

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

---

Fakulta stavební

Katedra konstrukcí pozemních staveb

## **INDIÁNSKÁ ŠKOLA**

SCHOOL FOR INDIGENOUS PEOPLE

Diplomová práce

**Barbora Juránková**

Vedoucí práce: Ing. Jan Tilinger, Ph.D.

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Konstrukce pozemních staveb

---

Praha, Leden 2018




## SPECIFIKACE ZADÁNÍ

Jméno diplomanta: Barbora Juránková

Název diplomové práce: Indiánská škola

Základní část: Návrh indiánské školy podíl: 70 %

Formulace úkolů: Vyhodnocení krajních podmínek pro stavbu školy, klima, geologie, materiál.  
Návrh konstrukce, poměrně řídem užitím stavby

Podpis vedoucího DP: 

Datum: 19.12.2017

Případné další části diplomové práce (části a jejich podíl určí vedoucí DP):

2. Část: podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Ilona Koubková, Ph.D. K125

Formulace úkolů: Koncept měření TSB se zaměřením na ZTI. Kvalita čistota, měření akumulace dle: md, technická specifikace.


Podpis konzultanta: 

Datum: 12.11.2017

3. Část: podíl: 15 %

Konzultant (jméno, katedra): Ing. Lukáš Blesák, Ph.D. K134

Formulace úkolů: NÁVCH A PODROBNÍ VÝKRESY ČÁSTI  
LOVNE LOW VIBRACE, VYPRACOVÁNÍ VÝKRESOVÉ ROZVĚTVY

Podpis konzultanta: 

Datum: 18.12.2017

4. Část: podíl: %

Konzultant (jméno, katedra): \_\_\_\_\_

Formulace úkolů: \_\_\_\_\_

Podpis konzultanta: \_\_\_\_\_

Datum: \_\_\_\_\_

Poznámka: Zadání včetně vyplněných specifikací je nedílnou součástí diplomové práce a musí být přiloženo k odevzdané práci (vyplněné specifikace není nutné odevzdat na studijní oddělení spolu s 1. stranou zadání již ve 2. týdnu semestru)

### Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně pouze za odborného vedení vedoucího diplomové práce a konzultantů z jiných kateder. Dále prohlašuji, že veškeré podklady, ze kterých jsem čerpala, jsou uvedeny v seznamu použitých zdrojů.

V Praze, dne 7. ledna 2018

Barbora Juránková



.....

### **Poděkování**

Tímto bych ráda poděkovala Ing. Janu Tilingerovi za rady a vedení při zpracovávání diplomové práce. Velký dík patří mé rodině, která mne podporovala po celou dobu studia a speciálně mému tátovi.

V Praze, dne 7. ledna 2018

Barbora Juránková

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá návrhem střední školy pro indiánskou komunitu v Bolívii. Na základě vyhodnocení místních podmínek (kultura, klima, geologie, materiály) řeší komplexní návrh stavby a jejího užívání. Na navrženou dispozici je zpracováno posouzení vybraných částí nosné konstrukce se základy, ověření akustických podmínek a osvětlení. Další část je věnována konceptu zdravotně technického řešení, septiku s kořenovou čističkou, sběru dešťové vody a využití solárních panelů jako jediného zdroje elektrické energie.

## **Klíčová slova**

Indiánská škola, okrajové podmínky pro návrh, místní materiály, osvětlení tříd, suché záchody, septik, kořenová čistička

## **Abstract**

This diploma thesis is focused on design of a secondary school for the indigenous community in Bolivia. Based on the evaluation of local conditions (culture, climate, geology, materials) deals with complex design of the building and its use. Proposed layout is provided by structural assessment of selected parts of the load-bearing structure with foundations, verification of acoustic conditions and lighting. Another part is devoted to the concept of a sanitary solution, a septic tank with a subsurface flow wetland, rain water collection and the use of solar panels as the only source of electric energy.

## **Key words**

School for indigenous people, boundary conditions for design, local materials, lighting of classrooms, dry toilets, septic tank, subsurface flow wetland

## Obsah

Prohlášení.....	4
Poděkování.....	5
Abstrakt.....	6
Klíčová slova.....	6
1. Úvod.....	9
2. Sociokulturní souvislosti.....	11
2.1. Lokalita a administrativní dělení.....	11
2.2. Obyvatelstvo.....	13
2.3. Tradiční budovy.....	14
2.4. Systém školství.....	16
2.5. Současný stav.....	18
2.6. Reference.....	19
3. Klimatické a geologické podmínky.....	20
3.1. Klima.....	20
3.2. Meteorologická data.....	21
3.3. Geologické podmínky.....	24
4. Materiály.....	25
4.1. Dřevo.....	25
4.2. Hlína.....	28
4.3. Cement.....	30
4.4. Ocel.....	30
4.5. Kamenivo.....	31
4.6. Ochrana dřevěných konstrukcí.....	31
4.7. Spoje v dřevěných konstrukcích.....	32
5. Návrh školy.....	33
5.1. Úvod.....	33
5.2. Plánovaný provoz.....	33
5.3. Dispozice.....	34
5.3.1 Třídy.....	37
5.3.2 Kabinet.....	38
5.3.3 Jídelna.....	38
5.3.4 Kuchyně + Sklad.....	38
5.3.5 Technická místnost.....	38
5.3.6 Sklad.....	39
5.3.7 Záchody pro žáky.....	39

