262,2	348,1	249,5
Hmotnost celkem [kg]	945	708	688	399

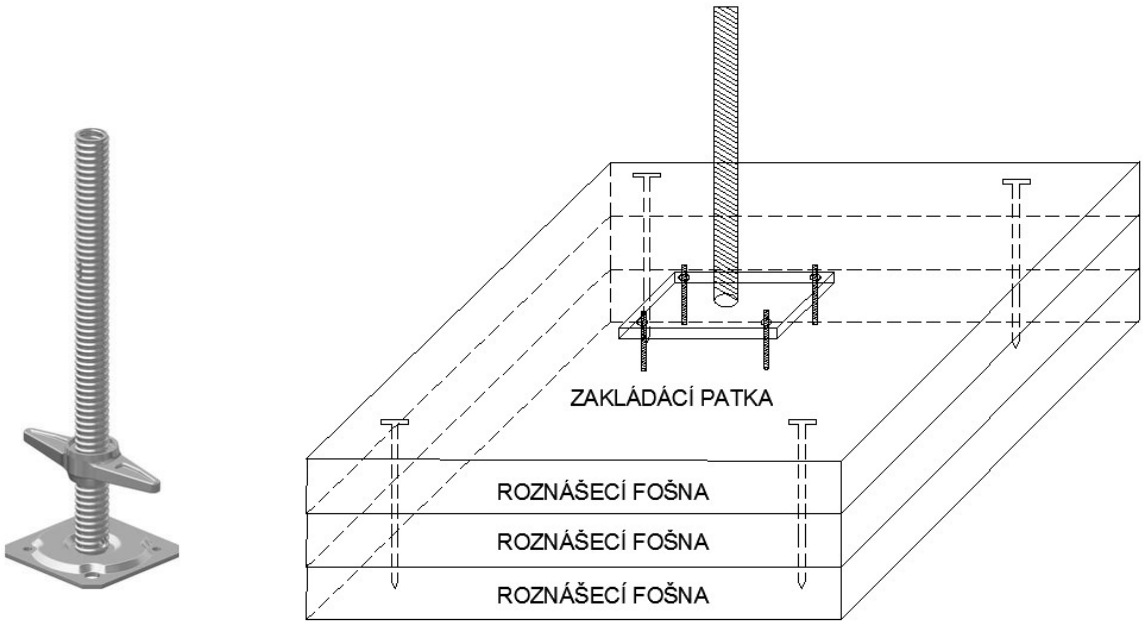
Optimální ze čtyř variant vychází varianta C. Varianta C je tvořena prvky s malými průřezy, je tedy výrazně lehčí než varianta A. Ve srovnání s variantou A jsou čtvercové trubky menších dimenzí a budou tedy vznikat přijatelnější tepelné mosty. Všechny tyto výhody splňuje i varianta D, avšak při zvýšení množství prvků narůstá také množství spojů a tím i množství základových patek pod sloupy a cena montáže konstrukce.

Poznámka: Celý výpočet zatížení a základní posouzení nosných prvků konstrukce slouží pouze k hrubému odhadu hmotnosti a dimenzí prvků, aby bylo možné v návrhu skladeb obvodového pláště vycházet ze smysluplných čísel. Skladby uvedené ve výpočtech zatížení nejsou výsledné navržené skladby, ale pouze pracovní verze sloužící k výpočtu přibližné hmotnosti. Stejně jako navržené prvky nemusí být konečné, ale mohou se měnit podle potřeb skladeb obvodového pláště.

Po dokončení celého návrhu a odsouhlasení vybavení stanice by se měla provést revize statického návrhu, ve které by už bylo počítáno s hmotností vyřešeného obvodového pláště a odsouhlaseným vnitřním vybavením. Pak by se mohly optimalizovat jednotlivé prvky konstrukce a zohlednit různá stadia transportu. Především na stadium, kdy stanice bude viset jako zavěšené břemeno na jeřábu (hydraulické ruce). Dále by mělo být posouzeno i stadium transportní, kdy je stanice namáhána dynamickým zatížením.

5.2.3. Uložení na zemině

Aby spodní nosník měl stejnou zatěžovací délku jako horní nosník, je potřeba, aby pod každým sloupkem byla podpora. Podpory pod jednotlivými sloupky budou tvořeny zakládacími lešenářskými patkami. Stanice nebude pravděpodobně nikdy umístěna na úplně rovném terénu, a tak pomocí patek bude možné zajistit vodorovnost stanice na nerovném povrchu. Celkem bude na stanici osm zakládacích patek. Aby bylo zabráněno zabořování patek do zeminy, budou muset být podloženy. Vhodný a zároveň jednoduchý způsob podložení by mohl být pomocí hranolů či fošen viz obrázek. Zakládací patka by měla být prošroubována s fošnami a fošny by zase měly být spojeny mezi sebou. Pravděpodobně postačí ke spojení fošen velké hřebíky, neboť dominantní silou budou síla svislá, která fošny přitíží a zabrání tak jejich vzájemnému rozjetí.



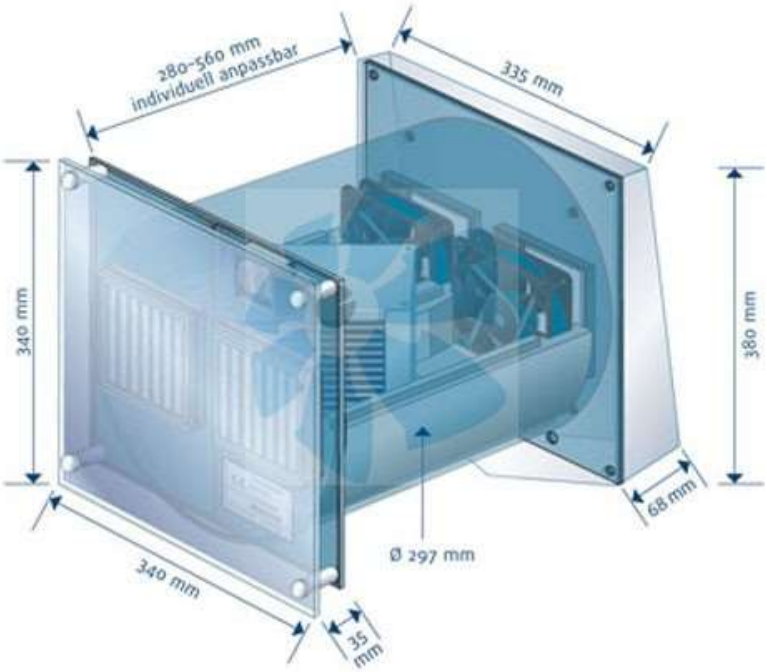
Zakládací lešenářská patka [20]

6. TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ

Tato kapitola se věnuje návrhu a řešení koncepce technických zařízení stanice. S ohledem na velmi omezené energetické zdroje, musí být všechna technická zařízení objektu řešena velmi nízkoenergeticky a efektivně, avšak uživatel budovy se musí cítit stále komfortně.

6.1.1. Větrání

Větrání stanice bude řešeno malou vzduchotechnickou jednotkou například Vario-Vent DUO Live2 Combi, která je kombinací centrálního a decentrálního systému větrání. Jedná se o jednotku Vario-Vent DUO Live doplněnou o potrubí. Jednotka je pak vhodná pro větrání dvou místností, což by mělo být dostačující pro potřeby stanice. Maximální délka potrubí je podle výrobce 15 m, což je rovněž dostatečné. Jednotka má v sobě integrovanou funkci rekuperace vzduchu, jejíž účinnost je udávána až 82%.



Rozměry vzduchotechnické jednotky Vario-Vent DUO Live [21]

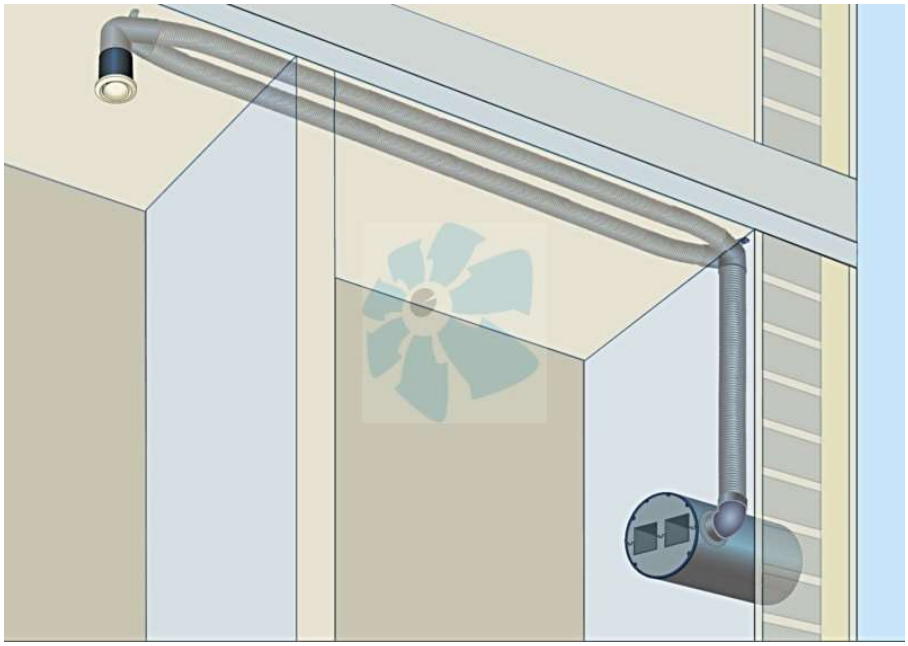


Schéma zapojení jednotky Vario-Vent DUO Live2 Combi [21]

Maximální spotřeba jednotky je 10 W pro větrací výkon 50 m^3/h s rekuperací. Pokud budou ve stanici přítomny dvě osoby, jednotka bude muset být zapnuta stále na plný výkon, aby splnila požadované nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Ochrana zdraví při práci. V případě návštěvy, kdy se ve stanici může vyskytovat i více osob, tak bude přísun čerstvého vzduchu řešen buď pootevřením okna, nebo využitím vzduchotechnické jednotky s vypnutím funkce rekuperace. V režimu bez rekuperace je jednotka schopna přivést až 90 m^3/h.

Jednotka dokáže přivádět čerstvý vzduch do dvou místností. Výměna vzduchu ve stanici bude řešena tak, že v obytné a pracovní části bude přiváděn čerstvý vzduch a v koupelně pak odtahován zpět skrz jednotku do exteriéru, viz schéma níže.

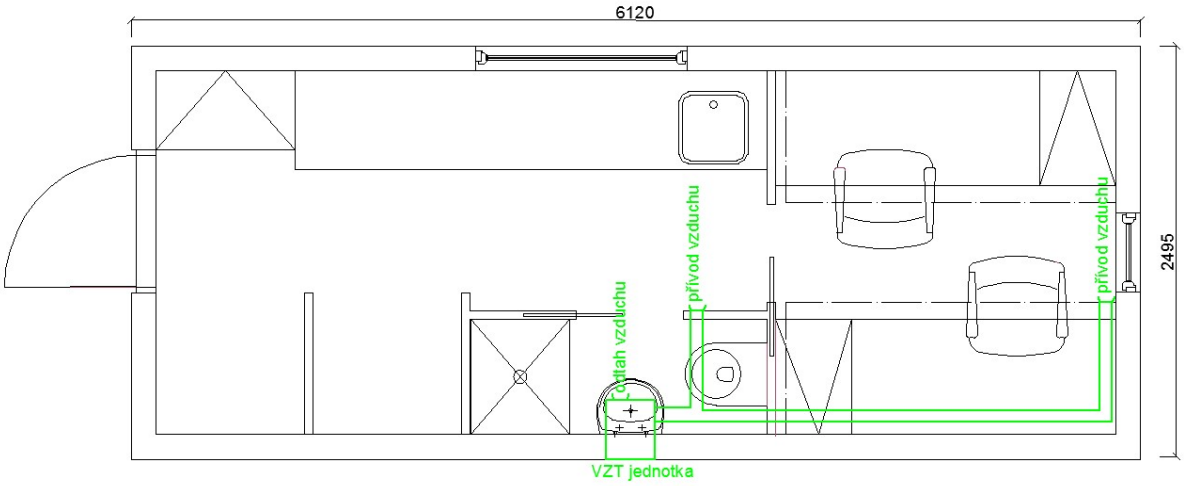


Schéma vzduchotechnické soustavy

Flexi potrubí pro rozvod vzduchu, umístěné v podhledu bude doplněno elektrickým ohřívačem vzduchu. Na trhu jsou elektrické ohřívače pro potrubí od průměru 100 mm. Flexi potrubí vedené od vzduchotechnické jednotky je průměru 90 mm, což znamená, že potrubí bude lokálně rozšířeno, aby bylo možné elektrický ohřívač napojit. Dohřev přiváděného vzduchu v potrubí je potřeba, neboť sama vzduchotechnická jednotka funkci dohřevu nemá. Bez dohřevu by ve studených zimních dnech (při venkovní teplotě vzduchu - 20°C) byl přiváděn vzduchu o teplotě 12-13°C, což je pro pobývající osoby velmi nekomfortní.

6.1.2. Vytápění

Podle hrubých výpočtů energetické bilance provedené v programu MS Excel, bude pravděpodobně zapotřebí vytápět objekt téměř celoročně. Výpočty byly provedeny pro dispoziční variantu 1. Byly navrženy tři orientační varianty, které se vzájemně liší pouze v tepelném odporu obálky stanice, aby bylo patrné, zda kvalitní zaizolování objektu přinese podstatné energetické úspory. Hodnoty součinitelů tepelných prostupů pro jednotlivé varianty vycházejí z přechozí tabulky tepelně izolačních materiálů. Klimatické okrajové podmínky zůstaly nezměněny, ve všech případech byly uvažovány průměrné měsíční teploty pro obec Kvilda na Šumavě.

Varianta s vakuovou izolací o tloušťce 50 mm

Varianta		**U =**	**0,14**	**[W/m2K-1]**
Měsíc [kWh]	Ztráty [kWh]	Zisky [kWh]	Ztráty - zisky [kWh]	Bilance [kWh]
1	457,98	217,2	240,8	269,0
2	406,88	197,0	209,8	236,3
3	401,67	218,7	183,0	217,7
4	325,14	212,5	112,7	155,7
5	236,50	219,7	16,8	84,2
6	174,38	212,4	-38,0	46,7
7	144,53	219,7	-75,2	29,5
8	153,91	219,7	-65,8	34,1
9	208,89	212,2	-3,3	68,0
10	302,19	218,4	83,8	134,0
11	366,92	210,3	156,6	192,4
12	431,70	216,8	214,9	245,6
Celkem	**3611**	**2575**	**1036**	**1713**

Varianta s izolací z PIR desek o tloušťce 100 mm

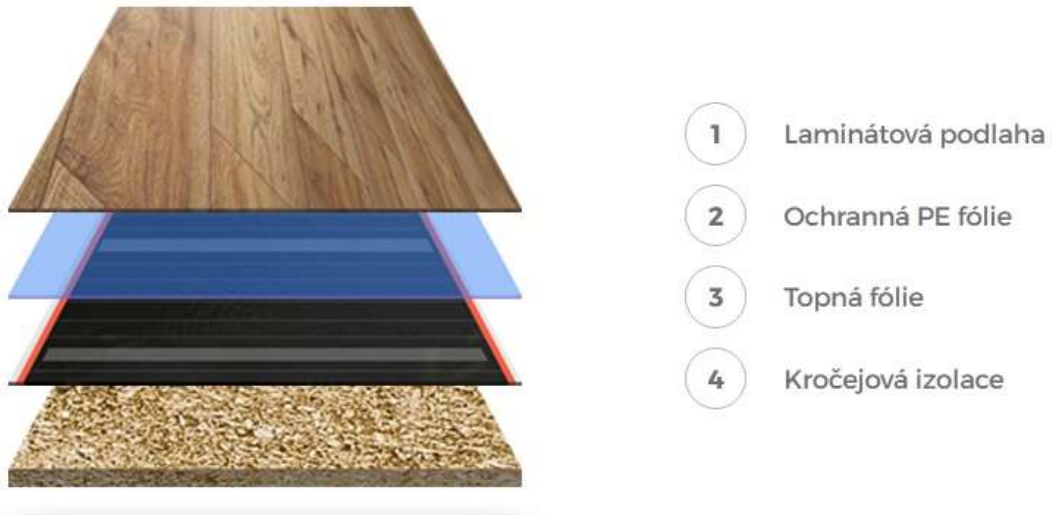
Varianta		**U =**	**0,22**	**[W/m2K-1]**
Měsíc [kWh]	Ztráty [kWh]	Zisky [kWh]	Ztráty - zisky [kWh]	Bilance [kWh]
1	565,74	217,2	348,5	373,5
2	502,61	197,0	305,6	328,9
3	496,18	218,7	277,5	307,9
4	401,64	212,5	189,2	226,6
5	292,14	219,7	72,4	130,9
6	215,41	212,4	3,0	77,2
7	178,53	219,7	-41,2	51,6
8	190,13	219,7	-29,6	58,6
9	258,04	212,2	45,8	107,9
10	373,29	218,4	154,9	198,5
11	453,25	210,3	243,0	274,2
12	533,28	216,8	316,5	343,5
Celkem	**4460**	**2575**	**1886**	**2479**

Varianta s aerogelovou izolací o tloušťce 60 mm

Varianta		**U =**	**0,28**	**[W/m2K-1]**
Měsíc [kWh]	Ztráty [kWh]	Zisky [kWh]	Ztráty - zisky [kWh]	Bilance [kWh]
1	646,56	217,2	429,4	452,6
2	574,41	197,0	377,4	399,0
3	567,06	218,7	348,4	376,5
4	459,02	212,5	246,6	281,0
5	333,88	219,7	114,1	167,9
6	246,18	212,4	33,8	102,1
7	204,04	219,7	-15,6	70,2
8	217,29	219,7	-2,4	79,0
9	294,90	212,2	82,7	139,7
10	426,62	218,4	208,2	248,3
11	518,00	210,3	307,7	336,6
12	609,46	216,8	392,7	417,7
Celkem	**5097**	**2575**	**2523**	**3071**

Z výše uvedených tabulek je patrné, že množství potřebné energie na vytápění velmi závisí na kvalitě obálky. Přibližně je možné říct, že změna hodnoty součinitele prostupu tepla U o hodnotu 0,01 W/m^2K^{-1} změní roční tepelné ztráty prostupem o 100 kWh. Statisticky bude největší potřeba energie na vytápění v lednu a nejnižší v červenci.

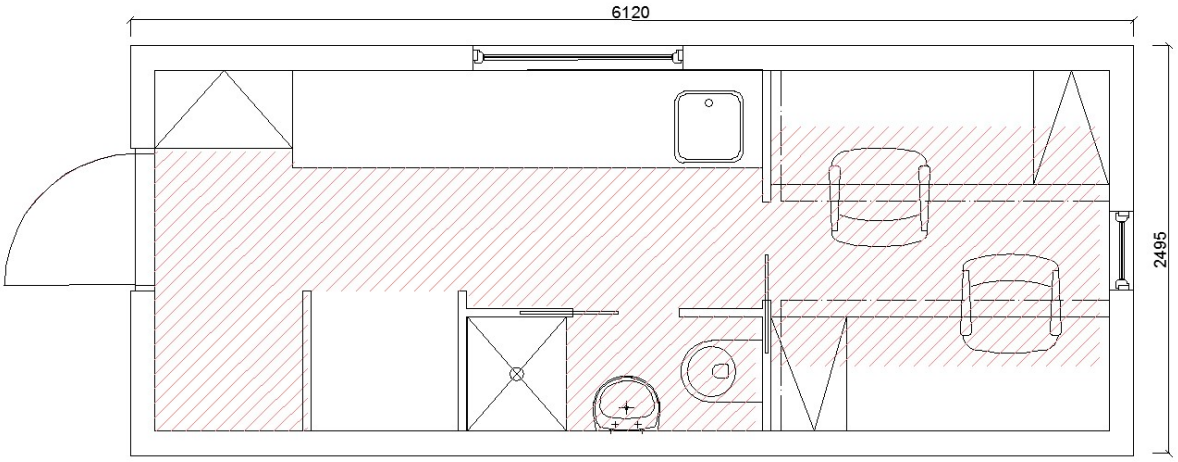
Objekt bude vytápěn pomocí topné uhlíkové fólie. Uhlíková fólie bude umístěna do podlahy. Podle stránek výrobců se její účinnost pohybuje na hranici 98 a 99% viz www.uhlikovefolie.cz nebo www.heat-flow.cz. Kromě úspory elektrické energie je další velkou výhodou, při použití uhlíkové fólie, úspora prostoru. Fólie nepotřebuje v podstatě žádné další zařízení, které by ubíralo ve stanici prostor. Sama fólie je 0,5 – 1,0 mm tenká. A lze ji instalovat pod lino, parkety, dřevo, vinyl či koberec.



Příklad skladby podlahy při využití uhlíkové fólie [22]

Uhlíková fólie funguje na principu dlouhovlnného infračerveného záření, což znamená, že záření ohřívá veškeré okolní předměty a osoby, které poté svou povrchovou teplotou ohřívají vzduch v místnosti. Teplo se šíří do místnosti sáláním. Teplota zapnuté uhlíkové fólie se pohybuje do 27°C a reálně vyhřívá 90 % podlahové plochy. Tento způsob je pocitově komfortnější a úspornější než vytápění konvenční.

Topný výkon uhlíkové fólie se pohybuje v rozmezí 230 – 300 W/m^2. Využitelná plocha podlahy stanice pro použití uhlíkových fólií, což je plocha, na které nebude zastavěná nábytkem a spotřebiči je přibližně 7,5 m^2. Topný výkon uhlíkové fólie by se tedy rovnal 230 × 7,5 = 1725 W, což je plně dostačující pro potřeby stanice.



Červeně vyznačená plocha, kde je možné do podlahy umístit topnou uhlíkovou fólii

Vytápění bude řízeno manuálním termostatem na základně vnitřní teploty vzduchu. Čidla pro vytápění budou nastavena tak, aby vždy automaticky zapnula topnou fólii, pokud se vnitřní teplota vzduchu dostane pod 2°C, protože není žádoucí, aby stanice promrzla.

6.1.3. Voda

Nedostatek prostoru a absence vodovodní přípojky představuje problém pro skladování vody. Ve stanici bude voda uchovávána v několika barelech, viz kapitola 3. Do barelu bude vloženo malé tlakové čerpadlo, například RUCHE 1NG o příkonu 220 W a maximálním průtoku 25l/min. Čerpadlo bude z barelu přečerpávat vodu do koupelny skrz domácí vodárnu DV1 či DV2. Domácí vodárna DV1 slouží pro ovládání čerpadla ROUCHE 1NG, kdy je pomocí tlaku regulován chod čerpadla. Domácí vodárna DV2 obsahuje oproti DV1 i tlakovou nádobu o objemu 25 litrů, která slouží k zajištění stabilního průtoku. Pro zajištění stabilního tlaku vody bude vhodnější využít vodárnu DV2 s expanzní nádobou.

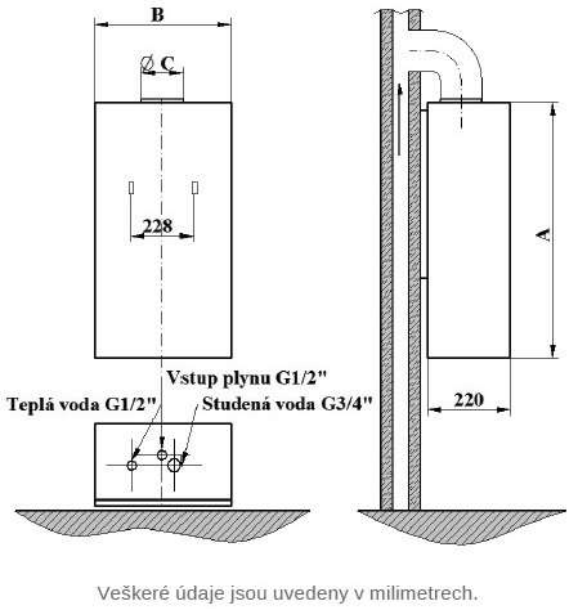
Dále bude potřeba zajistit ohřev vody pro odběrná místa v koupelně. Jelikož je množství prostoru ve stanici limitováno, a lze předpokládat nízký odběr teplé vody, tak se pro ohřev vody jeví vhodněji ohřev průtočný ve srovnání se zásobníkovým.

Po průchodu domácí vodárnou bude voda vedena do průtokového ohřívače, kde voda bude ohřívána podle potřeby. Energetická náročnost průtokového ohřívače je poměrně vysoká,

jeho příkon se pohybuje od 3,5 kW výše. Pro potřeby stanice by byl zapotřebí ohřívač s příkonem přibližně 5 kW. S ohledem na skutečnost, že všechny ostatní použité spotřebiče budou mít příkony menší než 2 kW, většina z nich dokonce menší než 100 W, tak by ohřev vody byl nepoměrně energeticky náročný. Z tohoto důvodu by bylo možná vhodnější vybrat plynový průtokový ohřívač. Jako vhodný se jeví například průtokový ohřívač ALFA POV 10B PB od firmy Karma. Záměrně byl vybrán průtokový ohřívač na propan-butan z důvodu vyšší výhřevnosti ve srovnání se zemním plynem. Propan-butan by mohl být na stanici přepravován v lahvích o hmotnosti 10 kg plynu. Tento průtokový ohřívač značky Karma je plynovým spotřebičem typu B, to znamená, že bude potřeba vybudovat odtah spalin do exteriéru. Vzduchu si bude přisávat z interiéru. Ohřívač nepotřebuje připojení na elektrickou síť 230 V, protože jsou v něm integrovány dvě baterie 1,5 V LR 20.