5.3.8 Záchody pro učitele a personál .....	40
5.3.9 Požadavky na základní vybavení a připojení na veřejné služby .....	40
5.4. Konstrukční řešení .....	41
5.4.1 Lehká příčka .....	41
5.4.2 Těžká příčka .....	42
5.4.3 Zatížení .....	42
5.4.4 Materiálové charakteristiky .....	46
5.4.5 Konstrukce střechy .....	47
5.4.5.1 Návrh krokve .....	47
5.4.5.2 Návrh kleštiny .....	53
5.4.5.3 Návrh průvlaku .....	54
5.4.6 Nosná konstrukce .....	56
5.4.6.1 Návrh sloupu .....	56
5.4.6.2 Návrh trámu pod podlahou .....	58
5.4.6.3 Návrh průvlaku v podlaze .....	60
5.4.6.4 Spoje .....	62
5.4.7 Základy .....	63
5.5. Akustika .....	66
5.6. Osvětlení .....	68
5.7. Požární ochrana .....	73
5.8. Technické zařízení budovy .....	73
5.9.1 Odpady .....	75
5.9.1.1 Suché záchody .....	75
5.9.1.2 Odpadní vody .....	78
5.9.2 Dešťová voda .....	84
5.9.3 Zásoba užitkové vody .....	86
5.9.4 Požární rezerva .....	88
5.9.5 Energie .....	88
6. Závěr .....	91
Reference .....	92
Seznam příloh: .....	94
Seznam použitých norem .....	94
Seznam použitého softwaru: .....	94



# 1. Úvod

*„Lidi je třeba učit, jak mají myslet, a ne to, co si mají myslet.“*

*Georg Christoph Lichtenberg*

K výběru tématu diplomové práce mě přivedl předchozí výměnný pobyt a studium v Argentině, cestování po Latinské Americe a zejména pak opakovaná návštěva Bolívie. Oblast Amazonie není jedinou, kde krásu a výjimečnost prostředí doprovází i složité podmínky zejména pro vzdělání či zdravotnictví. Hledání důvodů a řešení této situace ale patří do jiné práce. Mě zaujal projekt střední školy, který by mohl usnadnit skupině dětí přístup k středoškolskému vzdělání. Chtěla bych se pokusit navrhnout místo, kde by rády trávily čas a které by podnítilo jejich zájem o nové informace.

Dle mého názoru je právě vzdělání cestou k rozvoji osobnosti, pomáhá si vytvářet vlastní názory, samostatně kriticky přemýšlet, přispívá k lepšímu pracovnímu uplatnění a v neposlední řadě mnohdy ovlivňuje výši finančních příjmů a životní úroveň. Inspirojící slova *Zprávy o lidském rozvoji za rok 2010*: „*Vzdělání rozšiřuje lidské možnosti a podněcuje kreativitu a představivost. (...)Být vzdělaný zplnomocňuje lidi k prosazování svých zájmů a k obraně před vykořisťováním. Vzdělaní lidé jsou si více vědomi, jak se vyhýbat zdravotním rizikům a žít delší a spokojenější život. Vydělávají také většinou více a mají lepší zaměstnání.*“<sup>1</sup>

Bolívie se řadí ke státům, kde právě přístup ke vzdělání a jeho kvalita nedosahují vysoké úrovně. V rámci Latinské Ameriky, společně s Brazílií, zaujímá až nejspodnější místa podle množství osob s nejvyšším stupněm dosaženého vzdělání. Střední školy jsou od sebe zejména ve venkovských oblastech velmi vzdáleny, mnohdy bývají v těžkých docházkových podmínkách a ve městech pak bývají třídy velmi často přeplněné. Poplatky spojené s docházkou na střední školy a případné pozdější studium na vysokých školách, které je takřka bez výjimky zpoplatněno, představují významnou finanční zátěž pro rodinu.

U mnou vybrané indiánské komunity není situace odlišná. Navíc postupem doby a s klesajícím důrazem na zachování místních kultur a tradic se domorodí obyvatelé dostávají do složitých ekonomických a sociálních podmínek. Do jejich odlehlých vesnic je špatný přístup, který nepřispívá k možnostem vzdělání, obchodu či zdravotní péči. Případné zlepšení dostupnosti základních služeb by se mohlo odrazit na možnostech jejich lepšího uplatnění a realizování ve společnosti.

Ačkoliv mezi současné priority místní obecní rady patří například posílení pravomocí místních výkonných orgánů, rozšíření ekonomických příležitostí, či zlepšení ochrany zdejší biodiverzity, je dle mého názoru přístup ke vzdělání a zapojení všech místních obyvatel nutným předpokladem k úspěšnému naplnění těchto záměrů.

Zároveň je pro mne výzvou využití znalostí z předchozího studia a jejich aplikace do zcela odlišných klimatických podmínek, jakož i práce s materiály, s kterými zde nemáme takovou zkušenost. Dalším předmětem mého zájmu je i využití předností tradičního stavitelství doplněného o nové možnosti výroby a zacházení s energií a hospodárného užívání vody.

V této souvislosti je třeba zmínit, že k realizaci takového projektu školy, stejně jako i k zabezpečení jejího pozdějšího provozu a údržby, by bylo zapotřebí kromě vlastní iniciativy také spolupráce jak

---

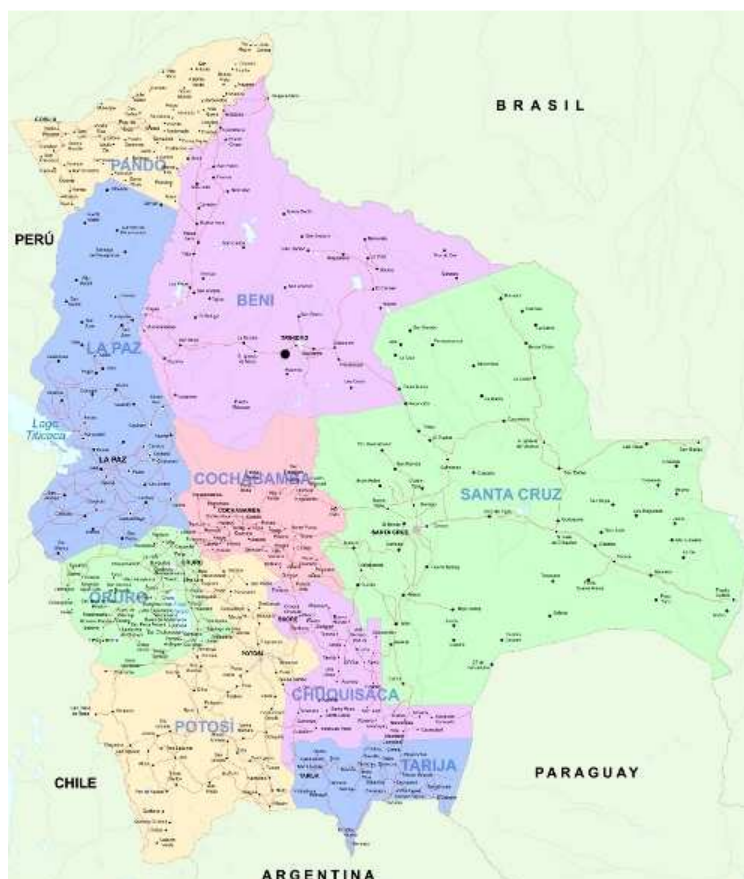
<sup>1</sup> WALTEROVÁ, Nora. *Podpora vzdělávání dětí z rozvojových zemí*, Str.39

s místní samosprávou, tak i komunitou, dalšími rozvojovými organizacemi či dobrovolníky. Svou práci vidím především jako možnou inspiraci do budoucna a pokus jak využít moderní technologie, zejména v oblasti výroby el. energie, s místními stavebními materiály a technikami tak, aby co nejvíce vyhovovaly žákům, vyučujícím i personálu a škola byla využívána co možná největším okruhem lidí nejen v době výuky. Zbudování školy v přijatelné vzdálenosti zlepší přístup k středoškolskému vzdělání při zachování dostatku času, který by žáci mohli trávit s rodinou. Ta podporuje předání i jiných vědomostí, které jsou stejně tak potřebné pro život v této oblasti, a které zároveň napomáhají k zachování tradiční indiánské kultury. V neposlední řadě děti stále mohou pomáhat svým rodičům v domácnosti, což dosud bývá často jedním z hlavních důvodů jejich nedostatečné docházky na střední školy.

## 2. Sociokulturní souvislosti

### 2.1. Lokalita a administrativní dělení

Bolívie leží na jižní polokouli v samém centru Latinské Ameriky. Na severozápadě sousedí s Peru, na východě s Brazílií a na jihu s Paraguají, Argentinou a Chile. Hlavní městem je Sucre, ačkoliv vláda a centrální orgány státní správy sídlí v La Pazu. Administrativně se Bolívie dělí na 9 departmentů, 112 provincií, 327 částí provincií a 1.430 kantonů.<sup>2</sup> (1) Pro lepší představu budu dále v textu používat odpovídající české dělení.



Obrázek 1 - Administrativní dělení Bolívie  
(Zdroj: <http://www.boliviamundo.net/division-administrativa/>)

Místo pro projekt školy se nachází ve vesnici Santa Ana ležící ve vzdálenosti zhruba 500 km severně od La Pazu, ve stejnojmenném kraji. Jedná se o oblast, kde se na místní poměry nachází u sebe blízko položených vesnic a samostatně ležících domů původních obyvatel. Tyto vesnice se nachází těsně za hranicí národního parku Madidi podél jediné cesty, která je spojuje se spádovými středisky oblasti. Těmi jsou San Buenaventura, která je administrativním centrem s přibližně s 3520 obyvateli (údaj z roku 2009), a Tumupasa s cca 1200 obyvateli. Ačkoliv je vzdálenost mezi nimi necelých 60 km, cesta není v optimálním stavu a v období dešťů se stává obtížně sjízdou.

---

<sup>2</sup> Department odpovídá ve správním dělení České Republiky kraji, provincie okresu, část provincie nejbližší obci s rozšířenou působností a kanton obci. Hlavní institucí je obecní úřad, výkonným orgánem obecní radou v čele se starostou, Každá obec má vymezené tzv. katastrální území obce (katastry).

Jediný přímý přístup po zemi do dané oblasti představuje silnice z La Pazu do San Buenaventura, při kterém je nutno překročit řeku Beni přívozem ve městě Rurrenabaque, ležícím na druhém břehu. Odtud dále směrem k hranicím s Peru se rozkládá jen tropický prales bez další infrastruktury. Existuje také letecké spojení do Rurrenabaque jakožto oblíbeného turistického cíle, který představuje NP Madidi (rozloha 18 958 km<sup>2</sup>), jenž se známý svou velkou biodiverzitou.



Obrázek 2 – Vlevo: Vybraná lokalita v rámci Bolívie; Vpravo: Mapa oblasti (Zdroj: Google Maps)

Samotná vesnice Santa Ana leží okolo GPS souřadnic 14°14'24'' J, 67°45'52'' Z v nadmořské výšce 236 m.n.m. mezi výše zmíněnými středisky (San Buenaventura a Tumupasa). Dle sčítání lidu z roku 2009 (poslední dostupná data) zde žije v 56 rodinách 224 lidí a patří tak mezi jednu z nejméně obydlených.

Ačkoliv v oblasti najdeme celou řadu vodních toků, avšak přímo vesnice Santa Ana neleží přímo na břehu žádného z nich. Nicméně vzhledem k tomu, že se nachází v tropickém pásmu s vydatnými ročními úhrny srážek, není výjimkou, že zde dochází k velkému rozvodnění řek a zvýšení jejich hladin a tím i k potenciálnímu zaplavení staveb.