Technické parametry plynového ohřívače:

maximální tepelný výkon: 19,2 kW
maximální tepelný příkon: 21,8 kW
maximální průtok teplé vody: 10 l / min
spotřeba propan-butanu: 1,7 kg / hod
průměr odtahu spalin: 110 mm
teplota spalin: 160 ° C
požadovaný komínový tah. 0,015 mBar
výška: 680 mm
šířka: 360 mm
hloubka: 220 mm
hmotnost: 13 kg



Ohřívač Karma ALFA POV 10B PB [23]

Z technických parametrů lze vyčíst, že spotřeba užívaného ohřívače je 1,7 kg plynu za hodinu. Pokud se budou denně dvě osoby rychle sprchovat, k tomu provádět ranní i večerní hygienu a umyjí několik laboratorních předmětů, lze předpokládat, že průtokový ohřívač bude denně používán přibližně 15 minut a spotřeba propan-butanu se tak bude

pohybovat v rozmezí 0,4-0,5 kg za den. Jedna lahev s 10 kg plynu tak vydrží 20-25 dní užívání stanice, což je vyhovující pro požadavky hydrobiologů. Pokud by byl instalován elektrický průtokový ohřívač, znamenalo by to přibližné denní navýšení spotřeby elektrické energie o 1 kWh při zachování hygienického standardu sprcha teplou vodou každý den. Podle kapitoly 3 lze však předpokládat, že reálná spotřeba vody bude nižší a tím pádem i spotřeba energie na její ohřev. Pokud reálný odběr vody bude skutečně nižší, tak se vhodněji jeví ohřev vody pomocí elektrického průtokového ohřívače. Pro účely stanice by mohl vybrán například elektrický ohřívač MA 4P 4,4 kW 230 V od značky Mirava.

Elektrický ohřívač Mirava MA 4P 4,4 kW 230 V [24]

Technické parametry elektrického ohřívače:

maximální tepelný příkon: 4,4 kW

Doporučený průtok vody při změně teploty o 28°C: 2,5l / min

Jištění: 20 A

výška: 214 mm

šířka: 157 mm

hloubka: 92 mm

hmotnost: 3,5 kg

Voda bude do barelů pravděpodobně doplňována z místních přírodních zdrojů jako potoků a jezírek. U potoků v národním parku lze předpokládat, že kvalita vody bude na dobré úrovni. Pro úpravu nabrané vody na užitkovou by mohla být využívána UV lampa. S užitím UV lampy by voda měla být zdravotně nezávadná pro všechny ostatní potřeby vyjma přímé konzumace. Pro přímou konzumaci bude stanice vybavena outdoorovými kapesními filtry vody, díky kterým je možné konzumovat vodu z jakéhokoliv sladkovodního zdroje například jezera, potoka či kaluže. Dalším zdrojem pitné vody bude voda balená, případně převařená voda ze studánky či potoka.

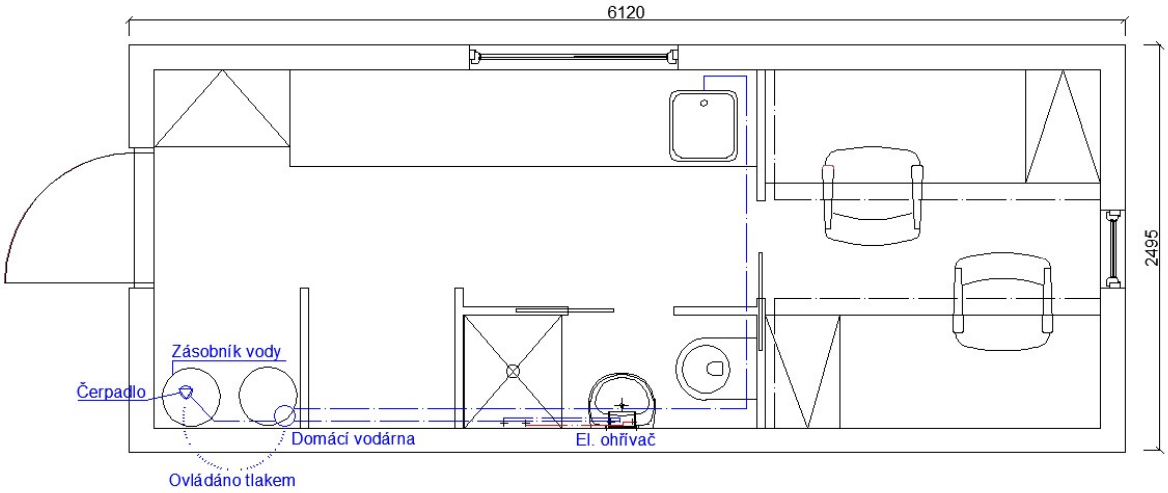


Schéma rozvodu pitné vody

6.1.4. Odpadní voda

Ve sprchovém koutě i v umyvadle budou používána výhradně organická mýdla i další prostředky, což zaručí nezávadnost odpadní vody z koupelny. Voda bude moci být tedy vypouštěna do zásaku, který bude vykopán v blízkosti stanice. Zásak by měl být přibližně 50 cm hluboký a jeho plocha by se měla pohybovat v rozmezí od 2,0 do 4,0 m^2, podle typu půdy, což přibližně odpovídá velikosti zásaku pro 20 m^2 střechy. Zásak bude budován několik metrů od stanice, odpadní voda do něj bude dopravena izolovaným potrubím, které se nasadí na výpusť odpadní vody z koupelny. Výpusť je umístěna v podlaze pod sprchovým koutem. Ve výpusti je umístěn topný kabel, který zabraňuje zamrznutí vody. Topný kabel je napojen na teplotní čidlo, které reguluje jeho výkon. Problémovým místem, co se odpadu týče, je laboratorní dřez, kde bude docházet k vylévání chemických roztoků. Voda z něj tedy bude vypuštěna do barelu, který bude umístěn ve skříňce pod dřezem a bude skladován a vyvážen podle potřeby. Toaleta je chemická a bude vyvážena podle aktuální potřeby.

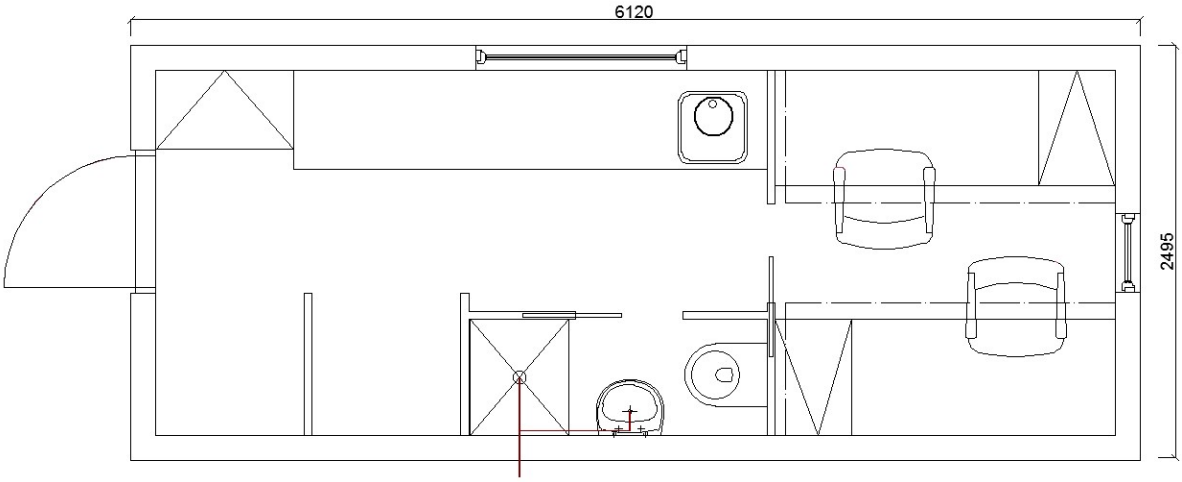


Schéma odvodu odpadní vody

6.1.5. Dešťová voda

Dešťová voda bude žlabem svedena do svodu, který bude vodu z pultové střechy svádět po stěně fasády. Pod svodem může být umístěn barel, do kterého bude dešťová voda svedena pro případ využití. Pokud hydrobiologové nebudou chtít dešťovou vodu využívat, tak by bylo vhodné vykopat druhý zásak, protože se pravděpodobně nepodaří napojit dešťovou vodu na stejný jako odpadní vodu.

6.1.6. Elektřina silnoproud

Jelikož je stanice plně autonomní, tak veškerá potřebná elektřina bude muset být na stanici vyrobena nebo uschována v bateriích. Veškeré zázemí k elektrické soustavě, jako baterie, jističe, rozvaděč, zázemí k internetu atd. budou umístěny v technické místnosti. Elektrická soustava bude rozdělena na několik okruhů, z nichž každý bude mít svůj jistič. Okruhy budou následující: Osvětlení interiér, osvětlení exteriér, interiérové přístrojové zásuvky, vodovodní soustava včetně ohřívače, otopná soustava, vzduchotechnická soustava, exteriérová zásuvka s přepěťovou ochranou a zařízení spojené s internetem. Všechny zásuvky budou vybaveny přepěťovou ochranou.

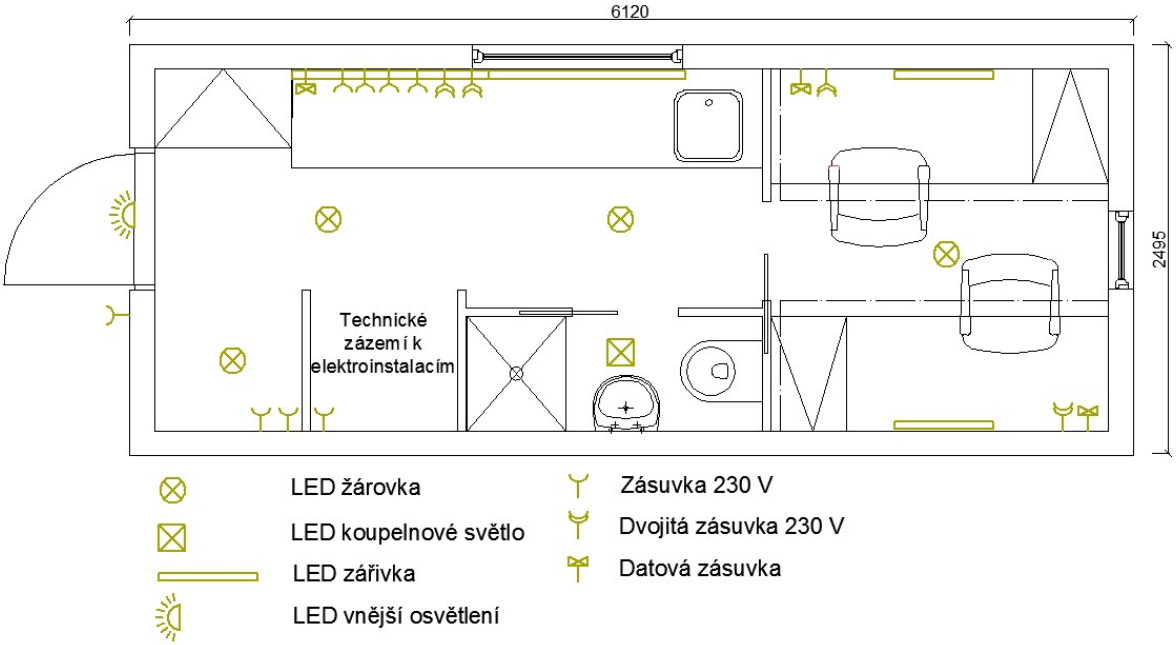


Schéma rozmístění svítidel a zásuvek

6.1.7. Internet a zabezpečení

Pro zajištění příjmu internetu bude na střeše stanice umístěn přijímač satelitního internetu. Z přijímače bude internet veden do modemu, odkud bude veden kabelem k jednotlivým slaboproudým zásuvkám. Datové zásuvky budou umístěny u psacích stolů a nad laboratorním stolem. Stanice bude také vybavena i wi-fi routerem, který běžně nebude využíván. Jeho využití se předpokládá zejména v letních měsících při dostatku elektrické energie.

Stanice bude zabezpečena alarmem proti vniknutí. Dále bude nad vstupními dveřmi pohybové čidlo, které bude automaticky spínat světlo a kameru v případě zaznamenání pohybu. Čidlo bude v provozu pouze v dobu, kdy stanice bude zajištěna aktivním alarmem, aby v přírodě nezpůsobovalo zbytečné znečistění umělým osvětlením. Celý systém zabezpečení bude napojen na bezpečnostní službu.

6.2. OSTATNÍ VYBAVENÍ

Mimo technická zařízení a vybavení potřebná k výzkumu bude muset být stanice vybavena i dalším vybavením, která mohou být užitečná. Jednoznačně by ve stanici neměla chybět lopata a krumpáč pro vybudování zásaku. Dále by ve stanici mělo být základní nářadí jako kladivo, sekera, pila, šroubovák atd. Ve stanici musí být umístěn i žebřík pro případný výlez na střechu. Skládací žebřík by mohl být umístěn hned za dveřmi vpravo, v tomto místě bude pravděpodobně skladováno i ostatní nářadí a nástroje. V zimě bude nutný také smeták na smetení napadaného sněhu z fotovoltaických panelů.

6.2.1. Zajištění vybavení při transportu

Při transportu budou vznikat ve stanici otřesy, a tak je třeba zajistit veškeré vybavení proti poškození. Pevné části nábytku jako postele, stoly, pracovní deska a skříně budou přišroubovány do stěn, případně do podlahy. Stěny stanice i přišroubovaný nábytek bude opatřen malými háky pro možnost připevnění vybavení stanice. Laboratorní vybavení jako mikroskopy, skleněné nádoby a další budou uschovány v kufrech, které mohou být přikurtovány v prostoru mezi stolem a postelí v obytné části stanice. Spolu s kufry s laboratorní vybavením by mohly být v obytné místnosti naskládány i kuchyňské spotřebiče, jako plotýnkový vařič či mikrovlnná trouba. V místě pod stolem budou ke stolu či stěně přikurtovány židle a popřípadě další vybavení. V prostoru vpravo za vchodovými dveřmi, kde bude umístěno nářadí, žebřík a pracovní nástroje, budou do stěn opět našroubovány háky, za které se pak zaháknou kurty popřípadě pružné sítě. Přesné rozmístění háků, kurtů a pružných sítí na stěnách stanice či na připevněném nábytku se vyřeší až na místě přímo ve stanici, kdy bude navezeno všechno potřebné vybavení.

7. ENERGETICKÝ KONCEPT

Odborníky z VUV byl dodán seznam nezbytných přístrojů a zařízení, které by neměly v terénní stanici chybět. V této kapitole bude proveden předběžný odhad energetické potřeby pro provoz laboratoře a následné bude zpracována energetická bilance.

7.1. VYBAVENÍ LABORATOŘE

V níže uvedené tabulce jsou požadované elektrické spotřebiče pro provoz stanice. Z těchto spotřebičů bude spočítána potřeba elektrické energie.

Vybavení laboratoře	Příkon [W]
Osvětlení stolů	22
Osvětlení pracovní desky	40
Osvětlení místností	20
Osvětlení koupelna	10
Notebook	45
Přijímač satelitního internetu	2
Tiskárna	380
Mikroskop	30
Binolupa	3
Chladnička	14
Mraznička	16
Sušárna malá	950
Rychlovarná konvice	2400
Mikrovlnka	700
VZT	10
Jednoplotýnkový vařič	1800
Ostatní	20
Celkem	**6462**

Níže jsou popsány uvažované elektrické spotřebiče, se kterými je uvažováno v odhadu potřeb elektrické energie pro jednotlivé scénáře užívání.

OSVĚTLENÍ STOLŮ

Osvětlení každého stolu uvažováno jako LED zářivka délky 60 cm a příkonu 11 W.

OSVĚTLENÍ PRACOVNÍ DESKY

Pro osvětlení pracovní desky uvažovány dvě LED zářivky délky 120 cm a příkonu 20 W.

OSVĚTLENÍ MÍSTNOSTÍ

Jako osvětlení místností jsou uvažovány čtyři LED žárovky, každá o příkonu 5 W.

OSVĚTLENÍ KOUPELNY

Hranaté koupelnové LED svítidlo s příkonem 10 W, které svítivostí nahradí až 60 W žárovku.

LAPTOP

Pro stanici je uvažován jeden laptop značky HP typ 250 G5. Napájecí adaptér má příkon 45 W.

PŘIJÍMAČ SATELITNÍHO INTERNETU

HD PVR satelitní přijímač s příkonem v pohotovostním režimu 1 W.

TISKÁRNA

Tiskárna HP LaserJet Pro M102w o příkonu 380 W.

MIKROSKOP

Binokulární mikroskop Olympus CX41 s LED žárovkou o příkonu 30 W.

BINOLUPA

Binolupa 20x s osvětlením s LED žárovkou o příkonu 3 W.

CHLADNIČKA

Malá chladnička Liebherr TP 1720 o vnitřním objemu 145 l. Její roční předpokládaná spotřeba energie je 62 kWh/rok.

MRAZNIČKA

Malá mraznička Goddnes FSC085TW9 o vnitřním objemu 85 l. Předpokládaná spotřeba energie podle výrobce je 0,37 kWh/den.

SUŠÁRNA VZORKŮ

Malá sušárna Ecocell – Komfort s objemem komory 22 litrů. Maximální příkon sušárny je 920 W.

RYCHLOVARNÁ KONVICE

Rychlovarná konvice BOSCH TWK 6001 s příkonem 2400 W.

MIKROVLNNÁ TROUBA

Mikrovlnná trouba ETA 0205 90000 s příkonem 700 W.

VZT

Malá vzduchotechnická jednotka s rekuperací vzduchu, pravděpodobně umístěná ve zdi. Spotřeby takovýchto jednotek se pohybují od 4 W/h do 20 W/h. Uvažována Vario-Vent DUO Live s příkonem 10 W.

JEDNOPLOTÝNKOVÝ VAŘIČ

Jednoplotýnkový indukční ECG IV 18 vařič o výkonu 1800 W.

OSTATNÍ

Pod položkou ostatní se skrývá rezerva.

7.2. ODHAD PROVOZNÍCH POTŘEB ELEKTRICKÉ ENERGIE (BEZ VYTÁPENÍ A OHŘEVU VODY)

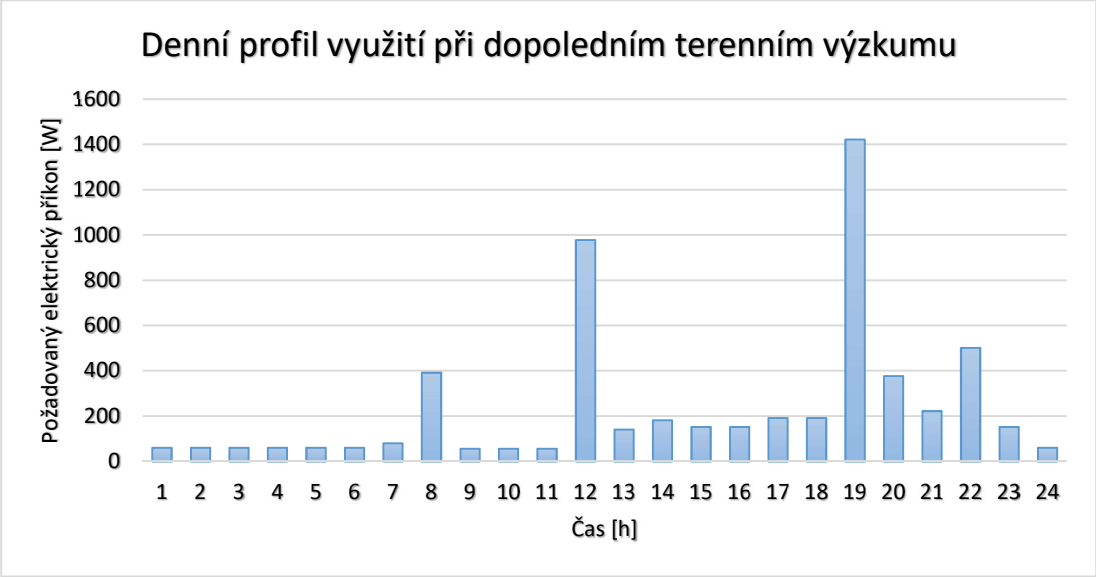
Z veškerého výše vypsaného vybavení laboratoře byly odhadnuty potřeby elektrické energie pro běžný pracovní den na stanici. Potřeby energie byly odhadnuty pro tři různé varianty pracovního dne v použití se sušárnou či bez sušárny. Sušárna s uvažovaným příkonem 920 W je při běžném užití energeticky nejnáročnější spotřebič stanice, proto je pro bilanci elektrické energie velmi důležité znát způsob a čas využití sušárny. Dle slov hydrobiologů bude sušárna užívána jedenkrát za krátký pobyt, či jednou týdně při delším pobytu pro sušení vzorků, a to pří teplotě do 105°C. Navrhovaná sušárna má však svůj maximální příkon 920 W při dosažení teploty 250°C. Pro odhad potřeb elektrické energie bude uvažována spotřeba elektřiny 350 W na hodinu sušení vzorků. Dále bude sušárna, opět jednou týdně, využita na sušení skla, to však bude probíhat při teplotách 50 – 60°C a pouze jednu hodinu. Tento odběr elektřiny bude v odhadu potřeb zanedbán.

Poznámka: V odhadu potřeby elektrické energie bylo uvažováno pouze z výše vypsanými elektrickými spotřebiči. V odhadu tedy není zahrnuto případné vytápění a ohřev teplé vody.

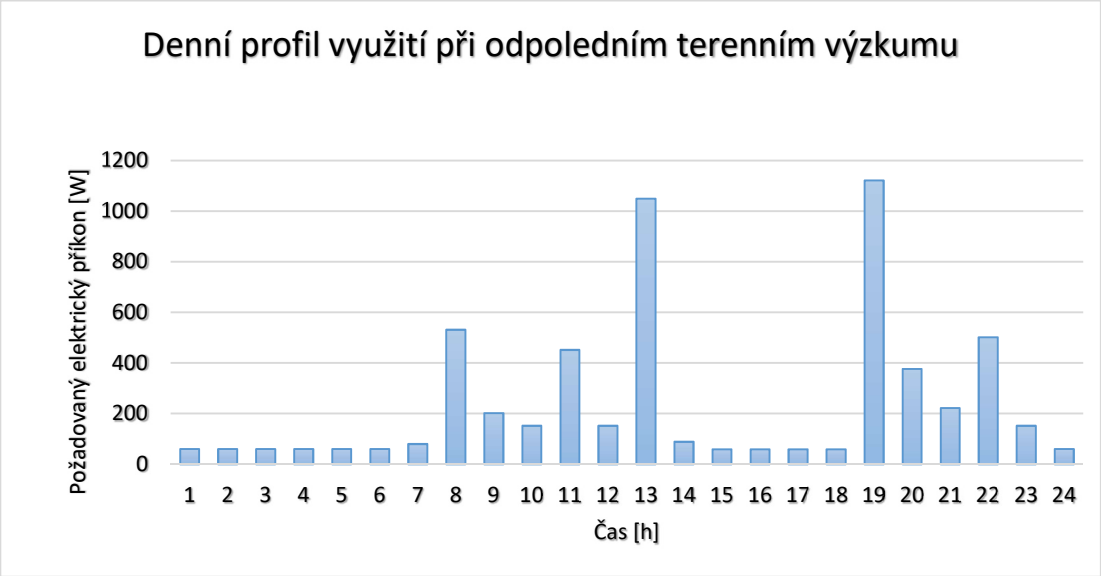
Scénáře užívání

Pro lepší představu o skutečných odběrech energie byly sestaveny modelové scénaře možného užívání stanice.

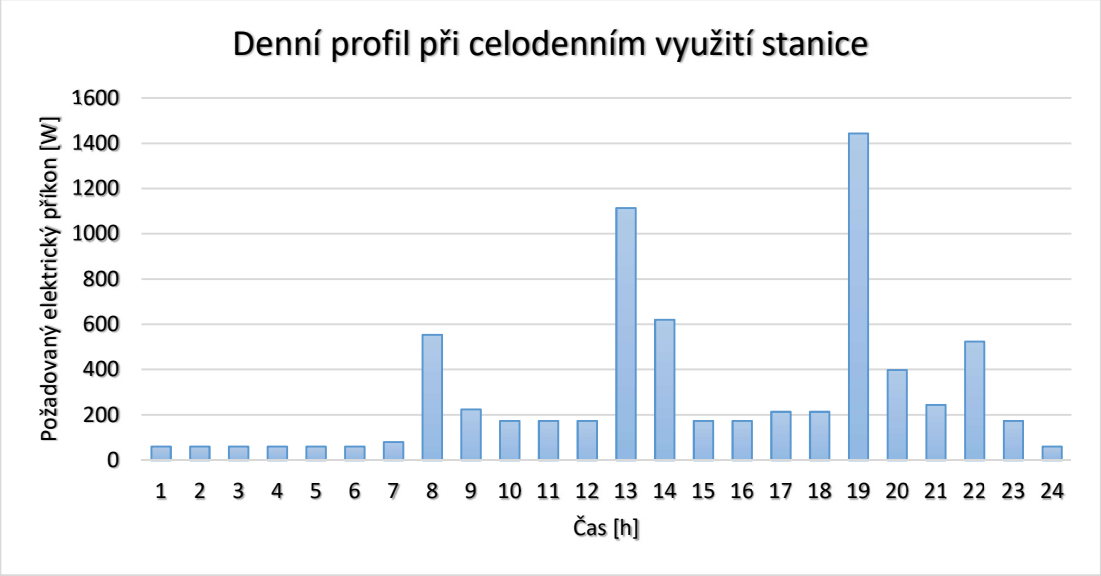
A) Vědci provádí dopolední terénní výzkum a odpoledne se vracejí do stanice, kde zpracovávají vzorky. Celkové potřeby elektrické energie pro tento režim vycházejí 5723 Wh. Pokud by v tento den využili sušárnu, tak by potřebovali 9913 Wh elektrické energie.