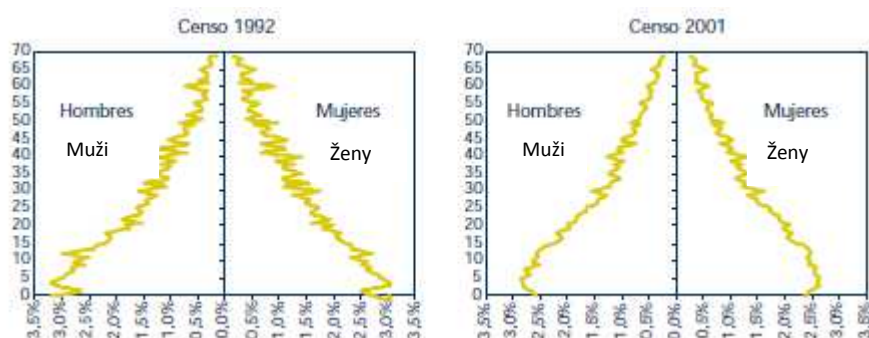
Obrázek 3 - Umístění vesnice Santa Ana (Zdroj: Google Maps)

## 2.2. Obyvatelstvo

Oficiální název státu je Mnohonárodní stát Bolívie, který již napovídá, že složení obyvatelstva je značně rozmanité. Bolívie je jedním ze států Latinské Ameriky s největším podílem obyvatelstva, které mluví některým z původních jazyků. Tato etnická různorodost se zrcadlí i na skutečnosti, že se na jejím území nachází celkem 35 indiánských komunit, z nichž jsou nejpočetněji zastoupeny komunity Quechua a Aimara sídlící v krajích La Paz, Oruro, Potosí, Cochabamba a Chuquisaca. Největší etnická různorodost se nachází v amazonské oblasti (kraje Santa Cruz, Beni a Pando) čítající celkem 27 komunit. Současná podpora ze strany vlády domorodému obyvatelstvu vyústila k uznání všech jazyků indiánských komunit za úřední k původním třem (španělština, quechua a aimara).

Přibližné etnické rozdělení obyvatelstva Bolívie v číslech: nejpočetněji jsou zastoupeni míšenci (35%) následováni indiánským obyvatelstvem – quechua (30%) a aimara (25%). Zbývající skupinu tvoří běloši (7%) a ostatní (3%). (2)

Rozdělení obyvatelstva dle věku (z let 1992 a 2001). Z následujících grafů je patrné, že ačkoliv došlo k mírnému poklesu nově narozených dětí, graf má stále podobu pyramidy (tzv. progresivní typ) typickou pro rozvojové země, kde ve společnosti převažují děti a mladí lidé. Na základě těchto informací lze usuzovat, že existuje vysoká poptávka po vzdělání a nutnost výstavby nových škol.



Obrázek 4- Rozdělení obyvatelstva dle věku a pohlaví při sčítání lidu v letech 1992 a 2001 (3)

Legenda: Censo – sčítání lidu; Vertikální osa - věk ; Horizontální osa – počet obyvatel (%)

V oblasti, která je plánován projekt školy žije indiánská komunita Tacana. Ta od dob říše Inků historicky obývala území mezi řekami Beni a Tuichi. Na začátku 18. století po příchodu jezuitských misí došlo ke spojení původně menších skupin do jednotné komunity. Druhá polovina století znamenala obchodní vrchol díky produkci koky, tabáku, kaka a jiných, avšak následná válka o nezávislost sebou přinesla úpadek a odchod mnoha lidí zpátky do pralesa. Postupně se rozvíjející farmaceutický průmysl využívající léčivých účinků chininu způsobil, že velká část místního obyvatelstva tak zanechala tradičních zdrojů obživy a začal se věnovat sběru kúry chinovníku. Následný rozvoj zemědělství a chovu dobytka pak výrazně změnil ráz krajiny, při kterém došlo k jejímu znatelnému odlesnění. Zahájení těžby gumy na konci 19. století přilákalo do oblasti mnoho cizinců a potřeba pracovní síly vedla k odvedení či usmrcení původních obyvatel. Většina z “tacanas” se již nevrátila na původní místo a komunita se tak rozšířila i do sousedních krajů Beni a Pando. (4)

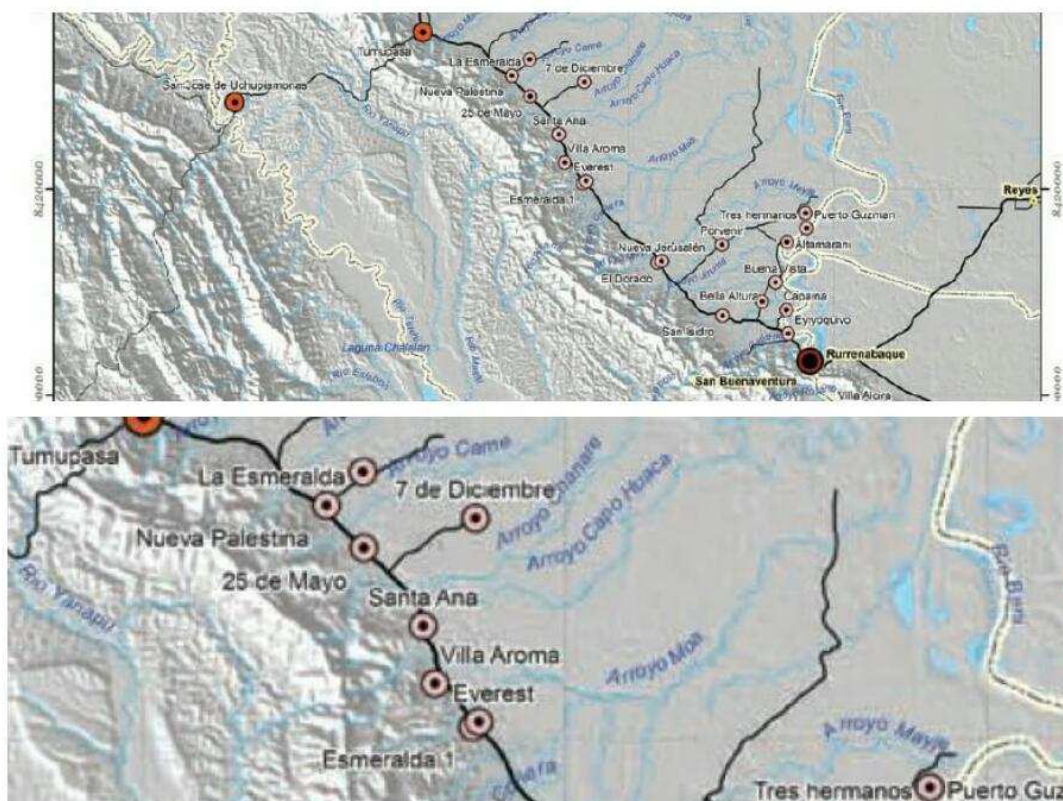
V dnešní době se místní obyvatelé zejména věnují zemědělství a chovu dobytka, a to jak pro vlastní spotřebu, tak na prodej, a které tak jsou hlavním zdrojem ekonomických příjmů. Původně převažující sběr a lov se staly druhotnými zdroji obživy. Práce spojené s rozvíjejícím se cestovním ruchem, zejména



v oblasti NP Madidi (např. provázení turistů po tropickém pralesě) představují pro některé obyvatele další zdroj příjmů.

Vedle držení křesťanských tradic a svátků z dob jezuitských misí se praktikuje animismus. Většina z komunity zapoměla rodný jazyk tacana a mluví pouze španělsky. Španělština je také jediným jazykem, ve kterém se tady učí ve školách.

Dle údajů z roku 2009 téměř 60% obyvatelstva žije na venkově. Celkový počet indiánské komunity Tacana se pohybuje okolo 8 000. Průměrný počet členů rodiny je 4 – 5 osob. (5) přičemž platí, že 42% obyvatelstva je mladší 14 let.



Obrázek 5 – Rozmístění obyvatelstva dle osídlení (5)

Legenda: Největší červeno-černý bod – menší město (2 001 – 5 000 obyvatel); střední bod – vesnice (401 – 2 000 obyvatel); nejmenší bod – jednotlivá centra komunity (1 – 400 obyvatel)

### 2.3. Tradiční budovy

První pohled architekta či inženýra před projektem by měl spočinout na tradiční architektuře oblasti. Odráží totiž kulturní zvyky a často skrývá léty prověřená technická řešení dobře reflektující nejen klimatické podmínky ale i související výzvy v návrhu. Současně může sloužit k inspiraci celého návrhu nebo pouze dílčích detailů. Zároveň poskytuje obrázek o tom, s jakými materiály jsou lidé zvyklí pracovat a případně jaké materiály jsou běžné a dostupné v okolí.

Ve městech, větších zástavbách a často i na venkově se v převážné většině staví zděné budovy s prefa monolitickými stropy nebo vlnitým plechem jako střeška. Tyto materiály jsou běžně dostupné

i v menších městech. Pro výstavbu v Bolívii je charakteristické, že si lidé často staví domy sami bez dodržování základních pravidel, což se mimo jiné také odráží na kvalitě jejich provedení. Dostatek levné pracovní síly a vysoké finanční nároky na mechanizaci mají vliv na systemizaci, rychlost výstavby a použití moderních metod výstavby.

V tropické části Bolívie pak výstavba tradičních domů vychází více z přírodních materiálů a odráží přítomné klimatické podmínky. Pro teplé vlhké podnebí jsou zejména vhodné lehké dřevěné konstrukce, které v noci nedrží teplo. Typické jsou vysoké stropy a střechy z palmových listů či místní varianta české doškové střechy, aby se střecha nepřehřívala jako v případě plechu. K větší trvanlivosti materiálu přispívá i vysoký sklon u nejčastěji používané sedlové střechy. V období dešťů pak voda dobře stéká a nezadržuje se, což by mohlo vést k její možné degradaci. K efektivnímu větrání budovy slouží jak otvory na konci střechy, kudy odchází ohřátý vzduch, tak také celkové vyvýšení stavby nad terén a tím ochlazování zespoda. To zároveň chrání budovu jak před záplavami, které jsou v této části Bolívie běžné, tak také proti hadům a jiným zvířecím vetřelcům. V období dešťů slouží tento krytý prostor jako praktický úkryt pro domácí zvířata. Často zde najdeme krytou verandu či venkovní chodbu, která se často využije v období dešťů nebo naopak v letních měsících, s cílem chránit povrchy před slunečním zářením a ohříváním, které jsou jedním z největších problémů. Z tohoto důvodu mají budovy velké otevřené otvory a vysoké stropy podporující proudění vzduchu a přístupu denního světla. Pokud je to možné, také se k stínění využívá stromů a zeleně.

Nosná konstrukce bývá ze dřeva stejně jako podlahy a dělící stěny. Dále se používá často sloužící jako výplň či dekorace.



Obrázek 6 - Tradiční domy na venkově

(Zdroj: <https://www.vicpresidencia.gob.bo/El-vicepresidente-se-reunio-con-autoridades-de-San-Jose-de-Uchupiamonas-y>)