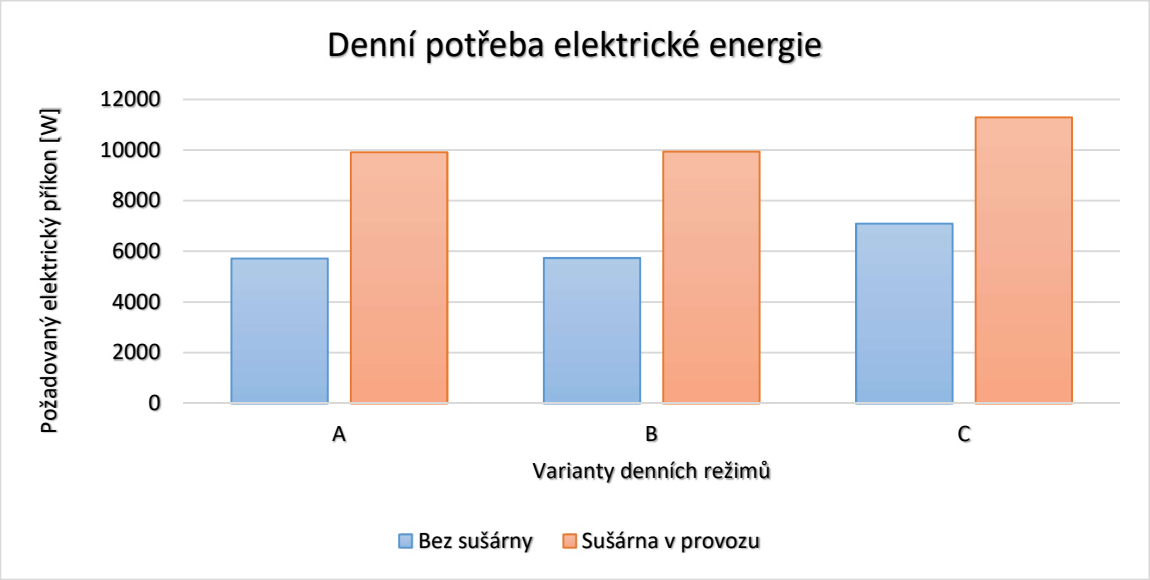
B) Vědci jsou dopoledne na stanici a provádějí odpolední terénní výzkum, večer se pak vrátí na stanici, kde následně zpracovávají vzorky. Celkové potřeby elektrické energie pro tento režim vycházejí 5739 Wh. Pokud by v tento den využili sušárnu, tak by potřebovali 9939 Wh elektrické energie.



C) Vědci jsou celý den ve stanici. Celkové potřeby elektrické energie pro tento režim vycházejí 7095 Wh. Pokud by i v tento den využili sušárnu, tak by potřebovali 11295 Wh elektrické energie.



V níže uvedeném grafu je znovu shrnuto srovnání potřeb elektrické energie pro jednotlivé varianty provozu.



Ve všech třech variantách bylo uvažováno se stejnými elektrickými spotřebiči. Varianty se vzájemné lišily pouze časem a dobou využití.

7.3. ENERGETICKÁ (TEPELNÁ) BILANCE

Energetická bilance je inspirována podklady od pana Ing. Kamila Staňka, Ph.D., které byly vytvořeny pro předmět Specializovaný projekt 1 na oboru Budovy a prostředí.

Vstupy:

Rozměr budovy a	6	m
Rozměr budovy b	2,45	m
Počet osob na patro	2	osob
Osob celkem	2	osob
Objem větraného vzduchu na osobu	25	m^3/h
Součinitel průměrné obsazenosti	1,0	-
Objem vytápěné zóny	30	m^3
Násobnost výměny vzduchu	2	1/h
Součinitel větrné expozice e	0,07	-
Účinnost rekuperace	82	%
Objemová tepelná kapacita vzduchu	0,34	Wh/m^3K
Výška okna	1,2	m
Šířka okna	1,2	m

plocha okna	1,44	m^2
Plocha jižní fasády	15,36	m^2
Plocha oken jižní fasády	1,44	m^2
Plocha severní fasády	16,8	m^2
Plocha oken severní fasády	0	m^2
Plocha východní fasády	4,97	m^2
Plocha dveří východní fasády	1,89	m^2
Plocha západní fasády	6,28	m^2
Plocha oken západní fasády	0,58	m^2
Součinitel prostupu tepla U konstrukcí	0,14	W/m^2K^{-1}
Součinitel prostupu tepla U oken	0,65	W/m^2K^{-1}
Součinitel prostupu tepla U dveří	0,7	W/m2K-1

Tepelné ztráty:

Tepelná ztráta objektu se skládá ze dvou složek. Tepelné ztráty větráním a tepelné ztráty prostupem. Tepelné ztráty větráním jsou ovlivněny množstvím vyměněného vzduchu, těsností konstrukce, účinností rekuperace, rozdílem teplot vnitřního a venkovního vzduchu. Hodnoty průměrných měsíčních teplot jsou hodnoty pro obec Kvilda, která je ze statistického hlediska jedním z nejchladnějších míst České republiky. Průměrnou venkovní teplotu lze tedy předpokládat nižší, než je výpočtová. Znamená to, že tepelné ztráty větráním i prostupem budou nejspíše ve skutečnosti nižší, než ve vypočtené energetické bilanci viz tabulky níže. Teplota vnitřního vzduchu je uvažována na spodní hranici hygienických požadavků pro pobytové místnosti.

TEPELNÉ ZTRÁTY VĚTRÁNÍM									
Měsíc	Teplota venkovního vzduchu	Teplota vnitřního vzduchu	Rozdíl teplot	Počet hodin v měsíci	Objemový tok	Měrný tepelný tok větráním	Tepelné ztráty s rekuperací	Tepelné ztráty bez rekuperace	Ušetřeno rekuperací
	θ_e	θi	Dθ	t	Va	Hv	Q	Qr	Q-Qr
m	°C	°C	°C	h	m3/h	W/K	kWh	kWh	kWh
1	-4,4	20,0	24,4	744	13,2	4,5	81,5	334,5	253,1
2	-4,0	20,0	24,0	672	13,2	4,5	72,4	297,2	224,8
3	-1,4	20,0	21,4	744	13,2	4,5	71,5	293,4	221,9
4	2,1	20,0	17,9	720	13,2	4,5	57,8	237,5	179,7
5	7,4	20,0	12,6	744	13,2	4,5	42,1	172,8	130,7
6	10,4	20,0	9,6	720	13,2	4,5	31,0	127,4	96,4
7	12,3	20,0	7,7	744	13,2	4,5	25,7	105,6	79,9
8	11,8	20,0	8,2	744	13,2	4,5	27,4	112,4	85,0
9	8,5	20,0	11,5	720	13,2	4,5	37,2	152,6	115,4
10	3,9	20,0	16,1	744	13,2	4,5	53,8	220,7	167,0
11	-0,2	20,0	20,2	720	13,2	4,5	65,3	268,0	202,7
12	-3,0	20,0	23,0	744	13,2	4,5	76,8	315,3	238,5
Celkem za rok							**642**	**2637**	**1995**

Tepelné ztráty prostupem jsou ovlivněny rozdílem teplot vnitřního a venkovního vzduchu, součinitelem prostupu tepla jednotlivých skladeb či detailů objektu a těsností konstrukce.

TEPELNÉ ZTRÁTY PROSTUPEM						
Měsíc	Teplota venkovního vzduchu	Teplota vnitřního vzduchu	Rozdíl teplot	Počet hodin v měsíci	Měrný tepelný tok prostupem	Tepelné ztráty prostupem
	θ_e	θi	Dθ	t	Ht	Qt
m	°C	°C	°C	h	W/K	kWh
1	-4,4	20,0	24,4	744	12,8	232,9
2	-4,0	20,0	24,0	672	12,8	206,9
3	-1,4	20,0	21,4	744	12,8	204,2
4	2,1	20,0	17,9	720	12,8	165,3
5	7,4	20,0	12,6	744	12,8	120,2
6	10,4	20,0	9,6	720	12,8	88,7

7	12,3	20,0	7,7	744	12,8	73,5
8	11,8	20,0	8,2	744	12,8	78,3
9	8,5	20,0	11,5	720	12,8	106,2
10	3,9	20,0	16,1	744	12,8	153,7
11	-0,2	20,0	20,2	720	12,8	186,6
12	-3,0	20,0	23,0	744	12,8	219,5
Celkem za rok						**1836**

TEPELNÉ ZTRÁTY CELKEM			
Měsíc	Tepelné ztráty s rekuperací	Tepelné ztráty prostupem	Tepelné ztráty celkem
	Q	Qt	Q + Qt
m	kWh	kWh	kWh
1	81,5	232,86	314,34
2	72,4	206,88	279,26
3	71,5	204,23	275,69
4	57,8	165,32	223,16
5	42,1	120,25	162,32
6	31,0	88,66	119,68
7	25,7	73,49	99,20
8	27,4	78,26	105,64
9	37,2	106,21	143,37
10	53,8	153,65	207,41
11	65,3	186,56	251,83
12	76,8	219,50	296,30
Celkem	**642**	**1836**	**2478**

Tepelné zisky:

Tepelné zisky objektu se dělí na dvě složky, a to tepelné zisky interiéru a solární tepelné zisky.

Tepelné zisky interiéru, nebo vnitřní tepelné zisky, jsou součtem tepelných zisků od přítomných osob a všech elektrických spotřebičů, vyjma ohřevu vody.

TEPELNÉ ZISKY INTERIÉRU						
Přístroj	Příkon	Přibližná denní doba užívání	Počet	Tepelné zisky za den	Tepelné zisky za měsíc	Tepelné zisky za rok
	W	h		Wh	kWh	kWh
Osoby	100	16,0	2	3200	96,0	1152,0
Osvětlení	92	10,0	1	920	27,6	331,2
Notebook	45	6,0	1	270	8,1	97,2
Přijímač satelitního internetu	2	24,0	1	48	1,4	17,3
Tiskárna	380	1,0	1	380	11,4	136,8
Mikroskop	30	5,0	1	150	4,5	54,0
Binolupa	3	7,0	1	21	0,6	7,6
Chladnička	7	24	2	336	10,1	121,0
Mraznička	16	24,0	1	384	11,5	138,2
Sušárna malá	950	0,0	1	0	0,0	0,0
Rychlovarná konvice	2400	0,3	1	792	23,8	285,1
Mikrovlnka	700	0,2	1	140	4,2	50,4
VZT	10	24,0	1	240	7,2	86,4
Jednoplotýnkový vařič	1800	1,0	1	1800	54,0	648,0
Ostatní	20	24,0	1	480	14,4	172,8
Celkem				**9161**	**275**	**3298**

Poznámka: Do tepelných zisků interiéru nebylo počítáno s teplem z ohřevu teplé vody z důvodu špatné přesnosti odhadu.

TEPELNÉ ZISKY INTERIÉRU			
Měsíc	Počet dní v měsíci	Počet hodin v měsíci	Tepelné zisky interiéru
	t	t	Qint
m	den	h	kWh
1	31,0	744	284,0
2	28,0	672	256,5
3	31,0	744	284,0
4	30,0	720	274,8
5	31,0	744	284,0
6	30,0	720	274,8
7	31,0	744	284,0
8	31,0	744	284,0

9	30,0	720	274,8
10	31,0	744	284,0
11	30,0	720	274,8
12	31,0	744	284,0

Účinná solární sběrná plocha slouží k určení množství, kolik z dopadajícího světla na okna se přemění do solárních zisků objektu. Stanice je mobilní, a tak nelze jednoznačně říct, jak bude orientována a jaké budou skutečné solární zisky. Pro zajištění maximalizace solárních zisků, je doporučeno orientovat stanici delší stranou, na které se nachází okno a pracovní deska, směrem na jih. Pro maximalizaci energetických zisků, bude i v tomto směru konstruován sklon střechy, na které budou umístěny fotovoltaické panely. Tato doporučená orientace, tak vede k vyšším solárním ziskům skrz okna a zároveň k většímu množství vyrobené elektřiny pomocí fotovoltaických panelů.

DÍLČÍ SOUČITNITELÉ ÚČINNÉ SOLÁRNÍ SBĚRNÉ PLOCHY	Sever	Jih	Východ	Západ
Celková ploch zasklení Aw	0	1,44	0	0,72
Celková energetická propustnost gl	0,4	0,4	0,4	0,4
Korekční čininitel pro zvýšení ztráty odrazem Fw	0,9	0,9	0,9	0,9
Korekční činitel rámu FF	0,77	0,77	0,77	0,77
Korekční činitel clonění Fc	0,4	0,4	0,4	0,4
Korekční činitel stínění Fs	0,85	0,85	0,85	0,85
Dílčí souč. stínění horizontem Fh	0,85	0,85	0,85	0,85
Dílčí souč. stínění markýzou Fo	1	1	1	1
Dílčí souč. stínění bočními žebry Ff	1	1	1	1
Účinná solární sběrná plocha As	**0,0**	**0,15**	**0,0**	**0,08**

SOLÁRNÍ TEPELNÉ ZISKY									
Měsíc	Měsíční dávka ozáření				Solární tepelné zisky				Solární tepelné zisky
	Hj				Qsol				
	Jih	Sever	Západ	Východ	Jih	Sever	Západ	Východ	Qsol
m	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	34,2	8,2	14,1	14,1	5,2	0,0	0,9	0,0	6,0
2	51,1	13,4	25,5	25,5	7,7	0,0	1,5	0,0	9,2
3	74,4	25,3	46,9	46,9	11,2	0,0	2,8	0,0	14,0
4	85,7	36,0	74,2	74,2	12,9	0,0	4,5	0,0	17,4

5	87,0	49,1	87,0	87,0	13,1	0,0	5,2	0,0	18,4
6	75,6	51,8	90,0	90,0	11,4	0,0	5,4	0,0	16,8
7	78,1	51,3	84,1	84,1	11,8	0,0	5,1	0,0	16,9
8	96,0	42,4	80,4	80,4	14,5	0,0	4,8	0,0	19,3
9	77,8	28,8	53,3	53,3	11,7	0,0	3,2	0,0	14,9
10	74,4	18,6	38,7	38,7	11,2	0,0	2,3	0,0	13,6
11	45,4	9,4	18,0	18,0	6,8	0,0	1,1	0,0	7,9
12	29,0	6,0	11,2	11,2	4,4	0,0	0,7	0,0	5,0
Celkem					**122**	**0**	**38**	**0**	**160**

Poznámka: Data měsíční dávky ozáření H_j byla převzata z dokumentu TNI 73 0331 Energetická náročnost budov.

Z níže uvedené tabulky vyplývá, že množství solárních zisků je v poměru k celkovým tepelným ziskům poměrně malé. Z hlediska tepelné bilance, tak není klíčové, zda stanice bude zastíněna či nikoliv. Mnohem větší vliv bude mít zastínění stanice na množství vyrobené elektrické elektřiny fotovoltaickými panely, fotovoltaickými panely se však zabývá až další kapitola.

Měsíc	Solární tepelné zisky	Tepelné zisky interiéru	Celkový zisk
	Qsol	Qint	Qsol + Qint
m	kWh	kWh	kWh
1	6,0	284,0	290,0
2	9,2	256,5	265,8
3	14,0	284,0	298,0
4	17,4	274,8	292,2
5	18,4	284,0	302,4
6	16,8	274,8	291,7
7	16,9	284,0	300,8
8	19,3	284,0	303,3
9	14,9	274,8	289,8
10	13,6	284,0	297,5
11	7,9	274,8	282,8
12	5,0	284,0	289,0
Celkem	**160**	**3344**	**3503**

<u>Využitelné tepelné zisky:</u>

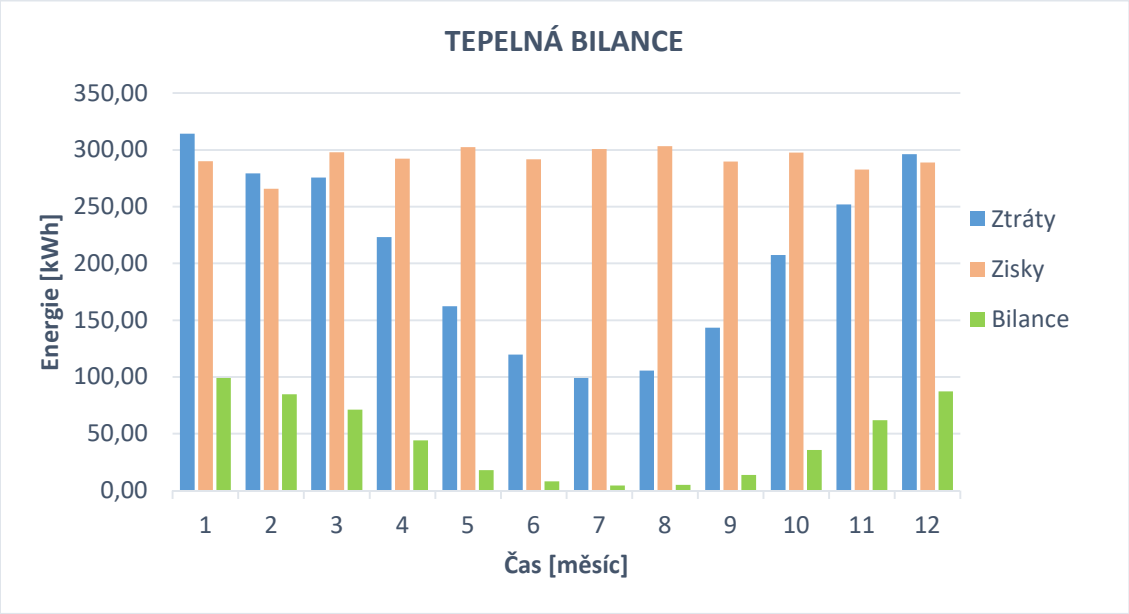
Ne všechny tepelné zisky je možno efektivně využít, výpočet bilance bere v potaz účinnou vnitřní tepelnou kapacitu budovy a také poměr tepelných ztrát a zisků. Z toho vzejde

přesnější odhad energetických potřeba na vytápění, než z prostého rozdílu tepelných zisků a ztrát.

POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ								
Měsíc	Teplota venkovního vzduchu	Počet hodin v měsíci	Účinná vnitřní tepelná kapacita	Časová konstanta vytápěné zóny	Číselný parametr	Poměr zisků a ztrát	Faktor využitelnosti	Celková potřeba tepla na vytápění
	θ_e	t	Cm	τ	a	γ	ηg	Qnd
m	°C	h	J/K	h	-	-	-	kWh
1	-4,4	744	1400256	22,46	2,50	0,92	0,74	99,1
2	-4,0	672	1400256	22,46	2,50	0,95	0,73	84,8
3	-1,4	744	1400256	22,46	2,50	1,08	0,69	71,3
4	2,1	720	1400256	22,46	2,50	1,31	0,61	44,1
5	7,4	744	1400256	22,46	2,50	1,86	0,48	17,9
6	10,4	720	1400256	22,46	2,50	2,44	0,38	8,0
7	12,3	744	1400256	22,46	2,50	3,03	0,32	4,2
8	11,8	744	1400256	22,46	2,50	2,87	0,33	5,1
9	8,5	720	1400256	22,46	2,50	2,02	0,45	13,7
10	3,9	744	1400256	22,46	2,50	1,43	0,58	35,6
11	-0,2	720	1400256	22,46	2,50	1,12	0,67	61,9
12	-3,0	744	1400256	22,46	2,50	0,98	0,72	87,4
Celkem za rok								**533,05**

<u>Závěr:</u>

Z výše uvedených výsledků a níže přiloženého grafu vyplývá, že tepelné ztráty celoročně převyšují tepelné zisky, nicméně ne všechny zisky jsou využity na udržení tepla v objektu. Souvisí to především s tím, že konstrukce bude navržena jako lehká, a tak je zde malý prostor pro akumulaci tepla ze dne na noc nebo z teplého dne na chladný.



V případě, že v průběhu zimy nastanou extrémní mrazy, tak se tepelná bilance zásadně zhorší. V níže uvedené tabulce jsou uvedeny potenciální tepelné ztráty, zisky a celková bilance v případě, že by tři po sobě jdoucí dny venkovní průměrná teplota vzduchu dosahovala -20°C. Při takto nízké teplotě a teplotě vzduchu v interiéru +20°C by okamžitá tepelná ztráta dosahovala téměř 0,7 kW.

3 DNY EXTRÉMNÍCH MRAZŮ		
ztráty	49,9	kWh
zisky	28,1	kWh
bilance	25,2	kWh

Otopná soustava by měla být nadimenzována tak, aby i v extrémních mrazech zvládla vytopit stanici na přijatelnou teplotu, což navržené podlahové vytápění splňuje. Za extrémně chladného počasí je možné snížit interiérovou teplotu vzduchu o několik stupňů tím ušetřit potřebnou energii na vytápění. Z bilance vychází, že snížením požadované vnitřní teploty o 1°C se ušetří 1 kWh energie za 3 dny.

8. BILANCE ELEKTŘINY

Odhadnout a zajistit dostatečnou dodávku elektrické energie pro stanici je velmi složité. Z důvodu chybějící elektrické přípojky musí být všechna elektřina na stanici buď vyrobena, nebo uskladněna v bateriích. Vzhledem k tomu, že stanice nemá jednoznačné místo svého působení, tak sestavení vhodné kombinace baterií a dalších zdrojů elektřiny způsobuje komplikace. I za předpokladu, že by stanice působila pouze v NP Šumava, tak se okrajové podmínky mohou velmi lišit. NP Šumava se rozkládá mezi nadmořskými výškami 600 – 1378 m. Podle zadání je také patrné, že stanice se může nacházet v celodenním stínu uprostřed lesa, stejně jako na planině, kde bude po většinu času foukat silný vítr a přes léto svítit slunce. Z těchto okrajových vyplývá, že se nelze spoléhat pouze na jeden obnovitelný zdroj elektřiny. Cestou k zajištění dostatečné množství energie je diverzifikace zdrojů.

8.1. FOTOVOLATAICKÁ ELEKTRÁRNA

Jedním ze zdrojů elektřiny budou fotovoltaické panely umístěné na střeše. Fotovoltaické panely se dělí na druhy krystalické (mono a poly) a na panely amorfní. Panely amorfní jsou levnější a vůči své ploše mají horší špičkový výkon, na druhou stranu, podávají stabilnější výkon, v případě jsou-li zastíněné, či není jasná obloha, protože jsou schopny zpracovat širší spektrum ze slunečního svitu. Dokáží tedy lépe získat energie ze světla rozptýleného v atmosféře. Panely amorfní se tedy jeví vhodněji pro využití na stanici.

V následujícím textu jsou zpracovány výpočty pro více možných variant fotovoltaických panelů – trubkové amorfní, polykrystalické a amorfní.

8.1.1. Panely Solyndra 200

Společnost Solyndra vytvořila trubkové amorfní fotovoltaické panely, které by mohly být vhodným řešením pro potřeby stanice

Fotovoltaický panel Solyndra 200 [25]

Panely Solyndra, stejně jako panely ostatní amorfní panely jsou schopny zpracovat přímé, rozptýlené i odražené sluneční světlo. Ve srovnání s běžným panelem amorfním však zpracovávají světlo ze všech stran, po celém 360 – ti stupňovém fotovoltaickém povrchu, viz obrázek níže. Z důvodu všestranné zpracovatelnosti světla je nejvhodnější barva střešní krytiny bílá či šedá lesklá, neboť tyto barvy mají vysokou odrazivost. Další nespornou výhodou těchto panelů je nižší statická náročnost. Při silném větru, který v podmínkách Šumavy jistě hrozí, působí na běžné panely velký tlak či sání. Panely Solyndra 200 díky svému unikátnímu trubicovému tvaru vítr obteče, a tak nemusí být montováno další kotvení až do rychlosti větru 208 km/h.

Jmenovitý výkon (Pmp) Wp 200 Wp
Tolerance výkonu (%) %/Wp +/-4
Vmp (jmenovité napětí) Voltů 91,7 V
Imp (jmenovitý proud) Ampérů 2,18 A
Voc (napětí naprázdno) Voltů 124,6 V
Isc (zkratový proud) Ampérů 2,35 A
Rozměry: 2,28 m x 1,09 m x 0,06 m + výška nožiček přibližně 36 cm

Fotovoltaický panel Solyndra 200, technologie trubicového tvaru [26]

Fotovoltaický panel Solyndra 200 má půdorysný rozměr 2,28 m × 1,09 m, půdorys celé stanice je 6 × 2,45 m. Znamená to tedy, že na střechu je možné vedle sebe vyskládat pět těchto panelů. Pět panelů bude mít celkový jmenovitý výkon 1000 Wp. Otázkou je, kolik elektrické energie tyto panely skutečně vyrobí. Vzhledem ke skutečnosti, že není dána přesná lokalita, orientace a okolní prostředí stanice, lze jen velmi těžko odhadovat, jaké množství elektřiny bude vyrobeno. Veškeré výpočty či simulace tedy mohou sloužit pouze orientačně.

Pro zjištěný přibližných hodnot byly použity dva programy pro výpočet energetických zisků z fotovoltaických panelů. První je program PV ENERGY vytvořený v MS Excelu docentem Michalem Kabrhelem a Inženýrem Jakubem Ulčem, druhý je online program PVGIS. Jejich výsledky se přibližně shodují, dále budou hodnoceny výsledky z programu PVGIS, protože je v něm možné přesně zadat požadovanou lokalitu na interaktivní mapě. Zvolená lokalita pro odhad fotovoltaických panelů bude obec Kvilda.

ENERGETICKÉ HODNOCENÍ Solyndra 200

Popis lokality + umisteni		
Lokalita	Kvilda	
Nadmořská výška	1062	m.n.m.
Odklon od jihu (zapad 180, jih 0, východ -180)	15	°
Sklon panelů	0 - 90	°
Instalovaný výkon	1	kWp
Počet panelů	5	ks
Plocha 1 panelu	2,49	m2
Plocha celková	12,45	m2
Účinnost výpočtová	10,4	%

V níže uvedené tabulce jsou měsíční data z programu PVGIS pro amorfní panely s parametry panelů Solyndra 200. Jelikož panel Solydra 200 má specifický trubkovitý tvar, tak lze předpokládat, že sklon panelů od vodorovné roviny nebude mít tak zásadní vliv jako v uvedené tabulce.

Sklon	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Měsíc	Předpokládané množství vyrobené energie									
	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc
	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]
1	25,4	31,2	36,6	40,9	44,1	45,7	46,7	46,6	45,4	43,2
2	39,5	44,9	50,0	53,9	56,4	57,2	57,2	56,0	53,5	49,9
3	73,4	78,0	82,8	85,8	87,1	86,2	84,0	80,2	74,7	67,4
4	97,9	98,7	101,0	101,0	100,0	96,3	91,4	84,7	76,2	66,0
5	128,0	125,0	125,0	124,0	120,0	113,0	105,0	94,9	82,6	68,2
6	118,0	114,0	113,0	110,0	105,0	98,5	90,5	80,9	69,5	56,5
7	130,0	127,0	126,0	124,0	119,0	112,0	104,0	92,8	79,8	65,0
8	111,0	111,0	112,0	112,0	110,0	105,0	98,7	90,5	80,1	68,0
9	76,4	79,6	83,3	85,3	85,7	83,7	80,7	76,1	69,9	62,0
10	56,5	64,1	71,2	76,4	79,8	80,4	80,1	78,0	74,1	68,5
11	26,4	31,0	35,3	38,5	40,8	41,7	42,0	41,5	40,1	37,8
12	19,2	23,4	27,3	30,3	32,6	33,8	34,4	34,3	33,5	31,9
Celkem	**902**	**928**	**964**	**982**	**981**	**954**	**915**	**857**	**779**	**684**

V níže uvedené tabulce jsou denní data z programu PVGIS pro amorfní panely s parametry panelů Solyndra 200. Je pravděpodobné, že díky svému trubkovitému tvaru budou mít panely Solyndra 200 ve vodorovné poloze výkon v rozmezí hodnot jako panel amorfní ve sklonu od vodorovné roviny 0 – 90°.