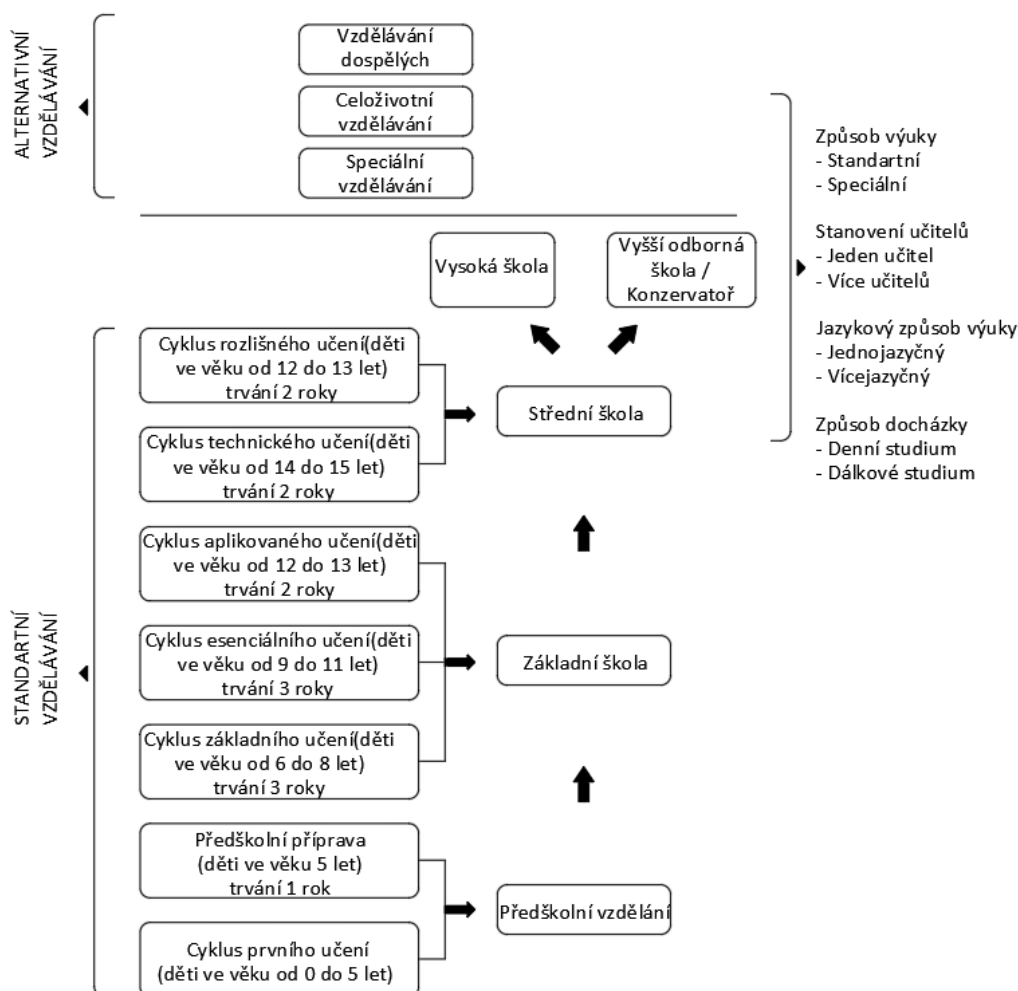
## 2.4. Systém školství

Systém vzdělávání je dán zákonem “Ley de reforma educativa N° 1565/1994“, který stanovuje 4 základní stupně vzdělání.

- Předškolní: 0 - 5 let dítě je vychovávané v rodině s posledním rokem přípravy před základní školou
- Základní: 6 - 13 lety s celkovou dobou studia 8 roky
- Střední: 14 -17 lety s celkovou dobou studia 4 roky
- Vysokoškolské / Vyšší odborné

Povinná školní docházka v délce 8 let zahrnuje stupeň základního vzdělání. Veřejné školství na všech stupních je bezplatné. Zároveň ve městech existuje i mnoho škol soukromých, především na úrovni univerzit, kde je nutné za vzdělání platit.

Se záměrem lepšího využití veřejných prostředků se zodpovědnost a finanční zdroje za zřízení, vybavení a udržování vzdělávací sítě (na úrovni předškolního, základního a středního vzdělání) přenesla na obce. (Ley 1551, Art. 13°, inciso I.). Z toho vyplývá, že administrativní proces pro povolení stavby její realizaci, či případnou finanční spoluúčast obce by byl zahájen na obecní radě San Buenaventura.



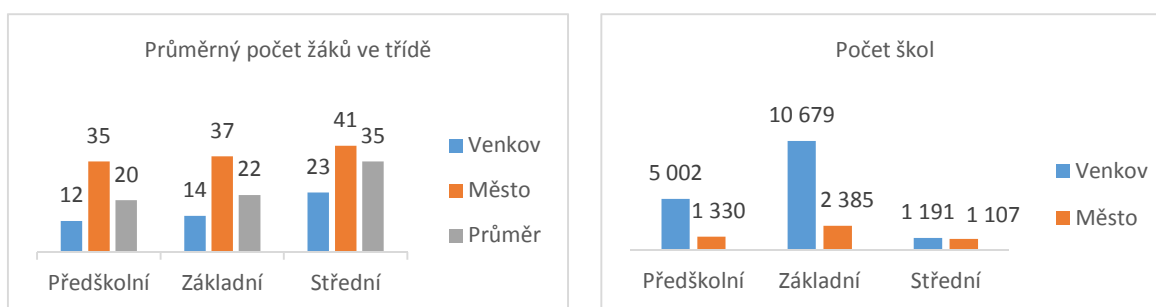
Obrázek 7 - Systém vzdělávání (3)



Školní rok v Bolívii trvá 10 měsíců. Začíná na začátku února a končí koncem listopadu s 2 měsíci hlavních prázdnin v období léta. Na základní škole se týdně učí 30 hodin a na střední mezi 34 až 37 hodinami. Vyučovací jazykem bývá španělština či jiný mateřský jazyk (quechua, aimara, atd.) v případě, že se jedná o oblast indiánské komunity. V tomto případě se druhý jazyk (španělština), který je nejdříve vyučován jako cizí, v pozdějších letech stává jazykem hlavním

V měřítku celé Bolívie je průměrná délka školní docházky 7,4 roku ve městech 9,2 roku a 4,2 roku na venkově (údaje z roku 2001). (3) Dívky v celé zemi průměrně docházejí do školy méně let než chlapci. V kontextu celé Latinské Ameriky se umísťuje Bolívie společně s Brazílií na nejspodnějších příčkách měřeno počtem osob s dosaženým nejvyšším stupněm vzděláním.

Minimální počet žáků ve třídě je 10. Z Obr. 8 je vidět, že ve venkovských částech je žáků méně (12 -25), než ve městech, kde se pohybuje počet v rozmezí 30 – 40 dětí ve třídě. Tento fakt souvisí s větším rozptýlením obyvatelstva mimo města. Na druhé straně větší počet škol na venkově odráží převážně řídkší osídlení v rámci celé země. Problémem je, že ve venkovských oblastech je nedostatek středních škol v přijatelné docházkové vzdálenosti, jakož i nízká dostupnost vysokých škol. Naopak ve městech je škol méně, jsou více zaplněny a běžně se setkáme s dvousměnnou výukou.



Obrázek 8- Vlevo: Průměrný počet žáků ve třídě; Vpravo: Počet škol dle stupně a charakteru osídlení (3)

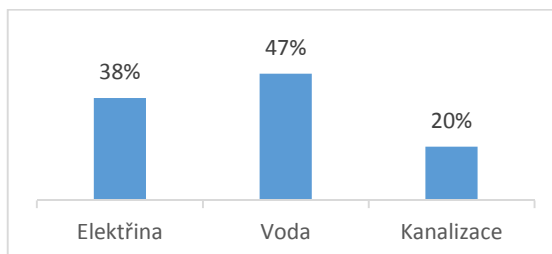
V následující tabulce je vidět, že počet žáků docházejících do školy výrazně klesá při přechodu ze základní školy na střední. Ve městech ve středním vzdělání pokračuje zhruba 1/3 žáků základních škol, zatímco na venkově se pohybujeme okolo 1/10. To opět potvrzuje problém špatné dostupnosti středních škol ve venkovských oblastech. Na druhou stranu je patrné, že v průběhu minulých let se situace zlepšovala a počet dětí docházejících na střední školy se zvyšoval ve všech oblastech.

Nivel de educación	1997	1998	1999	2000	2001	2002
<b>Primaria</b>	<b>1.578.195</b>	<b>1.549.337</b>	<b>1.578.086</b>	<b>1.631.308</b>	<b>1.666.153</b>	<b>1.717.997</b>
Rural	694.768	673.361	676.744	697.026	705.633	731.787
Urbana	883.427	875.976	901.342	934.282	960.520	986.210
<b>Secundaria</b>	<b>315.436</b>	<b>321.381</b>	<b>341.235</b>	<b>369.729</b>	<b>398.364</b>	<b>443.469</b>
Rural	61.457	65.788	68.892	76.893	85.969	99.919
Urbana	253.979	255.593	272.343	292.836	312.395	343.550

Tabulka 1 - Počet žáků na základních a středních školách dle osídlení (3)

(Legenda: Nivel de educación – stupeň vzdělání; Primaria – Základní škola; Secundaria – Střední škola; Rural – Venkov; Urbana – Město)

V podmínkách Bolívie je běžné, že velká část škol nemá zavedenou elektřinu, přístup k vodě či zbudovanou kanalizaci. To limituje výuku a použití pomůcek využívajících elektřinu jako je rádio, video, PC a podobné. Nedostatečné hygienické zázemí zvyšuje možnost šíření infekčních nemocí.



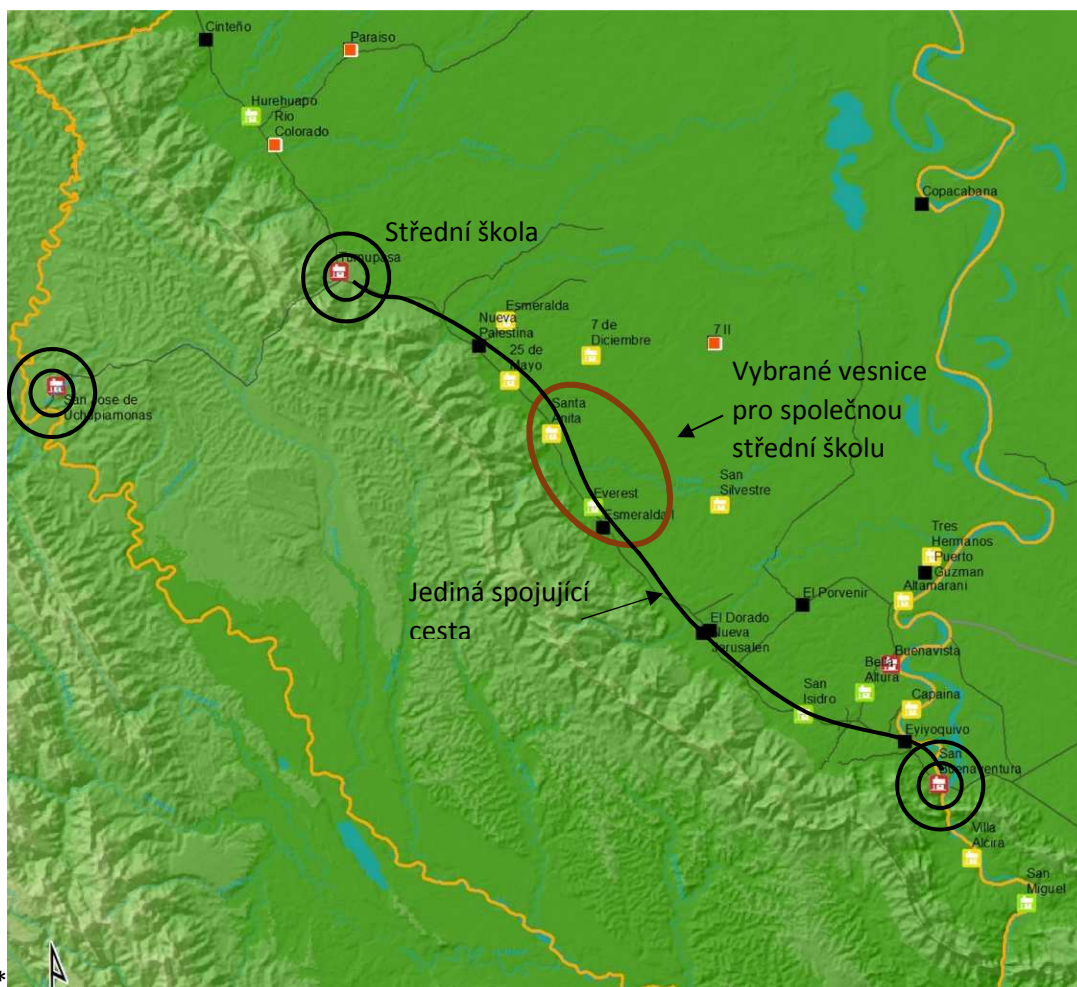
Obrázek 9 - Podíl škol s přístupem k základním službám (Údaje z roku 1999) (3)