Sklon	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Měsíc	Předpokládané množství vyrobené energie									
	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den
	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]
1	0,82	1,01	1,18	1,32	1,42	1,48	1,51	1,50	1,46	1,39
2	1,41	1,60	1,79	1,92	2,01	2,04	2,04	2,00	1,91	1,78
3	2,37	2,52	2,67	2,77	2,81	2,78	2,71	2,59	2,41	2,17
4	3,26	3,29	3,37	3,38	3,34	3,21	3,05	2,82	2,54	2,20
5	4,12	4,04	4,05	3,99	3,86	3,65	3,39	3,06	2,66	2,20
6	3,93	3,79	3,75	3,66	3,51	3,28	3,02	2,70	2,32	1,88
7	4,21	4,09	4,07	3,99	3,84	3,62	3,34	2,99	2,57	2,10
8	3,58	3,57	3,62	3,61	3,54	3,38	3,18	2,92	2,58	2,19
9	2,55	2,65	2,78	2,84	2,86	2,79	2,69	2,54	2,33	2,07
10	1,82	2,07	2,30	2,46	2,57	2,59	2,58	2,52	2,39	2,21
11	0,88	1,03	1,18	1,28	1,36	1,39	1,40	1,38	1,34	1,26
12	0,62	0,76	0,88	0,98	1,05	1,09	1,11	1,11	1,08	1,03
Průměr	**2,46**	**2,54**	**2,64**	**2,68**	**2,68**	**2,61**	**2,50**	**2,34**	**2,13**	**1,87**

Pro srovnání výkonů panelů Solyndra 200 s panely krystalickými bude v programu PVGIS vypočten i potenciální zisk elektrické energie pro polykrystalické fotovoltaické panely 260 Wp Helios poly a amorfní panely Solar Frontier 170 Wp. Okrajové podmínky výpočtu zůstávají stejné jako pro panely Solyndra 200.

8.1.2. Polykrystalické panely Helios poly 260 W

Max. výkon při STC: 260Wp

Zkratový proud Isc: 8.89A

Napětí naprázdno Voc: 36.7V

Proud v bodě max. výkonu Impp: 8.42A

Napětí v bodě max. výkonu Vmpp: 30.9V

Efektivita modulu: 16.01%

Rozměry modulu: 1640 x 990 x 35 mm

Váha: 19 kg

Polykrystalický panel Helios 260 Wp, [26]

ENERGETICKÉ HODNOCENÍ Helios poly 260 Wp		
Popis lokality + umístění		
Lokalita	Kvilda	
Nadmořská výška	1062	m.n.m.
Odklon od jihu (západ 180, jih 0, východ -180)	15	°
Sklon panelů	0 - 90	°
Instalovaný výkon	1,56	kWp
Počet panelů	6	ks
Plocha 1 panelu	1,6	m2
Plocha celková	9,6	m2

V níže uvedené tabulce jsou měsíční data z programu PVGIS pro polykrystalické panely Helios poly 260 Wp.

Sklon	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Měsíc	Předpokládané množství vyrobené energie									
	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc
	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]
1	35,4	45,2	53,1	59,2	63,6	66,4	67,7	67,5	65,8	62,7
2	55,9	65,3	72,5	77,9	81,3	83,0	83,0	81,2	77,8	72,7
3	104,0	113,0	119,0	123,0	125,0	124,0	121,0	116,0	108,0	97,7
4	136,0	141,0	144,0	144,0	142,0	138,0	131,0	121,0	110,0	95,1
5	176,0	178,0	178,0	175,0	170,0	161,0	150,0	136,0	118,0	98,2
6	162,0	162,0	160,0	156,0	149,0	141,0	130,0	116,0	100,0	81,7
7	179,0	180,0	179,0	175,0	169,0	160,0	148,0	133,0	115,0	94,0
8	153,0	158,0	160,0	159,0	156,0	150,0	141,0	130,0	115,0	98,3
9	107,0	114,0	119,0	122,0	122,0	120,0	116,0	110,0	101,0	89,8
10	80,2	92,8	103,0	110,0	114,0	116,0	116,0	113,0	107,0	99,6
11	37,1	44,9	51,0	55,4	58,4	60,1	60,5	59,7	57,7	54,6
12	26,4	33,7	39,4	43,7	46,6	48,5	49,2	49,0	47,8	45,6
Celkem	**1252**	**1328**	**1378**	**1400**	**1397**	**1368**	**1313**	**1232**	**1123**	**990**

V níže uvedené tabulce jsou denní data z programu PVGIS pro panely Helios poly 260 Wp.

Sklon	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Měsíc	Předpokládané množství vyrobené energie									
	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den
	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]
1	1,14	1,46	1,71	1,91	2,05	2,14	2,18	2,18	2,12	2,02
2	2,00	2,33	2,59	2,78	2,90	2,96	2,96	2,90	2,78	2,60
3	3,34	3,64	3,85	3,98	4,03	4,01	3,91	3,73	3,48	3,15
4	4,53	4,71	4,80	4,81	4,74	4,59	4,36	4,05	3,65	3,17
5	5,68	5,76	5,75	5,66	5,48	5,21	4,85	4,38	3,82	3,17
6	5,39	5,40	5,33	5,49	4,98	4,69	4,32	3,87	3,34	2,72
7	5,77	5,82	5,78	5,66	5,45	5,16	4,77	4,28	3,70	3,03
8	4,95	5,09	5,15	5,13	5,02	4,83	4,55	4,18	3,72	3,17
9	3,57	3,81	3,67	4,06	4,07	4,00	3,86	3,65	3,36	2,99
10	2,59	2,99	3,31	3,54	3,68	3,75	3,73	3,64	3,47	3,21
11	1,24	1,50	1,70	1,85	1,95	2,00	2,02	1,99	1,92	1,82
12	0,85	1,09	1,27	1,41	1,50	1,56	1,59	1,58	1,54	1,47
Průměr	**3,42**	**3,63**	**3,74**	**3,86**	**3,82**	**3,74**	**3,59**	**3,37**	**3,08**	**2,71**

8.1.3. Amorfní panely Solar Frontier 170 Wp

Amorfní panely Solar Frontier 170 byly vybrány, protože svým rozměrem jsou optimální pro maximální využití střešní plochy. Díky čemuž je možno naistalovat vyšší jmenovitý výkon ve srovnání s panely Solydra 200 a Helios poly.

Max. výkon při STC: 170 Wp

Zkratový proud Isc: 2,20A

Napětí naprázdno Voc: 112,0V

Proud v bodě max. výkonu Impp: 1,95A

Napětí v bodě max. výkonu Vmpp: 87,5V

Efektivita modulu: 13,8%

Rozměry modulu: 1257 x 977 x 35 mm

Váha: 20 kg

CIS amorfní panel Solar frontier 170 Wp [26]

ENERGETICKÉ HODNOCENÍ Solar Frontier 170 Wp		
Popis lokality + umístění		
Lokalita	Kvilda	
Nadmořská výška	1062	m.n.m.
Odklon od jihu (západ 180, jih 0, východ -180)	15	°
Sklon panelů	0 - 90	°
Instalovaný výkon	2,04	kWp
Počet panelů	12	ks
Plocha 1 panelu	1,26	m2
Plocha celková	15,12	m2

V níže uvedené tabulce jsou měsíční data z programu PVGIS pro amorfní CIS panely Solar Frontier 170 Wp.

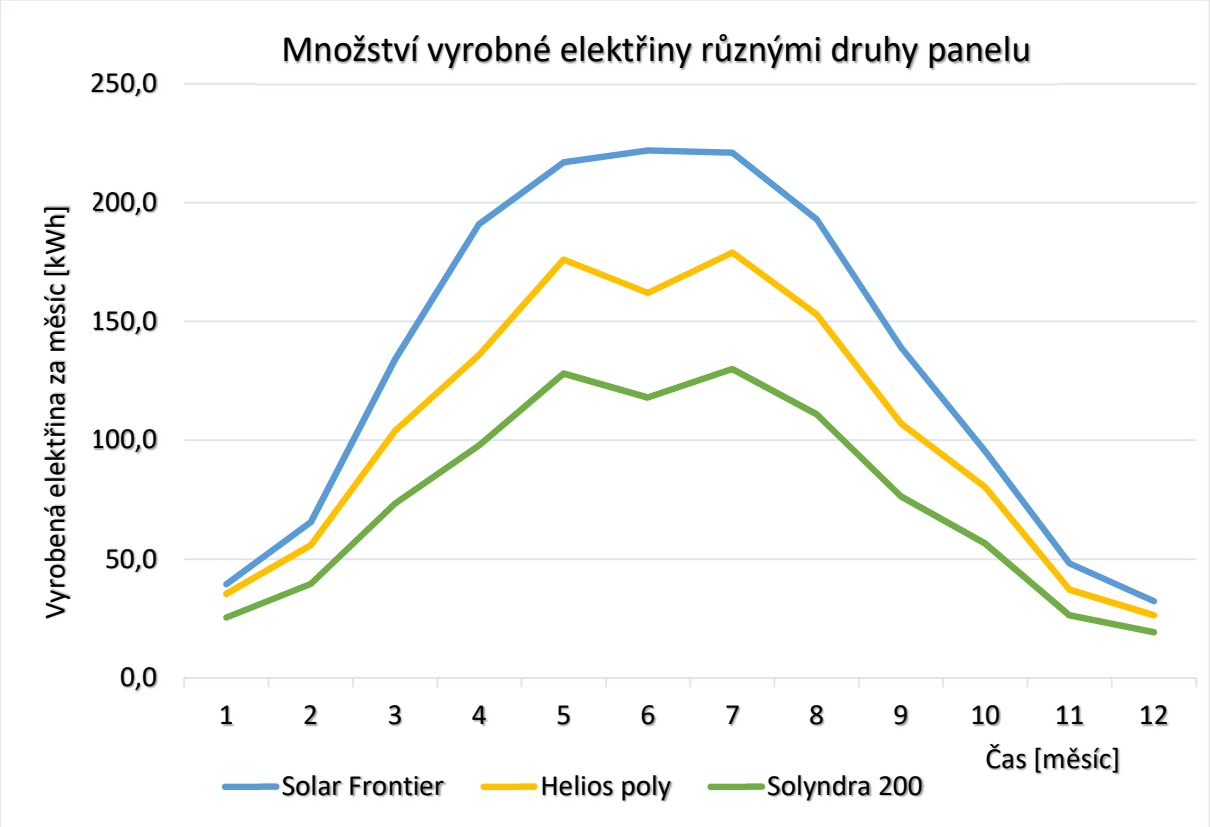
Sklon	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Měsíc	Předpokládané množství vyrobené energie									
	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc	za měsíc
	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]	Em [kWh]
1	39,4	47,7	54,7	60,2	64,1	66,5	67,4	66,9	64,9	61,5
2	65,5	74,9	82,4	87,9	91,3	92,8	92,4	90,1	85,9	79,9
3	134,0	146,0	155,0	160,0	163,0	162,0	158,0	150,0	140,0	126,0
4	191,0	201,0	207,0	209,0	207,0	201,0	191,0	178,0	160,0	138,0
5	217,0	221,0	221,0	218,0	211,0	200,0	186,0	168,0	146,0	120,0
6	222,0	223,0	221,0	216,0	207,0	195,0	179,0	159,0	136,0	109,0
7	221,0	224,0	222,0	218,0	210,0	198,0	182,0	163,0	140,0	114,0
8	193,0	200,0	203,0	203,0	199,0	192,0	180,0	165,0	146,0	123,0
9	139,0	149,0	156,0	160,0	161,0	158,0	153,0	144,0	132,0	117,0
10	95,3	109,0	120,0	128,0	133,0	135,0	134,0	130,0	123,0	114,0
11	48,2	58,5	67,0	73,6	78,3	81,1	82,0	81,2	78,6	74,2
12	32,3	40,6	47,8	53,5	57,7	60,5	61,8	61,8	60,4	57,7
Celkem	**1598**	**1695**	**1757**	**1787**	**1782**	**1742**	**1667**	**1557**	**1413**	**1234**

V níže uvedené tabulce jsou denní data z programu PVGIS pro panely Solar Frontier 170 Wp.

Sklon	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Měsíc	Předpokládané množství vyrobené energie									
	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den	za den
	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]	Ed [kWh]
1	1,27	1,54	1,76	1,94	2,07	2,15	2,18	2,16	2,09	1,98
2	2,34	2,68	2,94	3,14	3,26	3,32	3,30	3,22	3,07	2,85
3	4,33	4,72	5,00	5,18	5,25	5,21	5,08	4,84	4,51	4,07
4	6,38	6,71	6,90	6,97	6,90	6,71	6,38	5,92	5,32	4,60
5	7,01	7,13	7,13	7,02	6,80	6,46	6,00	5,41	4,70	3,88
6	7,40	7,44	7,37	7,19	6,90	6,49	5,95	5,30	4,53	3,65
7	7,14	7,21	7,17	7,02	6,76	6,38	5,88	5,27	4,53	3,68
8	6,21	6,45	6,56	6,55	6,43	6,18	5,82	5,33	4,71	3,98
9	4,63	4,97	5,21	5,33	5,36	5,27	5,09	4,80	4,40	3,91
10	3,07	3,52	3,87	4,13	4,29	4,35	4,32	4,19	3,98	3,67
11	1,61	3,52	2,23	2,45	2,61	2,70	2,73	2,71	2,62	2,47
12	1,04	1,95	1,54	1,73	1,86	1,95	1,99	1,99	1,95	1,86
Průměr	**4,37**	**4,82**	**4,81**	**4,89**	**4,87**	**4,76**	**4,56**	**4,26**	**3,87**	**3,38**

Podle výpočtů PVGIS jsou nejvhodnějším kandidátem, ze srovnávaných možností pro využití na stanici, amorfní panely Solar Frontier 170 Wp. Ve prospěch panelů Solar Frontier

170 nehovoří pouze nejvyšší výkon, ale také amorfní technologie, která vykazuje vyšší účinnost při zatažené obloze či zastíněných panelech. Z hlediska univerzálnosti a popisovaných výkonů se vhodně jeví panely Solyndra, které však bývají kritizovány, protože údajně nedosahují tak vysokých výkonů, jak uvádějí propagační materiály. Panely mění svůj výkon v závislosti na úhlu odklonu od vodorovné roviny, viz tabulky výše. Rozdíl výkonů v závislosti na úhlu se pohybuje v řádech desítek procent, což není až tak markantní rozdíl pro potřeby stanice. Z důvodu výšky stanice, statického namáhání a univerzálnosti umístění stanice budou panely na střeše instalovány pod minimálním sklonem 3% z důvodu odtékání srážkové vody. Díky minimálnímu sklonu, tak nebude příliš podstatné, na jakou světovou stranu bude stanice orientována.



Při porovnání tabulky zisků elektrické energie z fotovoltaických panelů umístěných na střeše stanice a tabulky denní odhad potřeby elektrické energie viz níže, je patrné, že výkon

fotovoltaických panelů je nedostatečný pro zajištění potřeb stanice. Je tedy potřeba hledat další zdroje elektrické energie, aby její celková bilance vycházela příznivěji.

Denní odhad potřeby elektrické energie			
Varianta [kWh/den]	A	B	C
Bez využití sušárny	5,72	5,74	7,10
S využitím sušárny	9,91	9,94	11,30

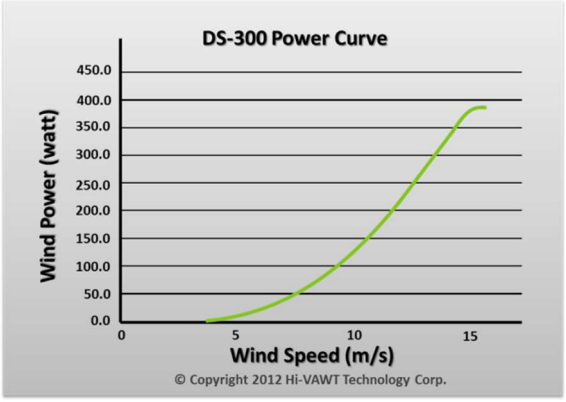
8.2. VĚTRNÁ ELEKTRÁRNA

Jedním z možných dalších zdrojů elektrické energie je větrná turbína. V úvahu připadají dva typy větrných turbín. Klasické turbíny s horizontální osou otáčení viz obrázek níže nebo netradiční, ale také používané s vertikální osou otáčení.

Horizontální větrná turbína [27]

Vertikální větrná turbína [28]

Výhody vertikálních větrných turbín ve srovnání s horizontálními jsou tišší provoz, nezávislost na směru větru, vyšší spolehlivost a nerušenost turbulencemi.



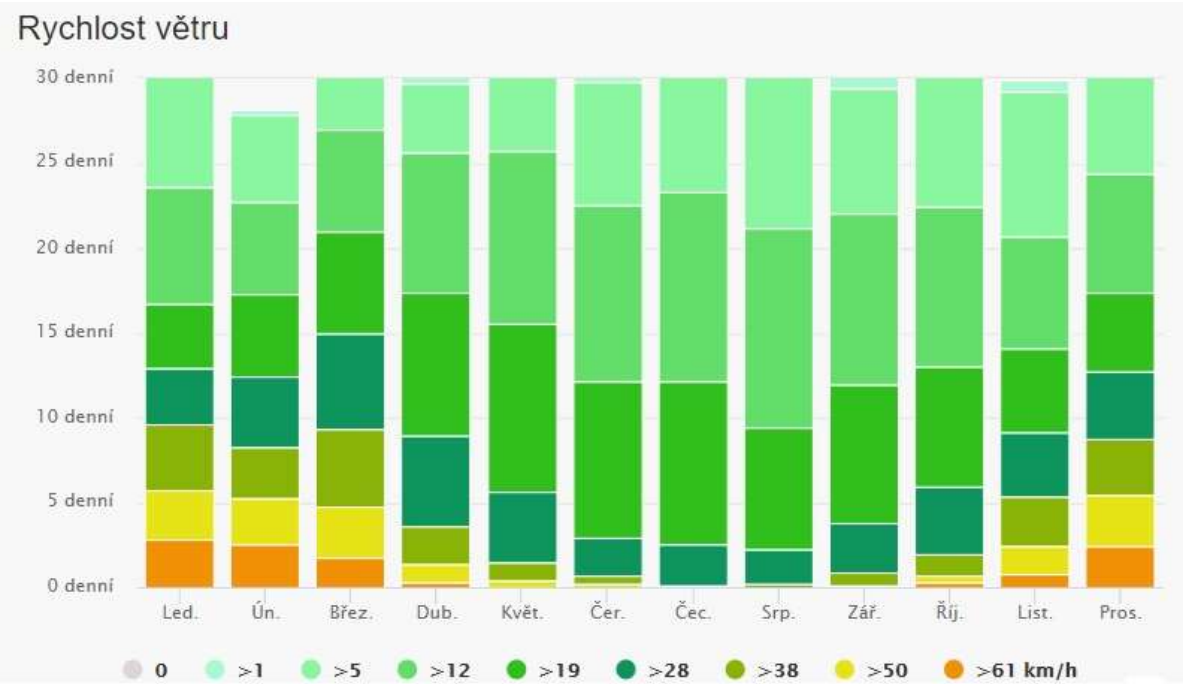
Výkonová křivka horizontální turbíny Air X 400 [27] Výkonová křivka vertikální turbíny DS 300 [29]

Jelikož bude stanice nejvíce svého času trávit v Národním parku, tak nižší hluk je silný argument pro výběr vertikální větrné turbíny. Otázkou je, zda je možné turbínu na stanici vhodně umístit. Většina turbín je volně postavena na stožáru, který je přikotven k betonovému základu. To se v tomto případě není možné, pokud má stanici splňovat požadavek na mobilitu. Nabízí se další řešení, a to zabudovat stožár do nosného sloupku konstrukce. Toto řešení by s sebou přineslo řadu problémů. První je ten, že z důvodu přepravní výšky stanice by stožár musel být demontovatelný. Druhým problémem je, že daný nosný sloupek, ze kterého by vycházel stožár, by byl staticky mnohem více namáhán a pravděpodobně by to vedlo ke zvětšování jeho dimenze. Další problém by byly tepelné mosty a složité konstrukční detaily v místě prostupu stožáru do konstrukce stanice. Jako nejvhodnější umístění větrné turbíny se jeví její samostatné stání bez konstrukce betonových základů. Takové řešení nabízí poradenské centrum greenczech.cz se svou elektrárnou VAWT 2,2 kW, viz obrázek níže.

Elektrárna VAWT 2,2 kW [30]

Tato elektrárna nemá pevné základy, místo toho je ocelová konstrukce stožáru přitížena čtyřmi betonovými deskami. Elektrárna, VAWT 2,2 kW, na obrázku je poměrně masivní a těžká. Stožár se tyčí do výšky 6 – 12 metrů nad terénem a betonové přítěžové desky jsou těžké, každý kus váží 1,1 – 1,2 tuny. Když se sečte hmotnost všech potřebných komponentů, tak se celková hmotnost větrné elektrárny bude pohybovat mezi 5 – 6 tunami, což je více, než bude vážit celá stanice. Pokud by však tato elektrárna byla pro stanici naistalována, tak i při mírném větru by pravděpodobně plně pokryla denní energetické potřeby.

Průměrná rychlost větru na území České republiky ve výšce 10 m nad povrchem je 3 – 3,5 m/s. V nadmořských výškách nad 600 m nad mořskou hladinou se může blížit až k 5 m/s. Počáteční rychlost větru nutná pro funkčnost elektrárny je 2 m/s. Za předpokladu, že stanice bude umístěna na průměrně větrném místě, tak by elektřina měla být vyráběna v dostatečném množství po většinu dne.



Statistika naměřených rychlostí větru na meteorologické stanici Horská Kvilda [31]

Z výše uvedeného grafu je patrné, že průměrná rychlost větru je v zimním období vyšší než v letním období, a proto také množství získané energie bude vyšší v zimně než v létě. Vzhledem k okolnosti, že není možní odhadnout, kde se bude stanice nacházet, tak pro vypočet bilance elektrické energie bude uvažováno s průměrnou rychlostí 4 m/s v létě a 6 m/s v zimě. Jarní a podzimní hodnoty budou oscilovat mezi letními a zimními.

8.3. BILANCE ELETŘINY

DENNÍ POTŘEBA ELEKTŘINY					DENNÍ ZISKY ELEKTŘINY			ROZDÍL	
Měsíc	Provoz přístrojů	Vytápění	Ohřev vody	Celková potřeba elektřiny	Fotovoltaika	Větrná elektrárna	Celkové zisky	Rozdíl za den	Rozdíl za měsíc
m	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
1	5,74	3,20	0,5	9,44	1,27	6,9	8,17	**-1,27**	**-39,23**
2	5,74	3,03	0,5	9,27	2,34	6,9	9,24	**-0,03**	**-0,82**
3	5,74	2,30	0,5	8,54	4,33	6,9	11,23	**2,69**	**83,41**
4	5,74	1,47	0,5	7,71	6,38	4,2	10,58	**2,87**	**86,18**
5	5,74	0,58	0,5	6,82	7,01	2,1	9,11	**2,29**	**71,06**

6	5,74	0,27	0,5	6,51	7,40	2,1	9,50	**2,99**	**89,85**
7	5,74	0,14	0,5	6,38	7,14	2,1	9,24	**2,86**	**88,78**
8	5,74	0,16	0,5	6,40	6,21	2,1	8,31	**1,91**	**59,13**
9	5,74	0,46	0,5	6,69	4,63	2,1	6,73	**0,04**	**1,07**
10	5,74	1,15	0,5	7,39	3,07	4,2	7,27	**-0,12**	**-3,62**
11	5,74	2,00	0,5	8,24	1,61	4,8	6,41	**-1,83**	**-54,79**
12	5,74	2,82	0,5	9,06	1,04	6,9	7,94	**-1,12**	**-34,63**
Celkem	68,87	17,56	6,00	92,43	52,43	51,30	103,73	**11,30**	**346,40**

Rozdíl mezi energií spotřebovanou a získanou energií je od února do října kladný. V měsících říjen, listopad, prosinec a leden a možná i únor je tento rozdíl záporný, zlepšit bilanci v těchto měsících zle několika způsoby.

1) Snížením hygienického standardu a tím ušetřit energie za ohřev vody.
2) Využít pro ohřev vody či vytápění jiný zdroj energie než elektřinu.
3) Snížit množství elektrických spotřebičů či denní dobu jejich užívání, což sebou přinese neblahý efekt zvýšení potřebné energie na vytápění.
4) Uložením dostatečného množství energie do bateriových uložišť.
5) Zvýšením množství fotovoltaických panelů či přidáním další větrné elektrárny.
6) Využití vodní turbíny na výrobu elektřiny.

V případě, že stanice bude umístěna v blízkosti tekoucí vody, tak možnost instalace vodní turbíny na výrobu elektřiny se jeví jako nejvhodnější. Firma Idenergie z kanadského Quebecu vymyslela malou vodní turbnínu schopnou dodávat 4 až 12 kWh/den v závislosti na rychlosti proudu tekoucí vody. Turbína musí být v tekoucí vodě s minimální hloubkou 60 cm a rychlostí proudu od 1 do 3 m/s pro nejlepší výsledky. Vzdálenost stanice od turbíny musí být menší než 1 km.

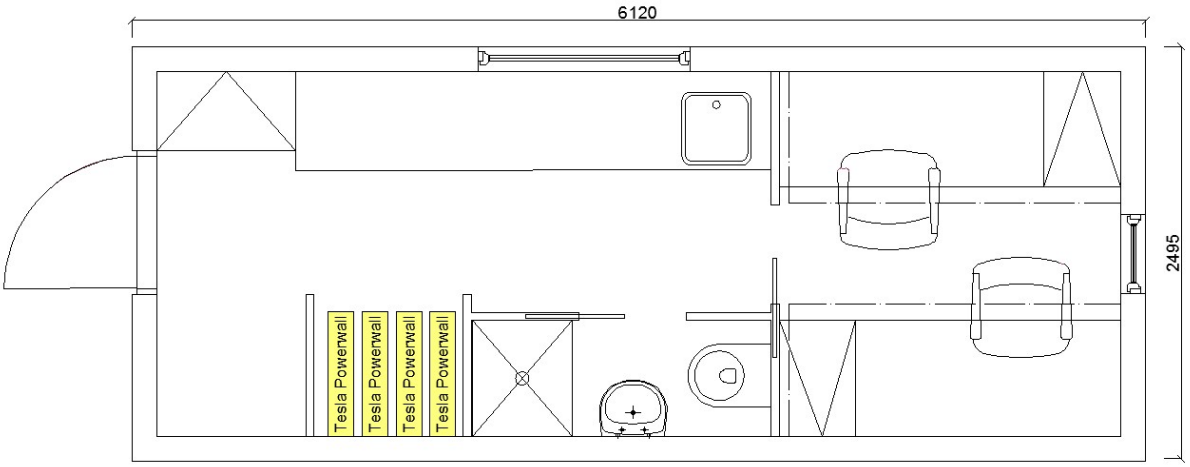
Vodní turbína od firmy Idenergie [32]

8.4. BATERIOVÁ ULOŽIŠTĚ

Jako vhodné bateriové uložiště se jeví baterie Tesla Powerwall 2. Tesla Powerwall 2 je moderní bateriové uložiště o rozměrech 1155 × 755 × 155 mm a kapacitou 13,5 kWh. Váha jedné baterie je 120 kg. Lze je montovat na podlahu i na zeď, baterie je také voděodolná, takže je možné je instalovat i na venkovní zeď. Baterie funguje od - 20°C do + 50°C. Baterie Powerwall 2 lze za sebe sériově zapojovat. Maximálně může být za sebou v sérii zapojeno devět baterií.

Baterie Tesla Powerwall 2 [33]

Baterie Tesla Powerwall 2 mají poměrně malé rozměry v poměru k instalované kapacitě. Baterie budou instalovány v technické místnosti, viz dispozice níže. Je třeba si uvědomit, že jedna baterie váží 120 kg, využitím baterií tedy rapidně narůstá hmotnost stanice. Jako optimální počet vzhledem k potřebám a dispozicím se jeví tři až čtyři kusy. Čtyři baterie poskytnou uložiště pro 30,5 kWh a čtyři pro 54 kWh energie, což by podle bilance mělo být dostatečné pro výplň všech měsíčních deficitů.



Otázkou zůstává, jak baterie dobíjet v případě, že nastane situace, že by odběr elektřiny byl větší než zisky elektřiny z obnovitelných zdrojů. Nabízí se možnost, že při každé výměně

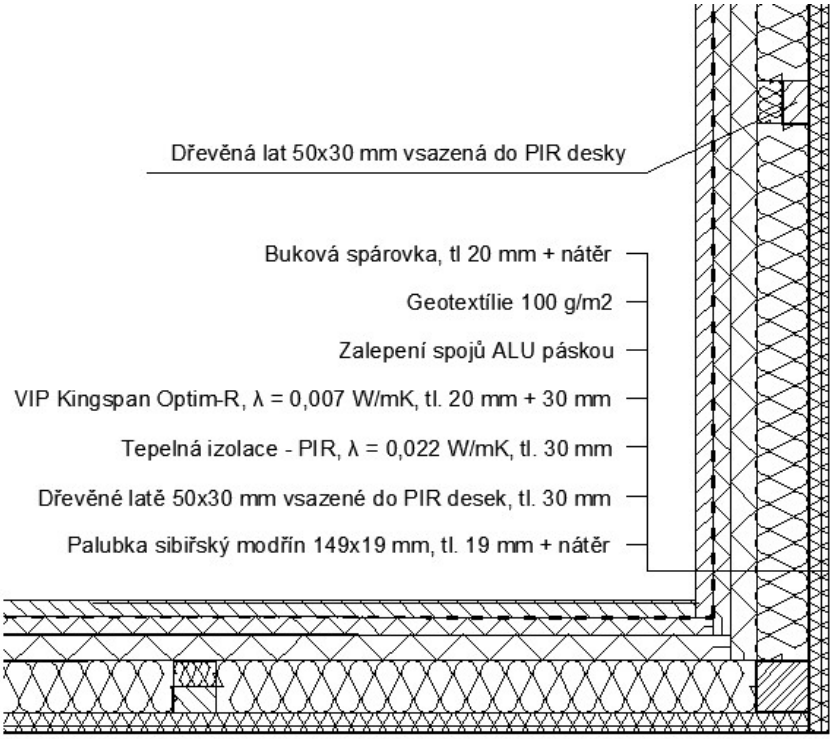
vědeckého týmu na stanici, který může přijet automobilem, se baterie dobijí pomocí plynového či dieselového generátoru na plnou kapacitu. Dále připadá v úvahu v měsících s negativní elektrickou bilancí úprava režimu obsazenosti stanice tak, aby nebyla vědci obsazena celý měsíc, ale třeba jen tři týdny. V každém měsíci by tak byla vytvořena časová rezerva, kdy by byl odběr elektřiny minimální, pouze na temperování stanice, aby nepromrzla a ze zbytku vyrobené elektřiny by mohly být baterie zpětně dobíjeny.

9. NÁVRH OBVODOVÉHO PLÁŠTĚ

Na obvodový plášť stanice jsou kladeny vysoké nároky. Především na tepelný odpor a tloušťku konstrukce, neboť rozměry stanice jsou limitovány silničními dopravními předpisy. Pro dosažení nejlepších vlastností konstrukce byla jako tepelná izolace obvodové konstrukce zvolena kombinace PIR desek a vakuově izolačních panelů.

9.1. OBVODOVOVÁ STĚNA

Na obvodovou stěn byl na základě energetické bilance stanoven požadavek na maximální součinitel prostupu tepla U = 0,14 W/(m^{2}K). Nosná konstrukce obvodové stěny je tvořena čtvercovými ocelovými sloupky o rozměru 60 × 60 mm. Prostor mezi nimi je vyplněn tepelnou izolací z PIR desek. Do PIR desek jsou zafrézovány svislé latě, které slouží ke kotvení dřevěného pohledového obkladu z palubek. Plocha tvořená ocelovými sloupky a PIR deskami je směrem do interiéru obložena dvěma vrstvami vakuových izolačních panelů. Spoje jednotlivých panelů jsou přelepeny ALU páskou, aby vrstva sloužila jako parozábrana. Pohledová vrstva směrem do interiéru je tvořena bukovou spárovkou, která je kotvena u podlahy a u stropu od OSB desek respektive do latě. Veškerý stacionární nábytek bude přišroubován k bukové spárovce, aby nedošlo k poškození v průběhu transportu.



Půdorys a skladby obvodové stěny

Celá skladba byla posouzena a optimalizována v programu Area, tak aby byly minimalizovány tepelné mosty a množství kondenzované vody v konstrukci.

9.1.1. Okrajové podmínky výpočtu

Interiér:

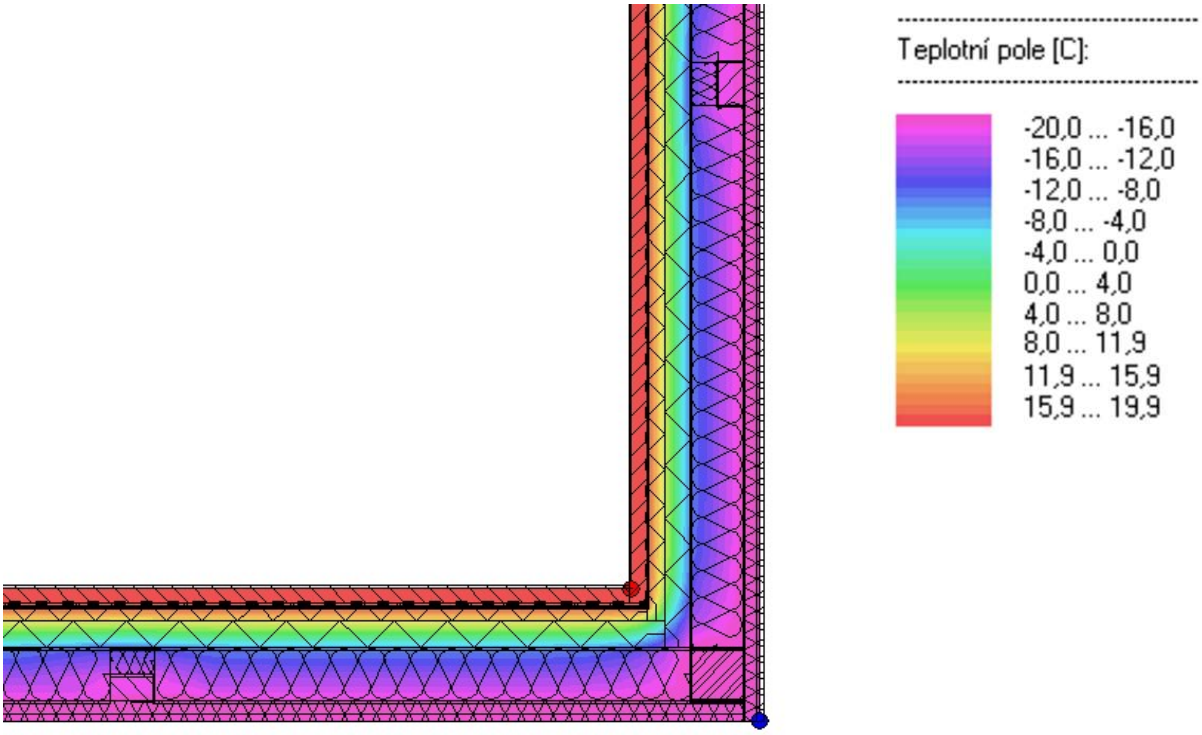
Teplota vzduchu 20°C

Relativní vlhkost vzduchu 50%

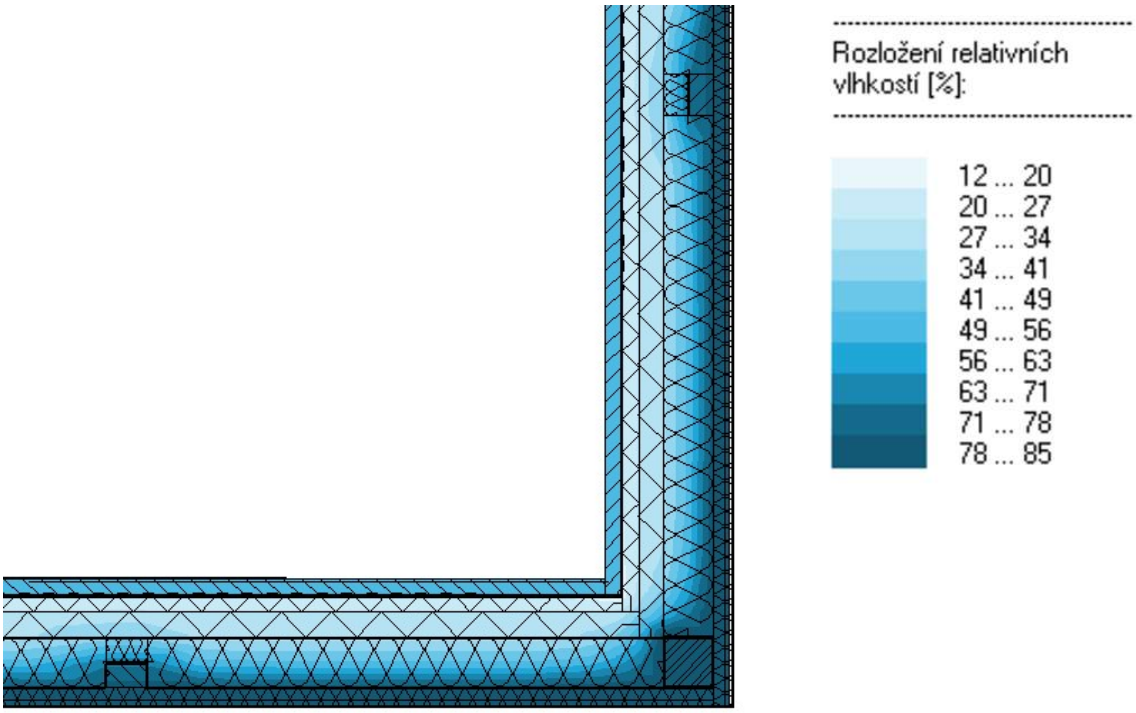
Exteriér:

Teplota vzduchu -20°C

Relativní vlhkost vzduchu 85%



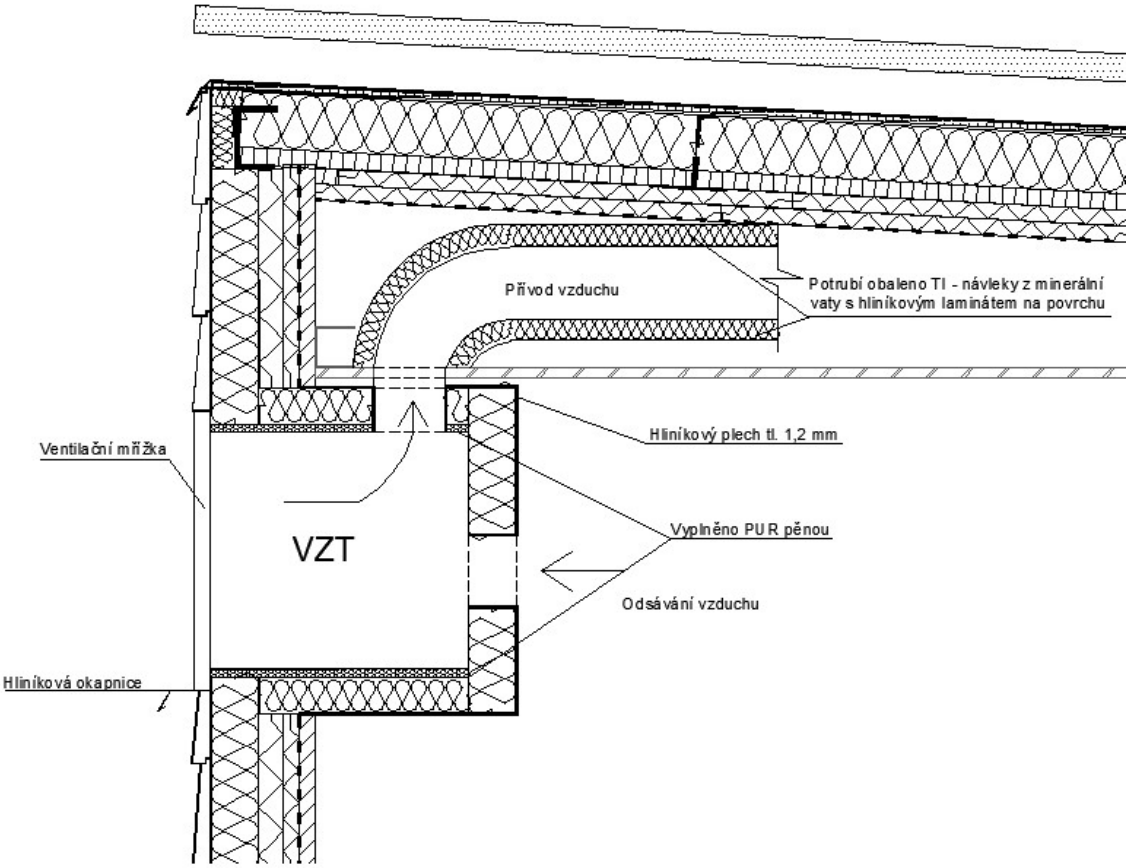
Průběh teplot



Průběh vlhkosti materiálu

9.1.2. Detail osazení VZT jednotky

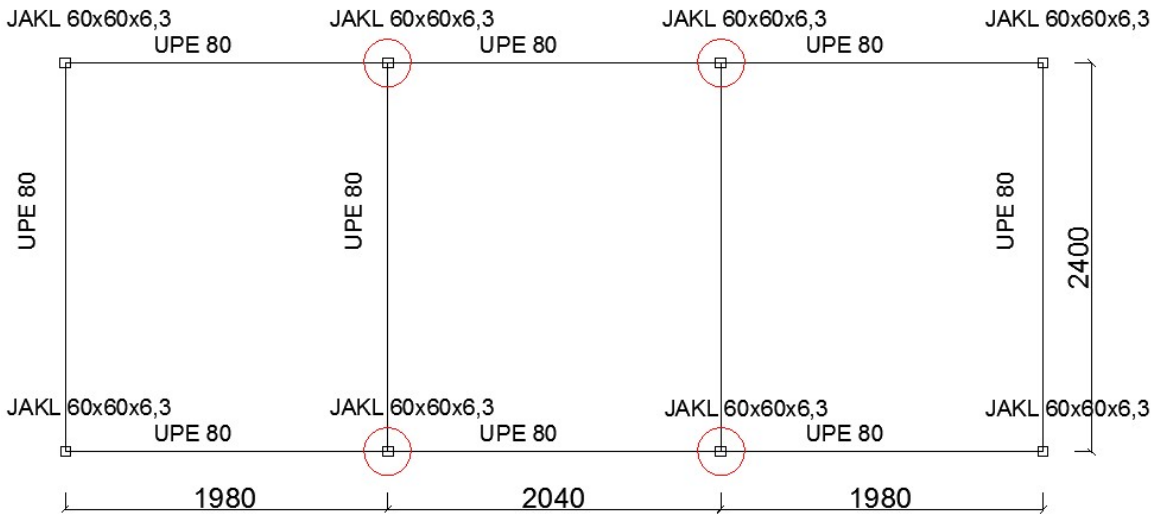
V místě, umístění vzduchotechnické jednotky bude skladba konstrukce zesílena, aby vyhověla požadavkům vzduchotechnické jednotky Vario-Vent DUO Live2. V místě zesílení budou lokálně vynechána vakuová izolace a bude nahrazena PIR deskami, které zajistí požadovanou tloušťku stěny. Pro snížení tepelných ztrát bude vzduchotechnická jednotka zaklopena tepelnou izolací i ze strany interiéru. V tepelné izolace bude vyříznuta díra pro odtah vzduchu. Díra bude vyplněna prodlužovacím kusem. Mezery mezi PIR deskou a VZT jednotkou budou vyplněna PUR pěnou. Pro zajištění parotěsnosti a mechanické ochrany pak bude tepelná izolace zakryta hliníkovým plechem. Vzduchotechnické potrubí bude v podhledu obaleno tepelnou izolací z minerální vaty.



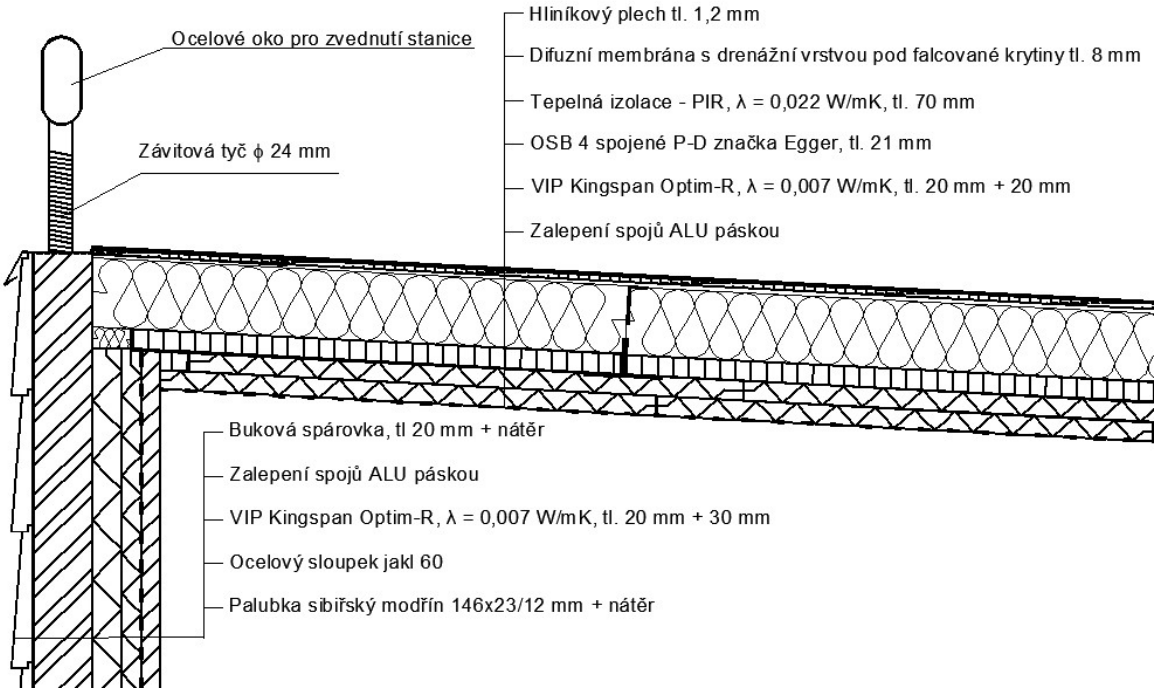
Detail osazení vzduchotechnické jednotky

9.1.3. Detail zvedacího oka

Stanice bude přemisťována pomocí hydraulické ruky, na kterou budou zavěšeny ocelová lana. Lana se ve čtyřech místech zaháknou za ocelová oka, viz červeně vyznačeno v obrázku níže.



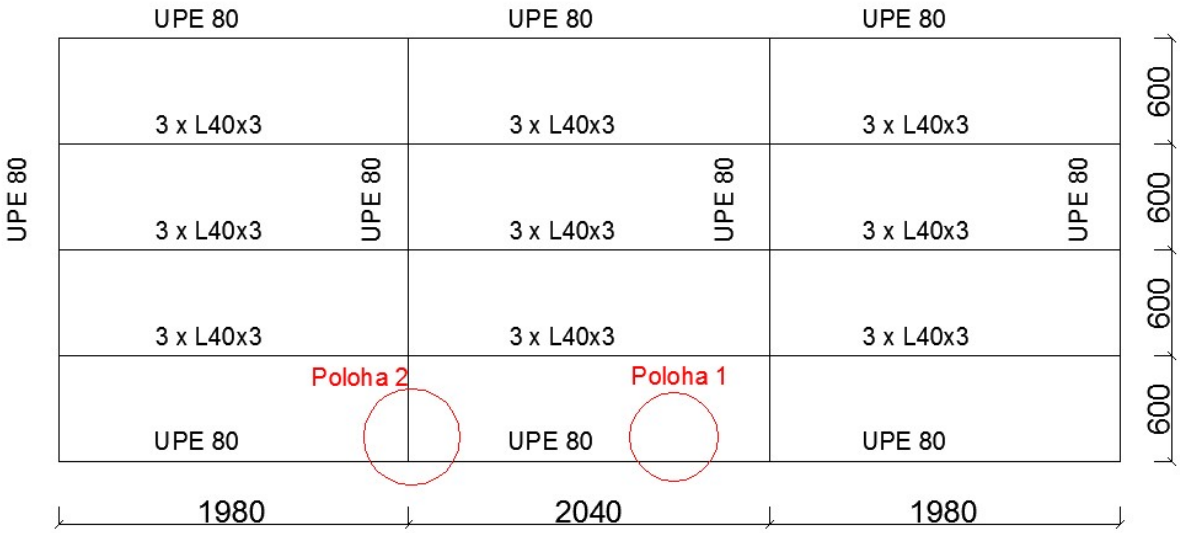
Ocelová oka budou sundavací. Vždy před přemístěním se oka jednoduše zašroubují do metrického závitu, který bude umístěn uvnitř nosného sloupku. Po ukončení stěhování se oka opět vyndají a uschovají. Jak bylo řečeno v kapitole 5, Konstrukční návrh, tak by bylo třeba posoudit stanici na transportní stav, především na stav, kdy působí stanice jako břemeno zavěšené na ocelových lanech. Poté by bylo možné přesně stanovit jak velké a dlouhé musí být závity pro manipulaci se stanicí. Zároveň je třeba si uvědomit, že v čase, kdy je stanice zavěšena na řetězech, tak se mění průběh sil v konstrukci. Standardně je stanice postavena na osmi zakládacích patkách. Po dobu zavěšení je však podepřena pouze ve čtyřech bodech (ocelových okách). Ocelová oka působí jako podpěry a obě krajní pole se pak stávají dočasnými konzolami a sloupky rámu taženými prvky konstrukce.



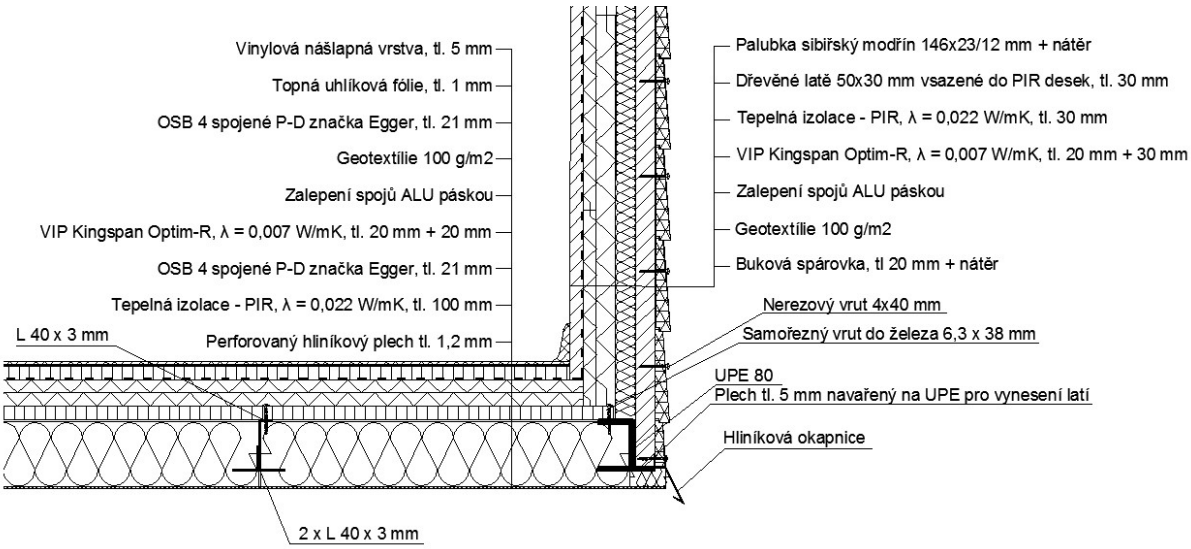
Detail zvedacího okna

9.2. PODLAHA

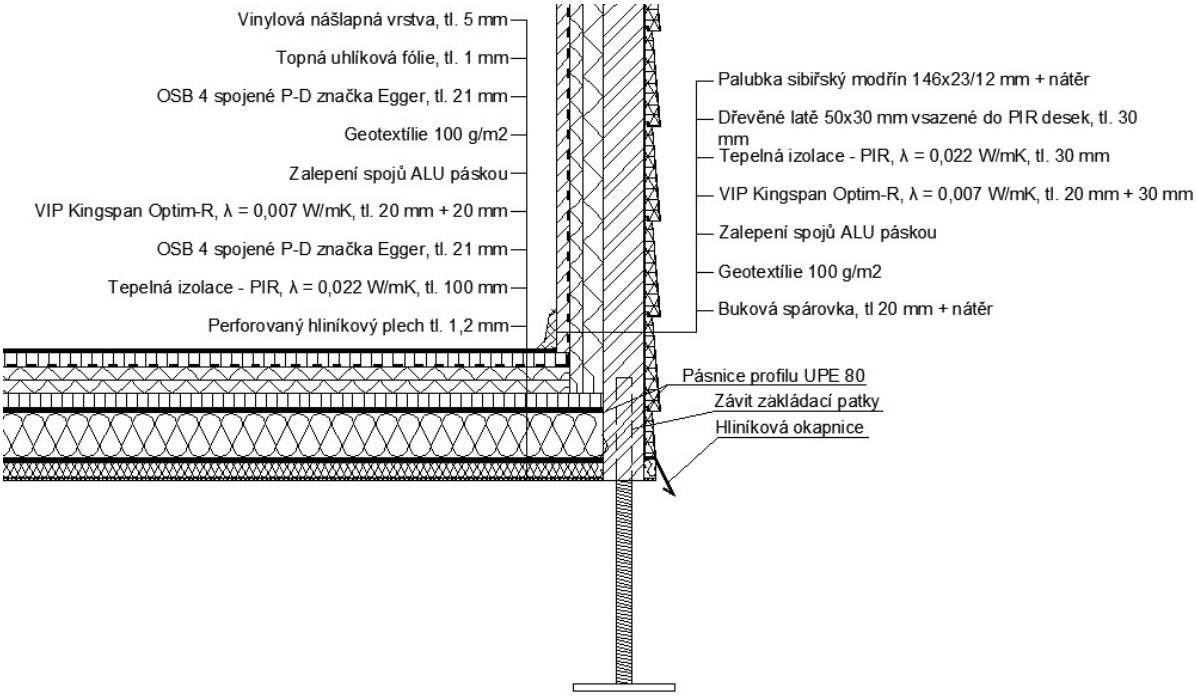
Nosná konstrukce podlahy je tvořena rastrem ocelových profilů, viz obrázek níže.



Prostor mezi profily je vyplněn tepelnou izolací z PIR desek. Směrem do exteriéru je přidán hliníkový plech, pro zajištění mechanické ochrany tepelné izolace. Hliníkový plech je perforovaný z důvodu zajištění provětrávání povrchu konstrukce, čímž je sníženo riziko kondenzace vody v konstrukci. Nosný rastr podlahy, vyplněný tepelnou izolací z PIR desek je zaklopen OSB deskou, která je vruty přikotvena s ocelovému rastru. Na OSB desky jsou přilepeny vakuové izolační panely. Spoje panelů jsou opět přelepeny ALU páskou. Vakuové izolační panely jsou zaklopeny další vrstvou OSB, na kterou je připevněna topná uhlíková fólie. Nášlapná vrstva je tvořena vinylem.



Detail styku obvodová stěna – podlaha, poloha 1



Detail spoje obvodová stěna – podlaha, poloha 2

Styk stěny s podlahou byl také posouzen a optimalizován v programu Area.

9.2.1. Okrajové podmínky výpočtu

Interiér:

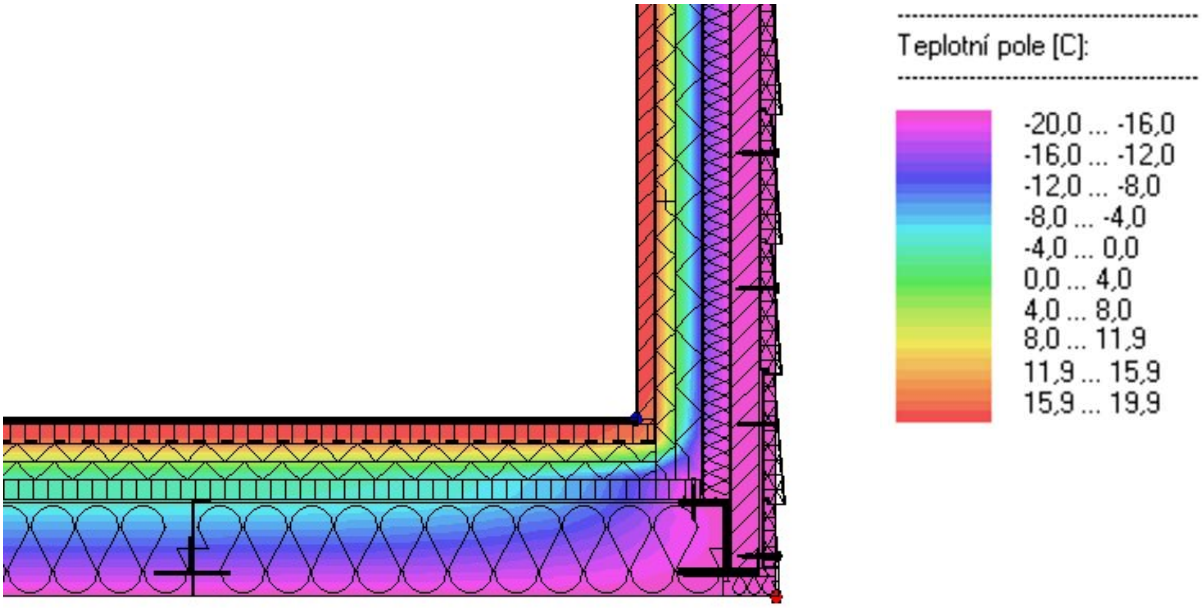
Teplota vzduchu 20°C

Relativní vlhkost vzduchu 50%

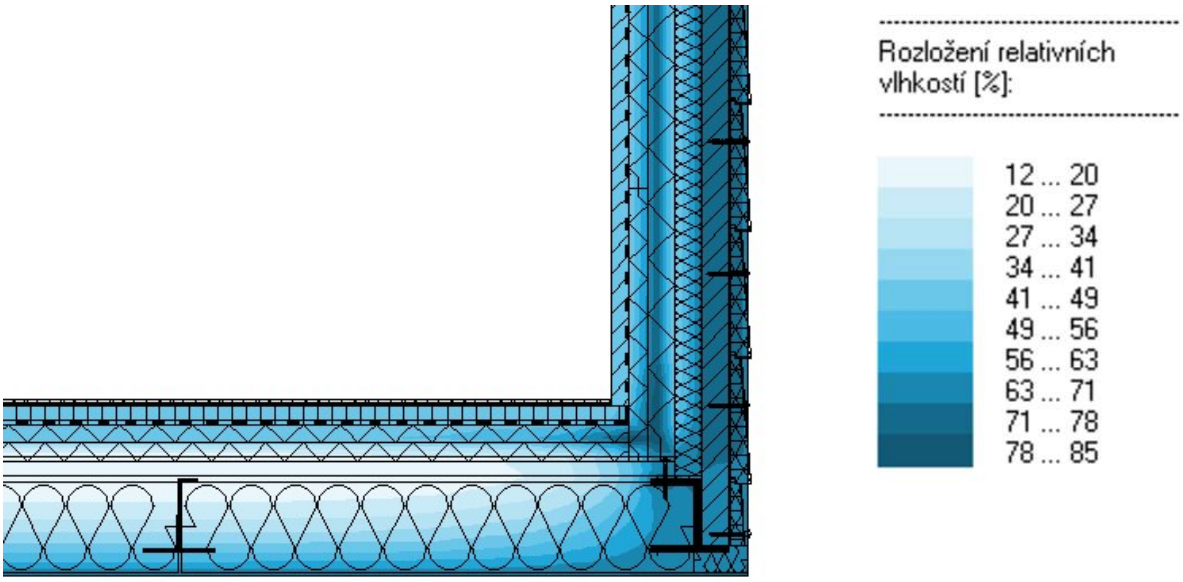
Exteriér:

Teplota vzduchu -20°C

Relativní vlhkost vzduchu 85%



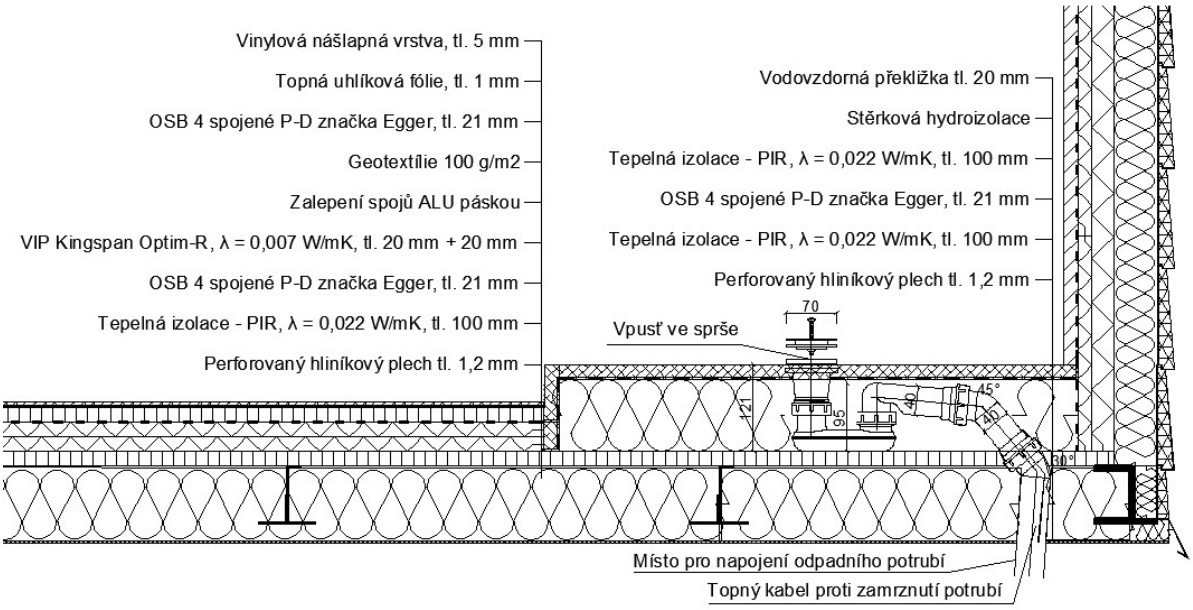
Průběh teplot



Průběh vlhkostí

9.2.2. Detail sprchové vpusti

Pod sprchovou vpustí bude umístěn sifón se zápachovou uzávěrkou z důvodu zajištění neprůvzdušnosti stanice skrz odpadní potrubí. Kvůli pachové uzávěrce a zabránění výraznějšímu úniku tepla bude sprchový kout vyvýšen přibližně o 6 cm oproti okolní nášlapné vrstvě. V místě sprchového koutu bude vynechána vakuová izolace a bude nahrazena 10 cm PIR desky, do které bude vyříznut otvor pro sifón a další odpadní potrubí. Odpadní potrubí pak bude pokračovat dál skrz vyříznutý otvor v podlahové OSB desce a další PIR desce ven ze stanice. V místě horní PIR desky bude také provedeno napojení odpadního potrubí z umyvadla umístěného vedle sprchového koutu.

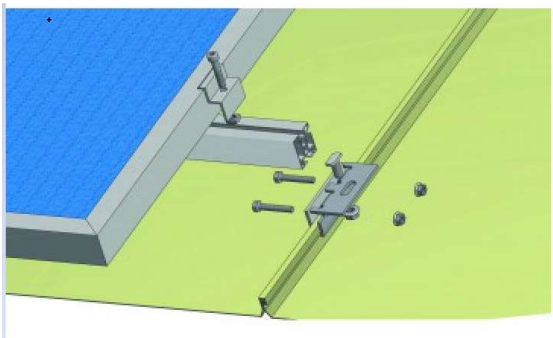


Detail vývodu odpadní vody

Odpadní potrubí bude přesahovat ven skrz podlahu stanice, aby bylo možné a něj nasadit prodlužovací potrubí, kterým bude odpadní voda svedena do zásaku. Dále bude vývod doplněn topným kabelem napojeným na teplotní čidlo, aby bylo zabráněno zamrzání vody.

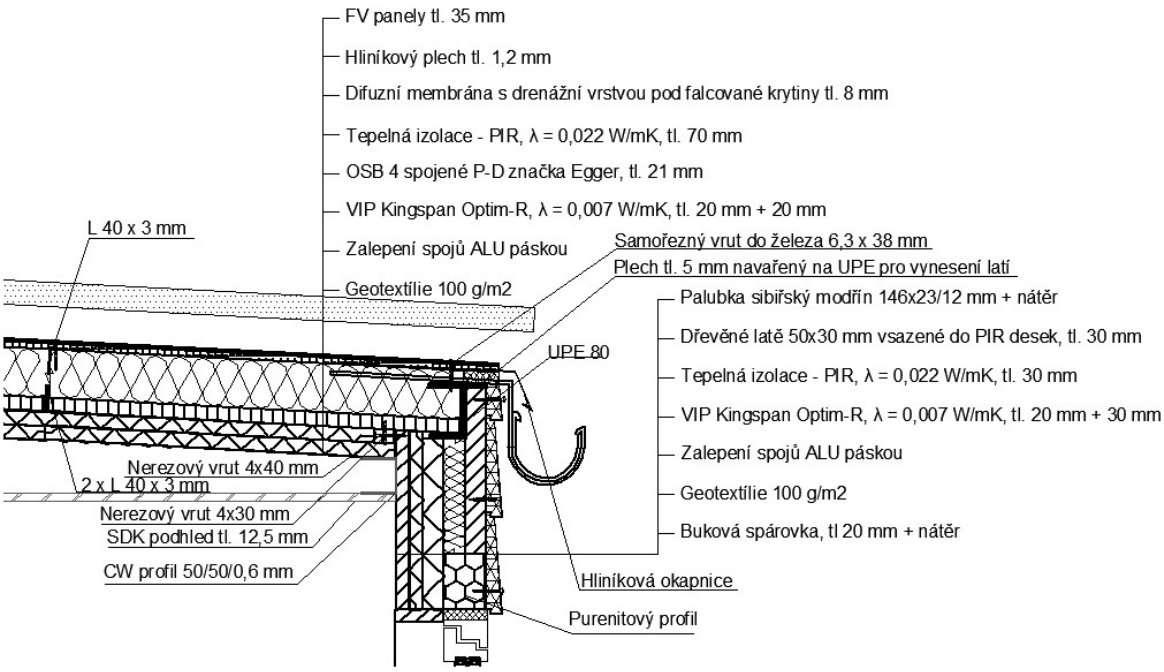
9.3. STŘECHA

Nosná konstrukce střechy je tvořena totožným rastrem jako podlaha. Ocelový rastr je opět vyplněn tepelnou izolací z PIR desek. Na PIR desky je položena difuzní membrána s drenážní vrstvou, která slouží k provětrání plochy pod falcovanou hliníkovou střešní krytinou. Na jednotlivé falce pak bude osazena nosná konstrukce pro PV panely, viz obrázek níže.



Osazení fotovoltaiky na falcovanou krytinu [34]

Do nosného rastru budou přišroubovány OSB desky pro roznesení zatížení střechy. Na OSB desky ze strany interiéru pak budou nalepeny vakuové izolační panely, jejichž spoje budou přelepeny ALU páskou. Vakuovými panely pak bude umístěn SDK podhled, jehož rastr z plechových CW a UW profilů bude šroubován do stěnové spárovky.



Styk stěny se střechou byl také posouzen a optimalizován v programu Area.

9.3.1. Okrajové podmínky výpočtu

Interiér:

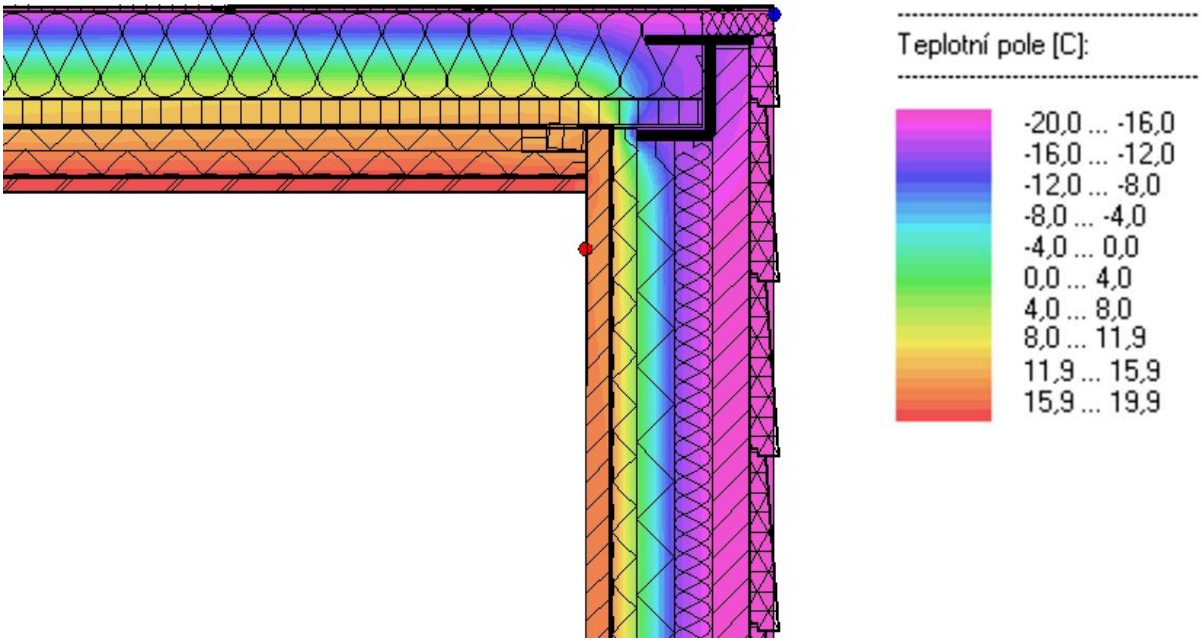
Teplota vzduchu 20°C

Relativní vlhkost vzduchu 50%

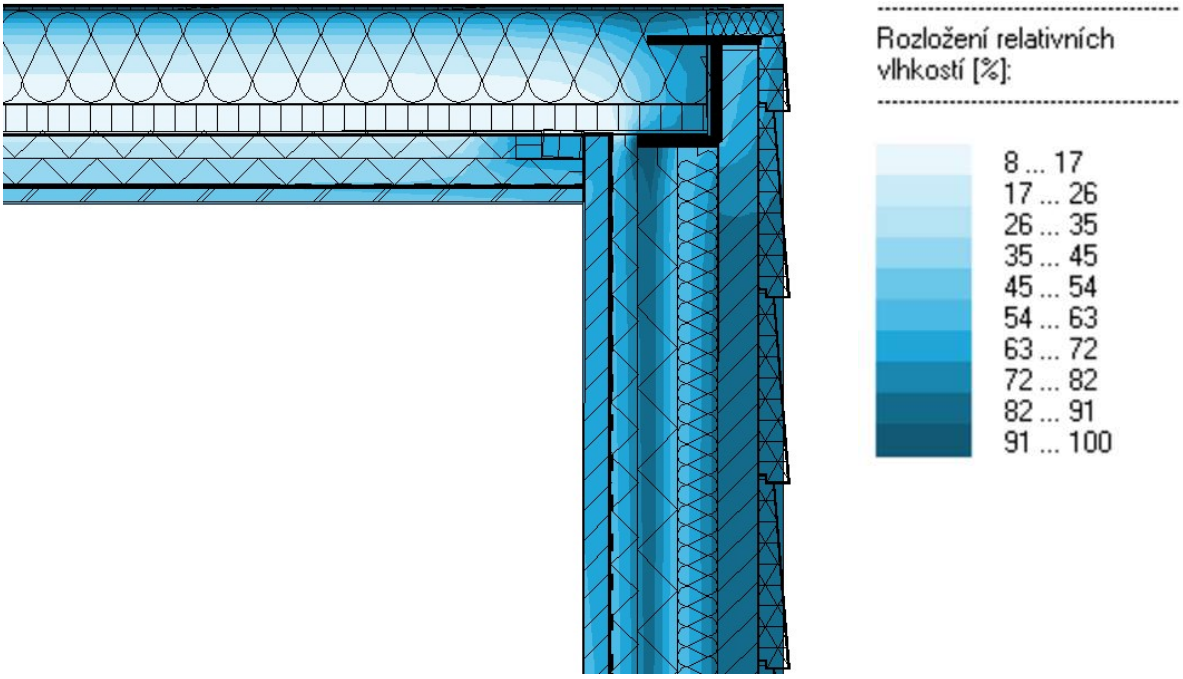
Exteriér:

Teplota vzduchu -20°C

Relativní vlhkost vzduchu 85%



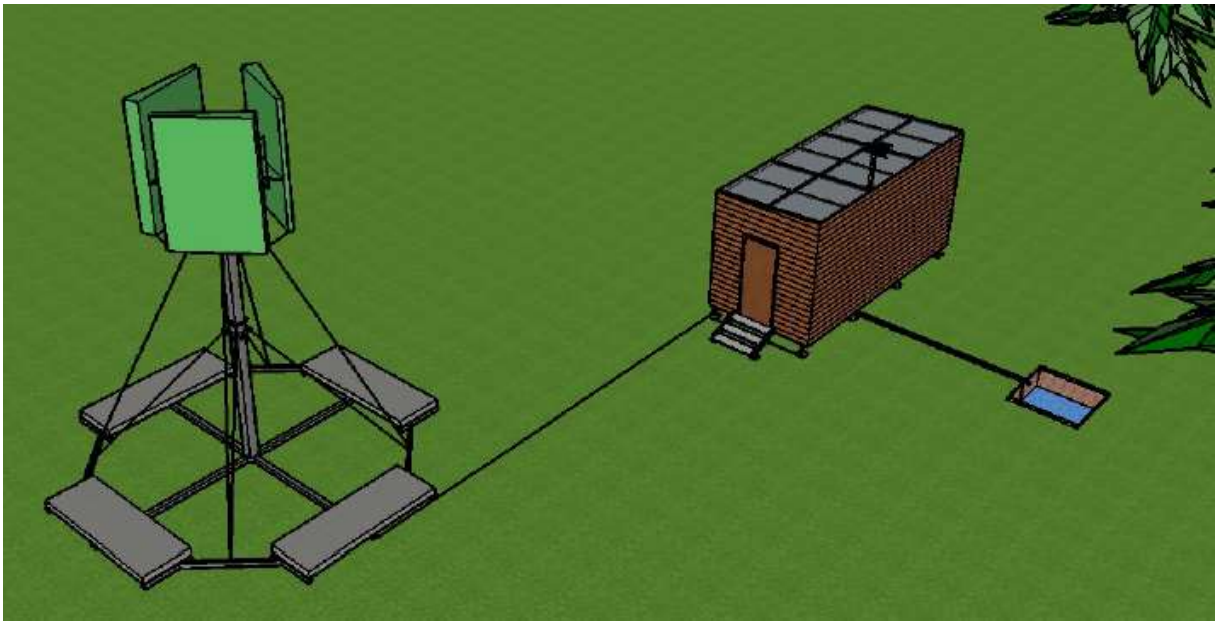
Průběh teplot



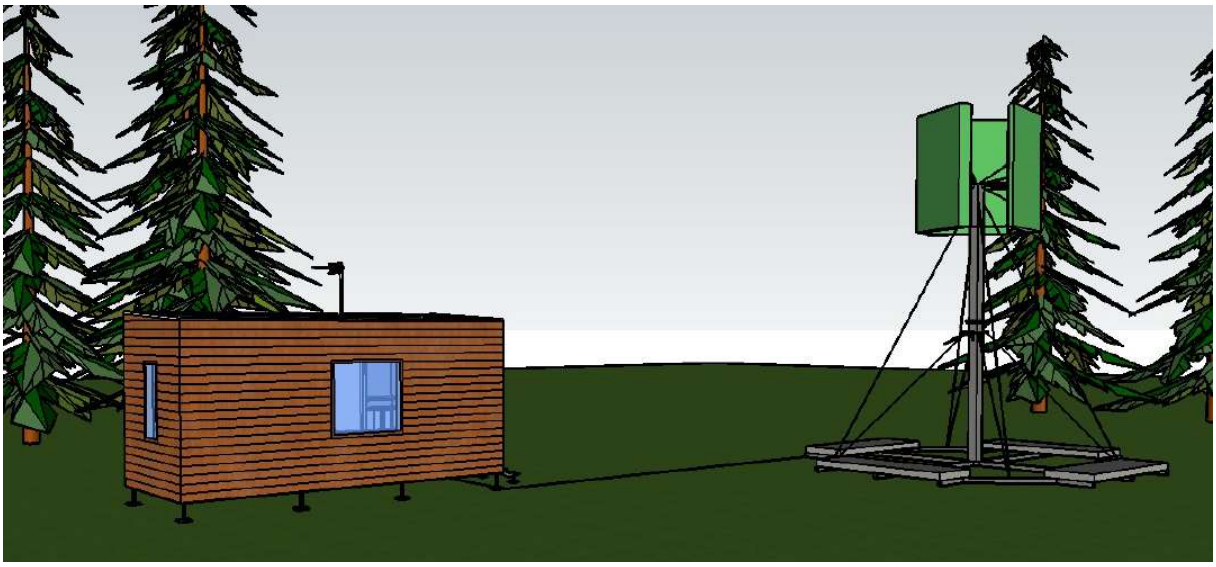
Průběh vlhkosti

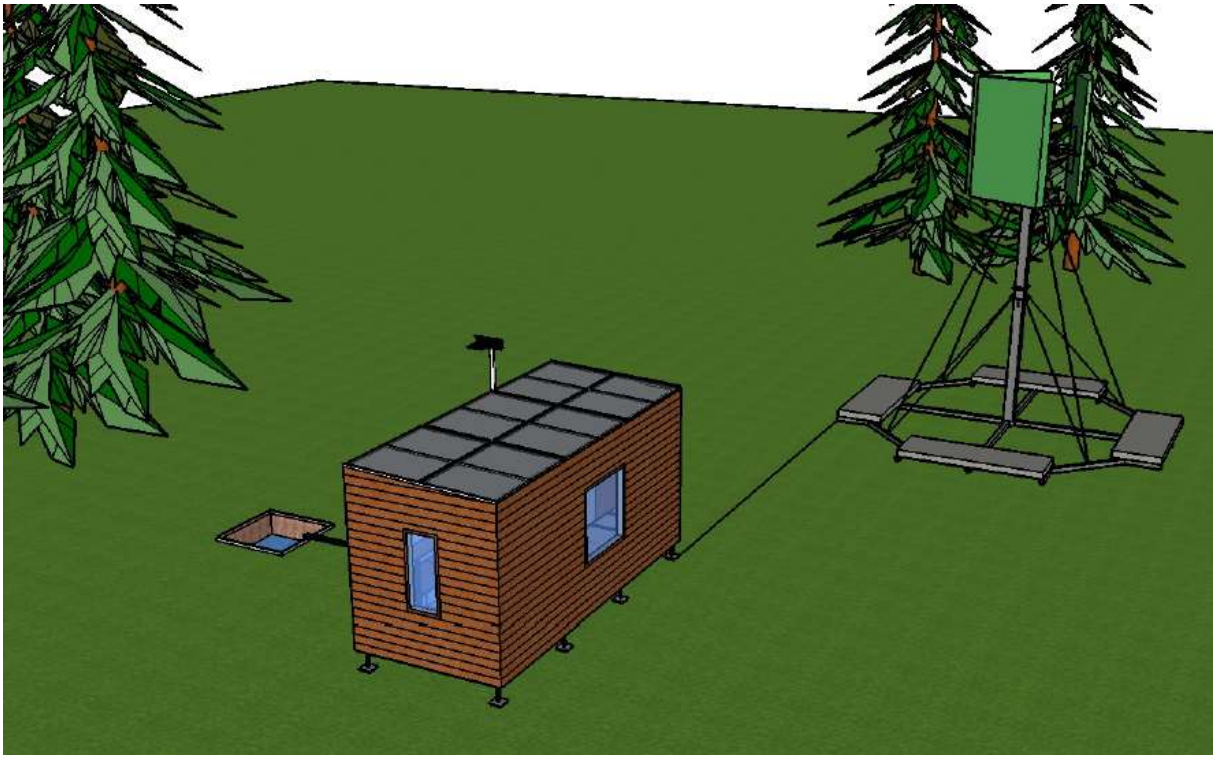
10. VIZUALIZACE OBJEKTU

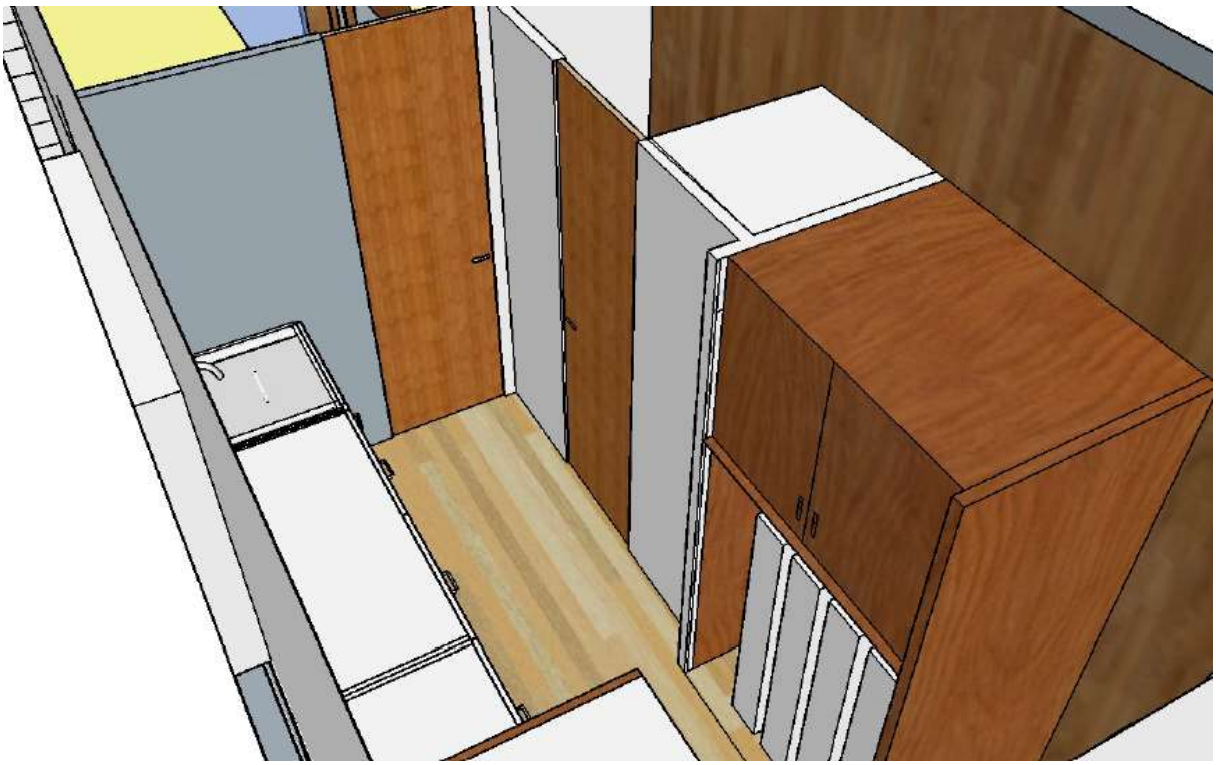
V programu Google SketchUp byla vytvořena jednoduchá vizualizace stanice. Vizualizace byla vytvořena jednoduše a nejsou v ní zahrnuty všechny součásti stanice, jako technická zařízení, stínění oken, okapovaný žlab a podobně. Cílem vizualizace je nastínit, jak je ve stanici bylo pracováno s prostorem, a jak stanice vypadá z exteriéru.



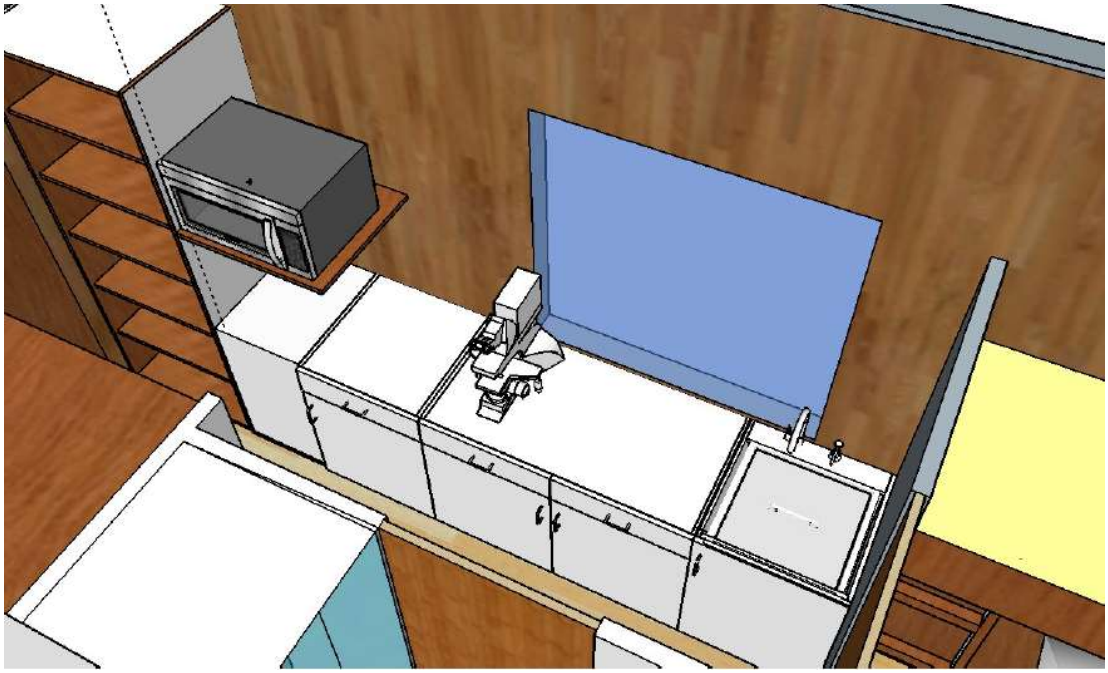
Vizualizace stanice, nalevo větrná turbína, napravo zásak pro vsak odpadní vody.







Pracovní část stanice, vpravo dole jsou bateriová uložiště, nad nimi skříňka s elektroinstalacemi.



Pohled na pracovní desku v pracovní části stanice.

Pohled na obytnou část stanice. Pracovní stůl umístěn pod zvýšenou postelí.

11. ZÁVĚR

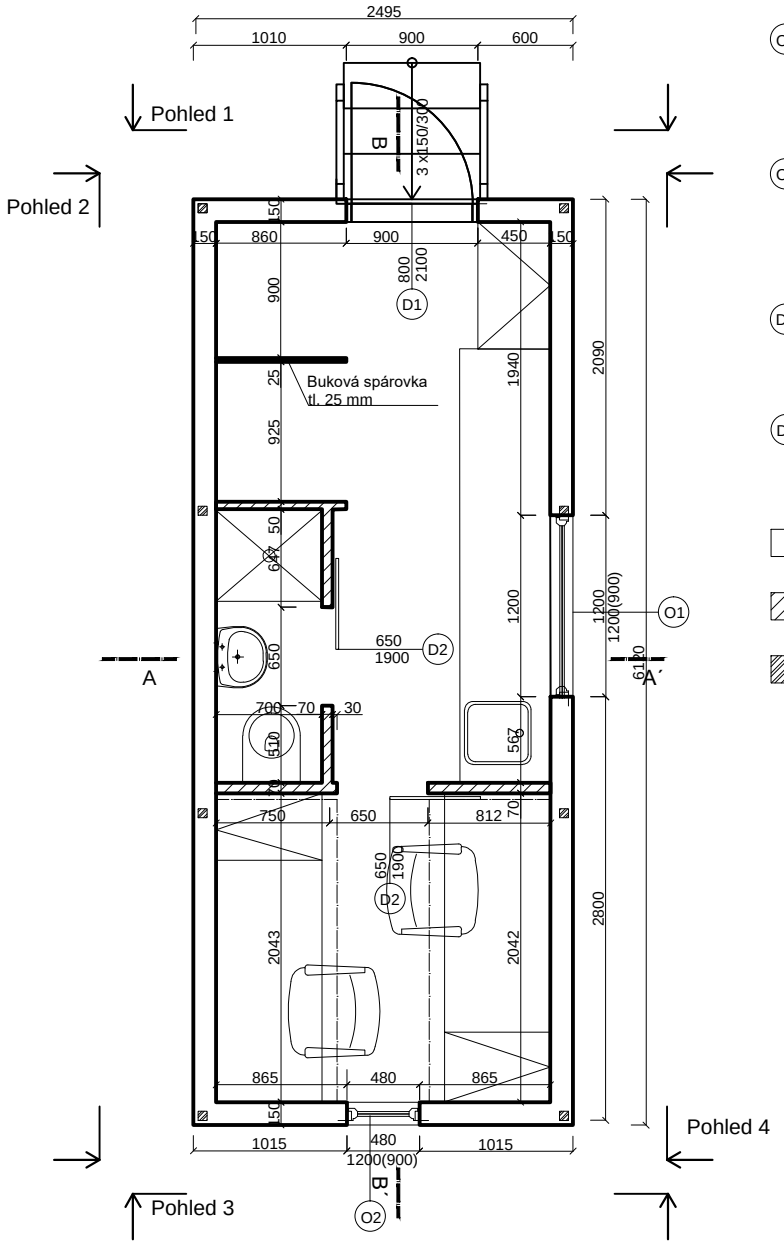
Diplomová práce neřeší veškerou problematiku stanice do podrobných detailů, ale vytvořila jeden z možných ucelených konceptů mobilní hydrobiologické stanice. Možností na konstrukci stanice existuje určitě mnohem více, než zde bylo popsáno. V této práci bylo pracováno se stanicí jako se subtilní konstrukcí, se kterou se vždy manipuluje jako s celkem (s výjimkou drobností jako je vstupní schodiště, anténa atd.), což s sebou přináší výhody i nevýhody. Výhodou je rychlost a jednoduchost přemístění, dále také odolnost konstrukce a absence složitých spojů. Na druhou stranu to vede k nárůstu hmotnosti stanice (celá stanice by podle výše uvedeného návrhu vážila více než 5 t), což zvyšuje nároky na zvedací prostředky a komplikuje to dopravu skrz náročnější terén.

Pokud by takové řešení bylo pro hydrobiology nevhodné, tak se jako jedno z možných řešení nabízí „rozporcování“ stanice na několik samostatných dílů či modulů, které by samy o sobě byly lehčí, a bylo by je možné převážet na automobilu s lepší průjezdností terénem. Tím by pravděpodobně vzniklo mnoho spojů a náročných detailů mezi jednotlivými díly stanice, také by to s největší pravděpodobností vedlo ke složitějšímu a delšímu skládání a rozkládání stanice.

Alternativy by se zcela jistě nenašly jen v konstrukci, ale také v energetickém konceptu a řešení technických zařízení stanice. Zkrátka, jak už bylo řečeno, možností je mnoho a koncept autonomní mobilní stanice by si zasloužil vícero pohledů a variant zpracování, aby bylo možné objektivně porovnat výhody a nevýhody jednotlivých řešení.

12. PŘÍLOHY (VÝKRESOVÁ DOKUMENTACE)

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
PŘÍLOHA 1



Legenda:

O1 Hliníkové okno 1200x1200 mm, trojsklo,
Vyklápěcí, otevíravé
Vnější parapet hliníkový, vnitřní dřevěný
U=0,65 W/m2K
Včetně předokenních lamelových rolet

O2 Hliníkové okno 480x1200 mm, trojsklo,
Vyklápěcí, otevíravé
Vnější parapet hliníkový, vnitřní dřevěný
U=0,65 W/m2K
Včetně předokenních lamelových rolet

D1 Vstupní dveře hliníkové 900x2100 mm, pravé včetně hliníkového prahu
Kování klika-klika + bezpečnostní zámek
U = 0,7 W/m2K

D2 Atypické dveře vyrobené ze spárovky tl. 20 mm, posuvné přisazené po kolejnici v nadpraží

Obvodová stěna

Příčka z Fermacell desek

Ocelové sloupky

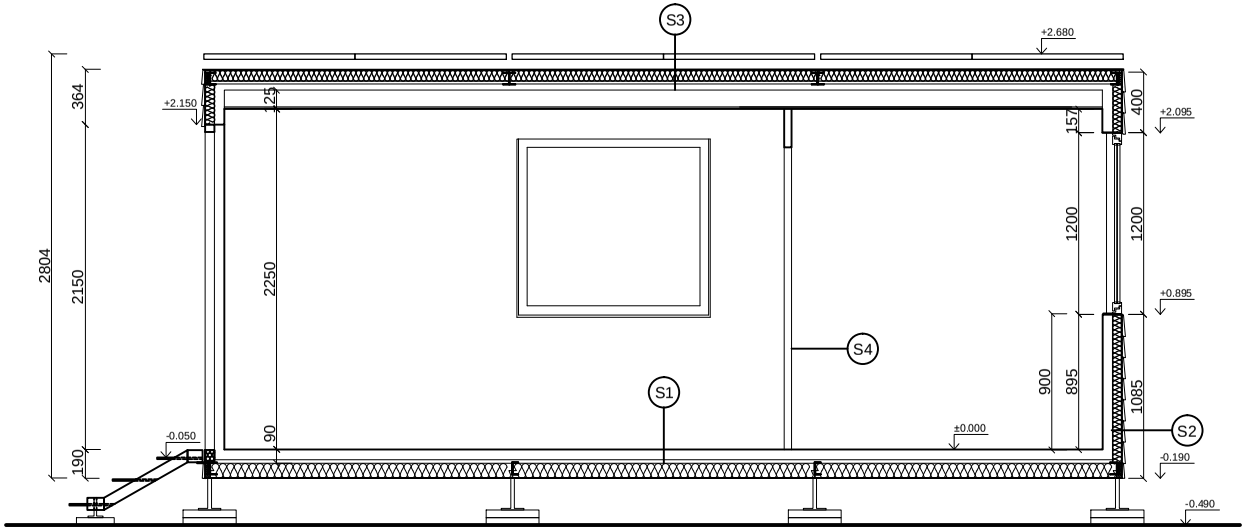
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

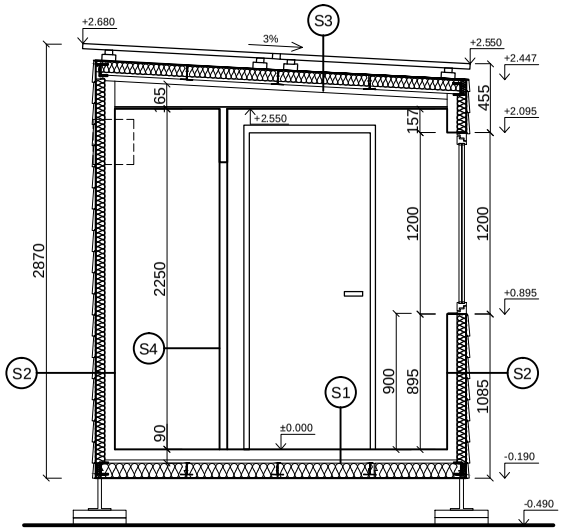
Zpracoval Jakub Feber	Vyučující Ing. Antonín Lupíšek Ph.D	Semestr ZS 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět:	Diplomová práce		
Úloha:	Autonomní výzkumná stanice	Datum	12/2016
Výkres:	Půdorys	Měřítko	1:50
		Formát A4	Č. Výkr. 1

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

PŘÍLOHA 2





Legenda:

S1
- Vinylová nášlapná vrstva, tl. 5 mm
- Topná uhlíková fólie, tl. 1 mm
- OSB 4 spojené P-D značka Egger, tl. 21 mm
- Geotextílie 100 g/m2
- Zalepení spojů ALU páskou
- VIP Kingspan Optim-R, λ = 0,007 W/mK, tl. 20 mm + 20 mm
- OSB 4 spojené P-D značka Egger, tl. 21 mm
- Tepelná izolace - PIR, λ = 0,022 W/mK, tl. 100 mm
- Perforovaný hliníkový plech tl. 1,2 mm

S2
- Buková spárovka, tl 20 mm + nátěr
- Geotextílie 100 g/m2
- Zalepení spojů ALU páskou
- VIP Kingspan Optim-R, λ = 0,007 W/mK, tl. 20 mm + 30 mm
- Tepelná izolace - PIR, λ = 0,022 W/mK, tl. 30 mm
- Dřevěné latě 50x30 mm vsazené do PIR desek, tl. 30 mm
- Palubka sibiřský modřín 149x19 mm, tl. 19 mm + nátěr

S3
- FV panely tl. 35 mm
- Hliníkový plech tl. 1,2 mm
- Difuzní membrána s drenážní vrstvou pod falcované krytiny tl. 8 mm
- Tepelná izolace - PIR, λ = 0,022 W/mK, tl. 70 mm
- OSB 4 spojené P-D značka Egger, tl. 21 mm
- VIP Kingspan Optim-R, λ = 0,007 W/mK, tl. 20 mm + 20 mm
- Zalepení spojů ALU páskou
- Geotextílie 100 g/m2

S4
- Fermacell deska tl. 10 mm
- Minerální vata tl. 50 mm
- Fermacell deska tl. 10 mm

Zpracoval Jakub Feber	Vyučující Ing. Antonín Lupíšek Ph.D	Semestr ZS 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět:	Diplomová práce		
Úloha:	Autonomní výzkumná stanice	Datum	12/2016
		Měřítko	1:50
Výkres:	Řezy	Formát A4	Č. Výkr. 2

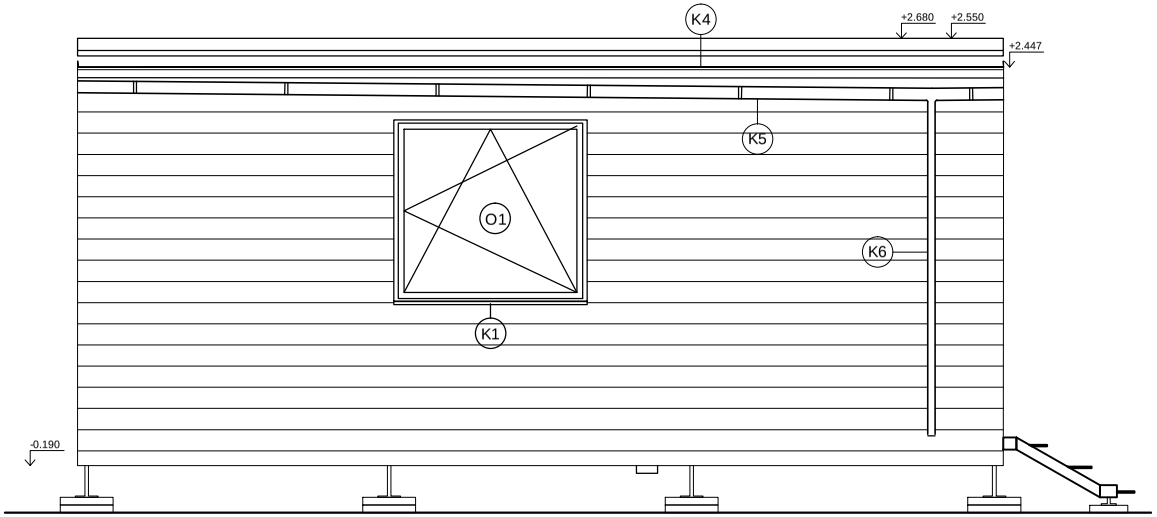
VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

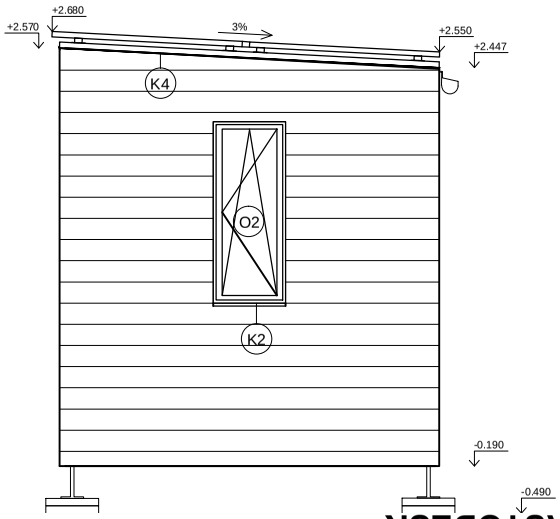
VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVORENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

PŘÍLOHA 3





Legenda:

O1 Hliníkové okno 1200x1200 mm, trojsklo, Vyklápěcí, otevíravé
Vnější parapet hliníkový, vnitřní dřevěný
U=0,8 W/m2K
Včetně předokenních lamelových rolet

O2 Hliníkové okno 480x1200 mm, trojsklo, Vyklápěcí, otevíravé
Vnější parapet hliníkový, vnitřní dřevěný
U=0,8 W/m2K
Včetně předokenních lamelových rolet

K1 Parapet, tažený hliník, rš. 50 mm

K2 Parapet, tažený hliník, rš. 50 mm

K4 Krytina z hliníkového plechu tl. 1,2 mm, falcované spoje, včetně okapnic, závětrných lišt a jiných klempířských detailů

K5 Podstřešní žlab hliníkový kulatý DN 75 mm, včetně kotlíku a háků

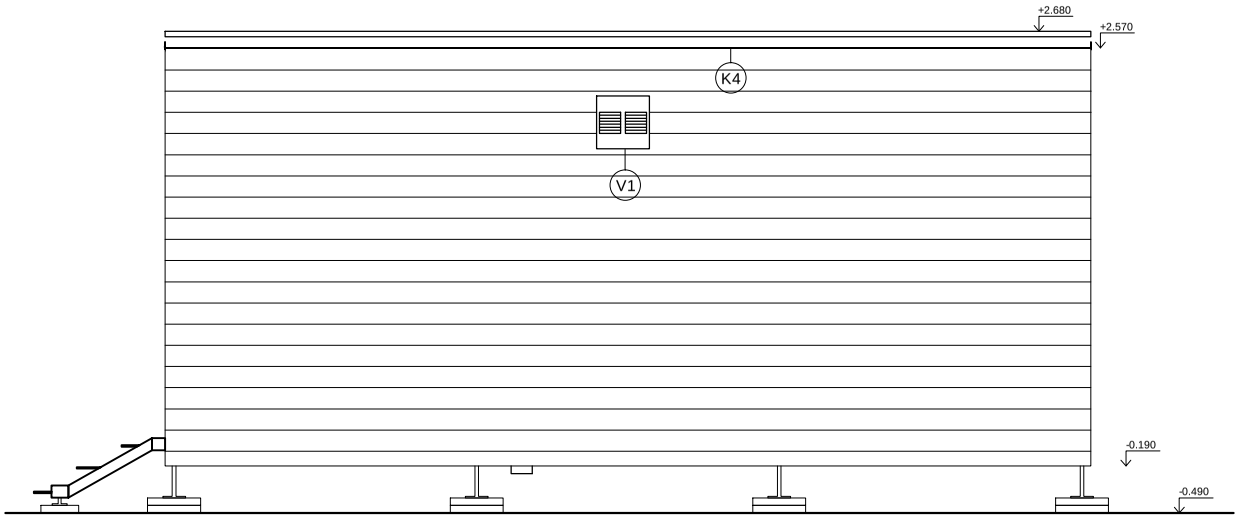
K6 Dešťový svod hliníkový DN objímek 50 mm včetně kotvících

Zpracoval Jakub Feber	Vyučující Ing. Antonín Lupíšek Ph.D	Semestr ZS 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět:	Diplomová práce		
Úloha:	Autonomní výzkumná stanice	Datum	12/2016
Výkres:	Pohledy 1	Měřítko	1:50
		Formát A4	Č. Výkr. 3

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

PŘÍLOHA 4



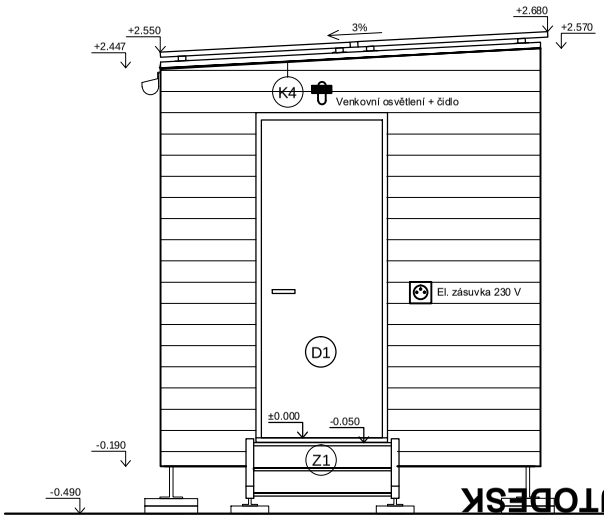
Legenda:

D1 Vstupní dveře hliníkové 900x2150 mm, pravé včetně hliníkového prahu
Kování klika-klika + bezpečnostní zámek
U = 0,7 W/m2K

K4 Krytina z hliníkového plechu tl. 1,2 mm, falcované spoje, včetně okapnic, závětrných lišt a jiných klempířských detailů

V1 Hliníková ventilační mřížka s dešťovou žaluzií a mřížkou proti hmyzu

Z1 Atypické ocelové schody vyrobené z jaklu, stupně z pororoštu, stavitelné nohy se závitem, vše žárově zinkováno.



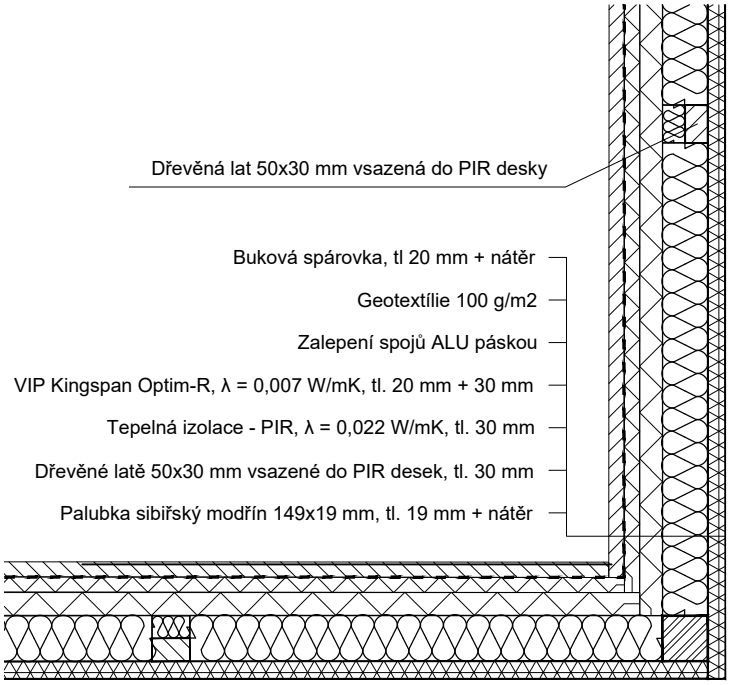
Zpracoval Jakub Feber	Vyučující Ing. Antonín Lupíšek Ph.D	Semestr ZS 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět:	Diplomová práce		
Úloha:	Autonomní výzkumná stanice	Datum	12/2016
Výkres:	Pohledy 2	Měřítko	1:50
		Formát A4	Č. Výkr. 4

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

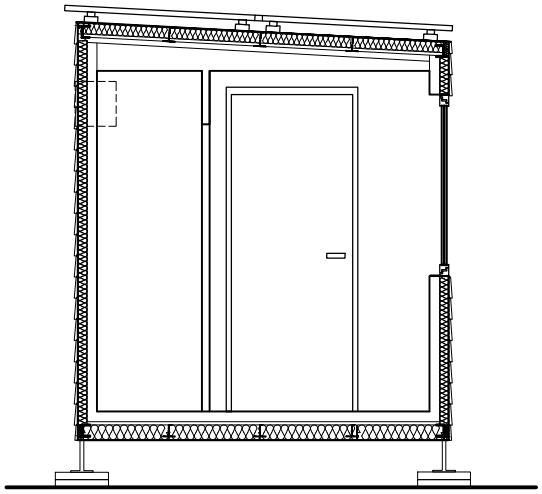
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

PŘÍLOHA 5

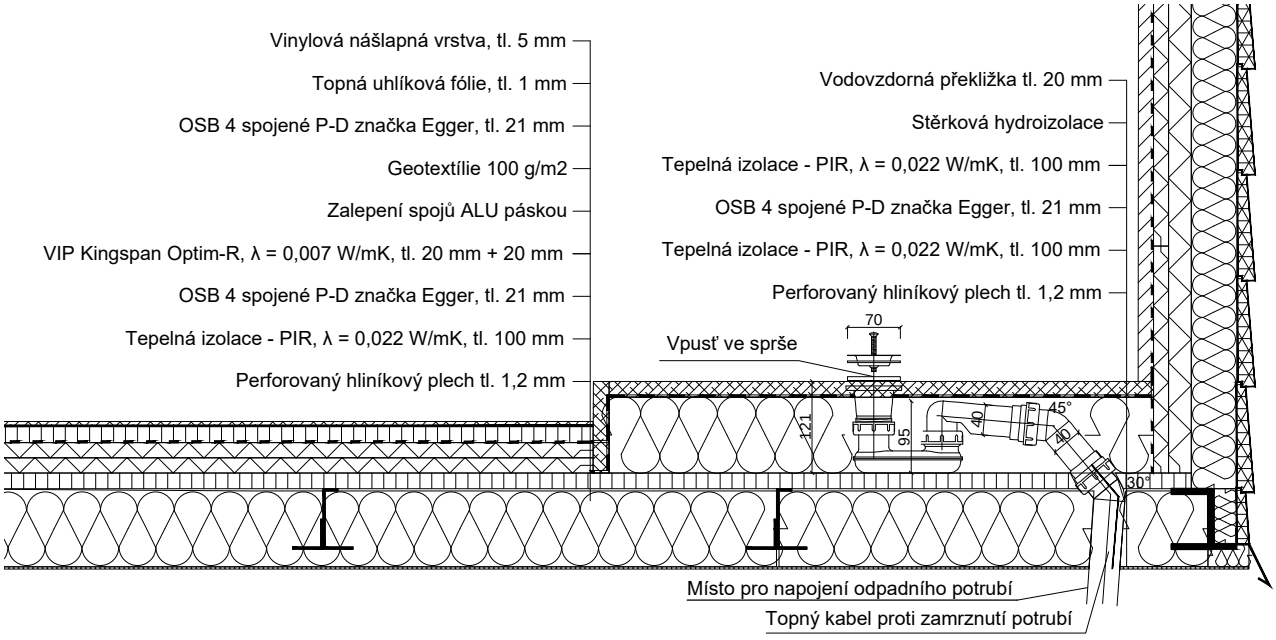
SKLADBA OBVODOVÉ STĚNY M 1:10



SCHÉMATICKÝ PŘÍČNÝ ŘEZ M 1:50



PODLAHA POD SPRCHOVÝM KOUTEM M 1:10



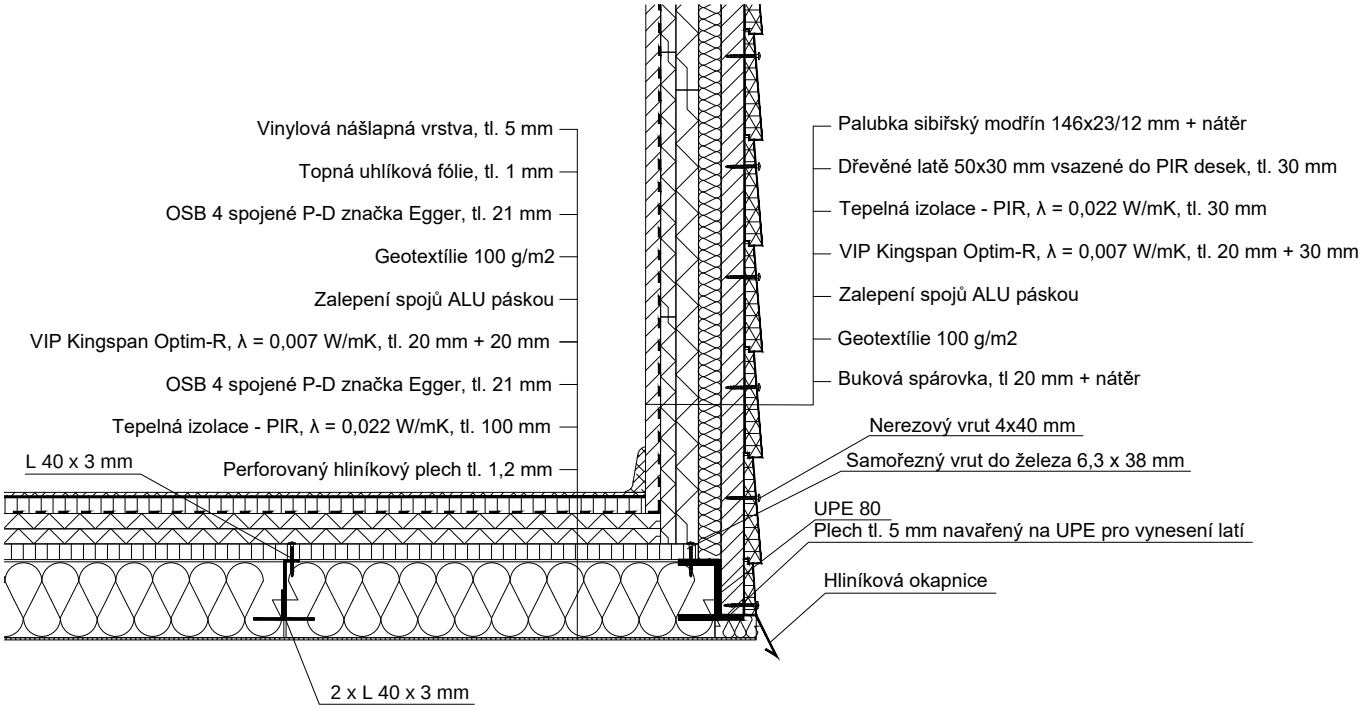
Zpracoval Jakub Feber	Vyučující Ing. Antonín Lupíšek Ph.D	Semestr ZS 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět:	Diplomová práce		
Úloha:	Autonomní výzkumná stanice	Datum	12/2016
Výkres:	Detaily 1	Měřítko	1:50
		Formát A4	Č. Výkr. 5

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

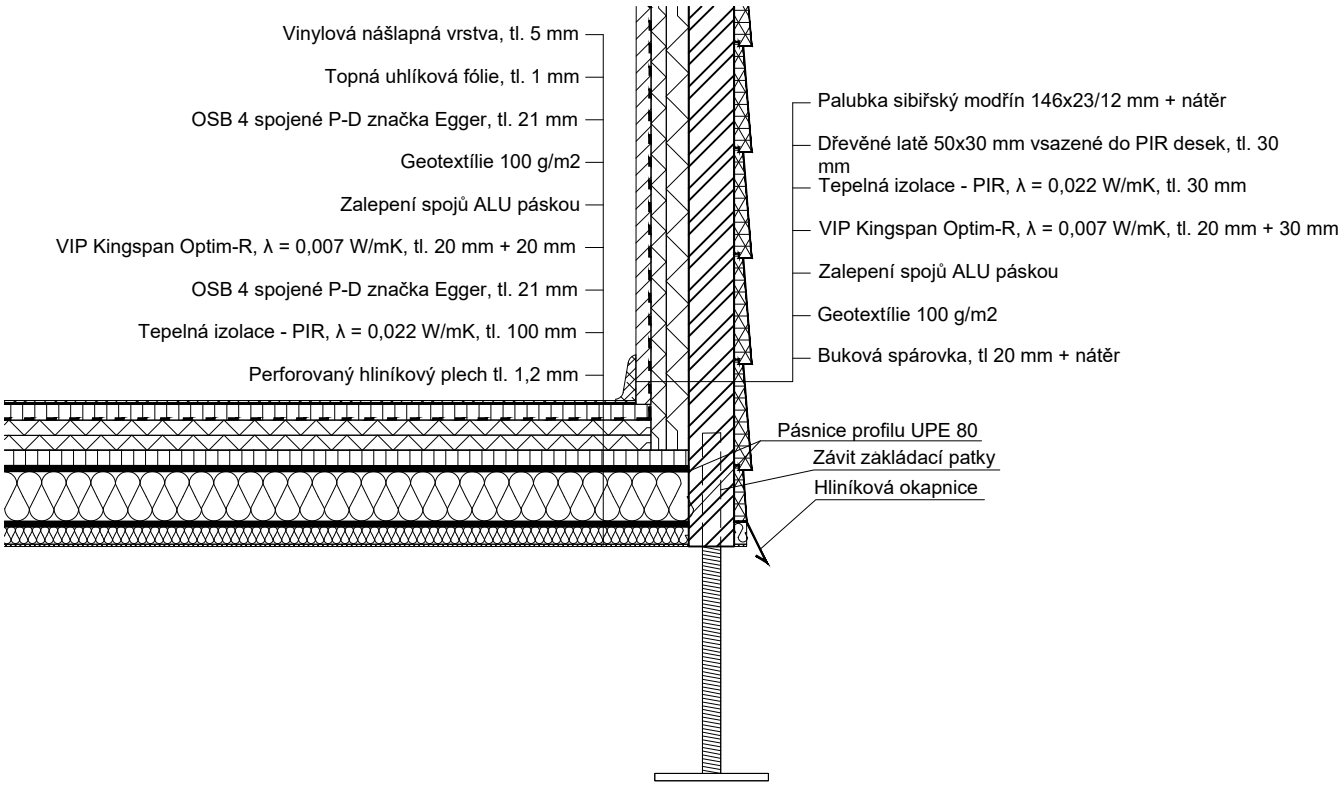
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

PŘÍLOHA 6

ŘEZ SOKLEM SKRZ ROZNÁŠECÍ LAŤ M 1:10



ŘEZ SOKLEM SKRZ OCELOVÝ SLOUPEK A ZAKLÁDACÍ PATKU



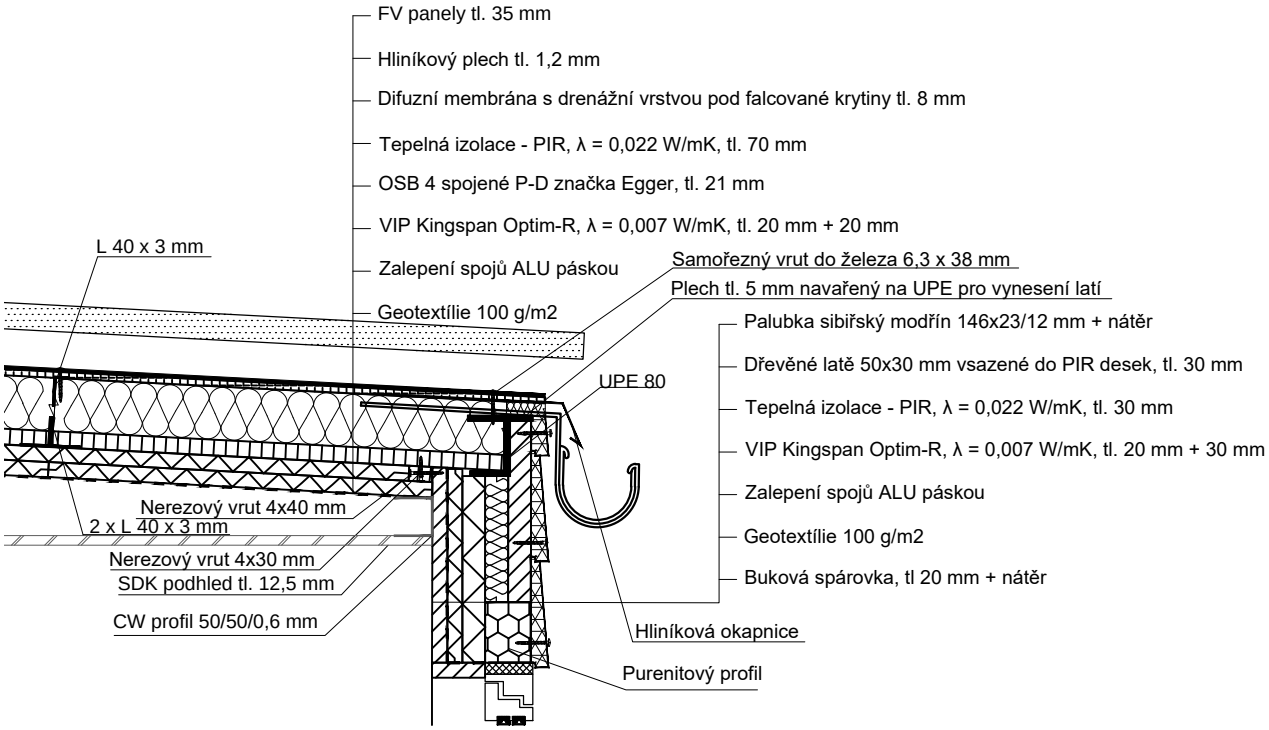
Zpracoval Jakub Feber	Vyučující Ing. Antonín Lupíšek Ph.D	Semestr ZS 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět:	Diplomová práce		
Úloha:	Autonomní výzkumná stanice	Datum	12/2016
Výkres:	Detaily 1	Měřítko	1:50
		Formát A4	Č. Výkr. 6

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

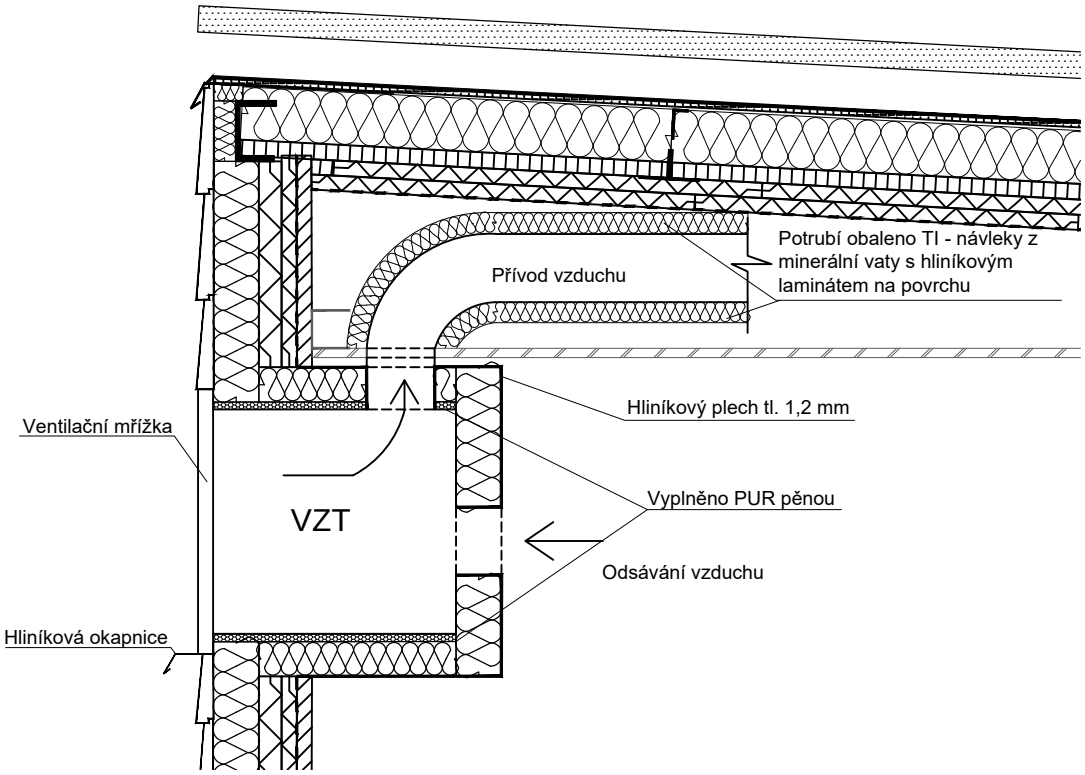
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

PŘÍLOHA 7

STYK STŘECHY SE STĚNOU M 1:10



ŘEZ SKRZ VZT JEDNOTKU M 1:10



Zpracoval Jakub Feber	Vyučující Ing. Antonín Lupíšek Ph.D	Semestr ZS 2016–2017	Fakulta stavební ČVUT
Předmět:	Diplomová práce		
Úloha:	Autonomní výzkumná stanice	Datum	12/2016
		Měřítko	1:50
Výkres:	Detaily 1	Formát A4	Č. Výkr. 7

VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK
VYTVOŘENO VE VÝUKOVÉM PRODUKTU SPOLEČNOSTI AUTODESK

POUŽITÁ LITERATURA

[1] V. Kořínek, „Terénní stanice,“ *Vesmír 77,* 1998.

[2] A. F. a. V. Vávra, 1898.

[3] M. B. Petr Wolf, „www.uceeb.cz,“ 15 Říjen 2015. [Online]. Available: http://www.uceeb.cz/system/files/souboryredakce/wolf_vyuziti_obnovitelnych_zdroju_energie.pdf.

[4] p. z. ČTK, „Češi přivezli z Antarktidy novinky: Neznámou bakterii i teplotní rekord,“ *tiscali.cz,* 2016.

[5] „www.freedomky.cz,“ [Online]. Available: http://www.freedomky.cz/vse-o-freedomku.

[6] „tiny-project.com,“ [Online]. Available: http://tiny-project.com/product/tiny-project-construction-plans.

[7] „tiny-project.com,“ [Online]. Available: http://tiny-project.com/product/tiny-project-construction-plans.

[8] „www.windrivertinyhomes.com,“ [Online]. Available: http://www.windrivertinyhomes.com/home-options/.

[9] „minimhomes.com,“ [Online]. Available: http://minimhomes.com/floor/.

[10] „http://microshowcase.com/,“ [Online].

[11] „w5.siemens.com,“ [Online]. Available: http://w5.siemens.com/web/si/sl/corporate/portal/wvs/dobre-prakse/pages/projektolea.aspx.

[12] „www.tic-zasavje.si," [Online]. Available: http://www.tic-zasavje.si/sl/turisticni_program/show/67.

[13] S. Robarts, „newatlas.com," 20 Leden 2015. [Online]. Available: http://newatlas.com/castlemaine-passivhaus/35687/.

[14] „gizmag.com," [Online]. Available: (http://www.gizmag.com/castlemaine-passivhaus/35687/pictures.

[15] „www.lotuscaravans.com," [Online].

[16] I. V. Z. Ph.D., „tzb-info.cz," 30 1 2012. [Online]. Available: http://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1.

[17] I. Z. Mathauserová, „tzb-info.cz," 25 2 2013. [Online]. Available: http://vetrani.tzb-info.cz/vnitrni-prostredi/9595-hygienicke-pozadavky-na-vnitrni-prostredi-staveb.

[18] „static.palfinger.com," [Online]. Available: https://static.palfinger.com/medias/sys_master/root/h6d/h4a/8807430160414.pdf.

[19] „www.hydraulickaruka.cz," [Online]. Available: http://www.hydraulickaruka.cz/farma/farma-c-85/.

[20] „www.lesenishop.cz," [Online]. Available: http://www.lesenishop.cz/zakladaci-patky-104/zakladaci-patka-50cm.html.

[21] „www.lujtuj.cz," [Online]. Available: http://www.luftuj.cz/p/vario-vent-duo-live2-combi/.

[22] „www.uhlikovefolie.cz," [Online]. Available: https://www.uhlikovefolie.cz/#podlahove-vytapeni.

[23] „www.karma-as.cz," [Online]. Available: http://www.karma-as.cz/produkty/karma-alfa-pov-10b-pb/.

[24] „www.mirava.cz," [Online]. Available: http://www.mirava.cz/katalog/ohrev-vody/me/ma-4p/.

[25] „www.wulfdach.de," [Online]. Available: http://www.wulfdach.de/photovoltaik/pv-anlagen-fur-flachdacher/.

[26] „www.ostrovni-elektrarny.cz," [Online]. Available: http://www.ostrovni-elektrarny.cz/index.php?category=fotovoltaicke-panely&detail=MTAwMDE2&detail_name=fotovoltaicky-panel-200wp-solyndra-trub.

[27] „www.alter-eko.cz," [Online]. Available: http://www.alter-eko.cz/images/vetrne-elektrarny/airbreezeo.jpg.

[28] „www.alibaba.com," [Online]. Available: https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1EsIEJFXXXXcJXpXXq6xXFXXXN/Vertical-Axis-Wind-Turbine-DS-Series-.jpg.

[29] „www.hi-vawt.com," [Online]. Available: http://www.hi-vawt.com.tw/en/ds300w.html.

[30] „www.greenczech.webnode.cz," [Online]. Available: http://greenczech.webnode.cz/produkty/vawt-vetrna-elektrarna/vawt-gird-on-systemy/.

[31] „www.meteoblue.com," [Online]. Available: https://www.meteoblue.com/cs/počasí/předpověď/modelclimate/horská-kvilda_Česká-republika_3075115.

[32] „www.greenoptimistic.com," [Online]. Available: http://www.greenoptimistic.com/idenergies-river-turbine-generates-energy-flowing-water-20140707/.

[33] „www.tesla.com," [Online]. Available: https://www.tesla.com/powerwall.

[34] „www.shop.iftech.cz," [Online]. Available: http://shop.iftech.cz/3597-home_default/set-pro-6panelu-15kw.jpg.

[35] ČSN EN 1993-1-1, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, Evropský výbor pro normalizaci, 2005.

[36] ČSN EN 1993-1-8, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-8: Navrhování styčníků, Evropský výbor pro normalizaci, 2005.

[37] ČSN EN 1991-1-4, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1- 4: Obecná zatížení – Zatížení větrem, Praha: Český normalizační institut, 2007.

[38] ČSN EN 1991-2 (736203), Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 2: Zatížení mostů dopravou, Evropský výbor pro normalizaci, 2005.

[39] Český hydrometeorologický ústav, Mapa zatížení sněhem na zemi, Dostupné z WWW: http://www.snehovamapa.cz, 2010.

[40] ČSN EN 1991-1-3, Eurokód 1: Zatížení konstrukcí – Část 1-3: Obecná zatížení – Zatížení sněhem, 2005: Český normalizační institut.

[41] ArcelorMittal Construction CZ s.r.o., OBLOUKOVÉ PLECHY FLOLINE, Praha: Technický list, 2015.

[42] ČSN EN 1993-1-3, Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí – Část 1-3: Obecná pravidla – Doplňující pravidla pro tenkostěnné za studena tvarované prvky a plošné profily., Český normalizační institut, 2008.