## 2.5. Současný stav

Rozmístění škol ve vybrané oblasti je vidět na Obrázku 10. Zatímco základní školy se objevují ve většině vesnic, střední školy se nacházejí pouze ve spádových centrech (San Buenaventura, Tumupasa a San José de Uchupiamonas), přičemž vzdálenost z některých vesnic do jednoho z nich se může vyšplhat až na 30 km přičemž pravidelná veřejná doprava je zcela nedostatečná. Obtížná dostupnost středních škol koresponduje s nižším podílem obyvatel s dokončeným středoškolským vzděláním (Tabulka 2). V následující tabulce jsou uvedena čísla reprezentující stav vzdělání obyvatel žijících v oblasti spadající pod obec s rozšířenou působností San Buenaventura.

Oblast	Podíl analfabetismu	Podíl školní docházky	Nejvyšší dosažené vzdělání (%)					
			Žádné	Základní	Středoškolské	Vyšší	Jiné	Bez určení
San Buenaventura	4,0	85,7	5,0	33,5	46,7	12,3	2,3	0,2

Tabulka 2 - Nejvyšší dosažené vzdělání v kantonu (6)



Obrázek 10 - Rozmístění vzdělávacích jednotek v kantonu (7)

Legenda: Žlutá barva: základní, Fialová barva: základní a střední, Zelená barva: předškolní a základní, Černá barva: Není

## 2.6. Reference

Na následujících fotografiích jsou zachyceny současné základní školy v některých sousedních komunitách. Jedná o zděné stavby umístěné přímo na terénu s plechovou střechou, která je za deště velmi hlučná a ruší výuku. Za teplých dní dochází k přehřívání a vytváření nevyhovujícího vnitřního prostředí, jelikož prostor není provětráván či není jinak zabráněno nadměrnému ohřívání. Zděná konstrukce umístěná přímo na terénu není vhodná do oblastí charakterizovaných obdobími dešťů, kdy hrozící podmáčení a záplavy. Dále v následujících příkladech současných škol chybí zázemí, místo pro pomůcky a prostor pro společné aktivity či hraní. Vzhledem k velikosti jednotlivých vesnic místní základní škola odpovídá v zásadě jedné třídě s různým věkovým rozdělením dětí. Hygienické zázemí není součástí školy, ale je umístěno přímo v jednotlivých rodinách či je společné ve vesnici. Stejně tak obědy se odehrávají v rámci rodin a u škol tak není vyhrazen prostor pro kuchyni. Osobním vysvětlením, proč se staví školy nevhodné do určitých podmínek je, že se jedná o typové návrhy v měřítku celé Bolívie, a správa školské sítě v minulosti byla na centrálních orgánech.



Obrázek 11 – Základní škola ve vesnici 7 de Diciembre, následuje přední pohled na základní školu ve vesnici Everest a poslední je základní škola ve vesnici Esmeralda. (5)

Dalším příkladem je škola v mnou navštívené vesnici San Miguel de la Bala (Obrázek 12), kterou v nedávné minulosti postihly záplavy, a většina domů se opravovala či se stavěly nové. Škola je v provizorních podmínkách a jedná se spíše o společný prostor dopoledne sloužící pro výuku.



Obrázek 12 – Škola ve vesnici San Miguel de la Bala (vlastní fotografie)

### 3. Klimatické a geologické podmínky

Bolívie je v evropských měřítkách rozlehlou zemí a z hlediska krajiny zde můžeme najít vše od náhorních plošin a andských scenérii na západě země, přes úrodné a teplé nížiny v centrální části až po amazonské oblasti s pralesy a tropickým klimatem na severu a východě.

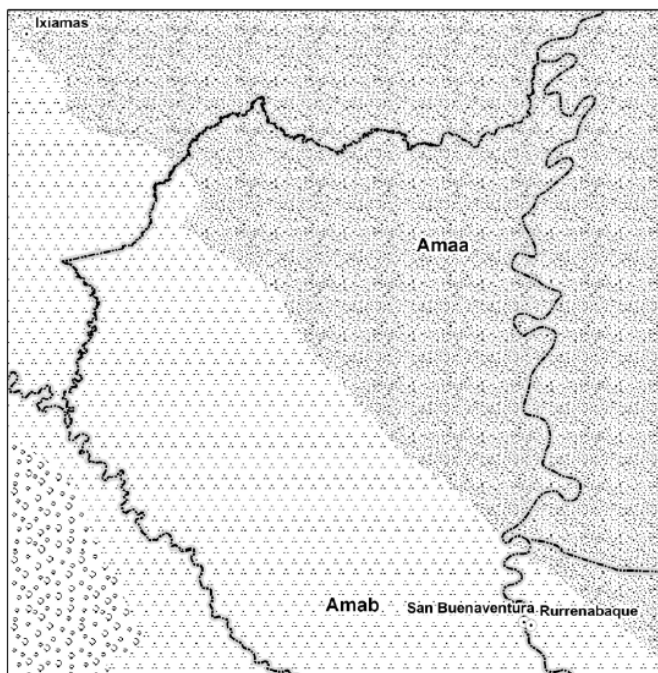
#### 3.1. Klima

Převážná část obce San Buenaventura se nachází dle Köppenovy<sup>3</sup> klasifikace podnebí v tropickém monzunovém pásu (Am). Ten se vyznačuje dvěma dominantními ročními obdobími, obdobím sucha a obdobím dešťů. V závislosti na vzdálenosti od rovníku se během roku mění průměrné teploty, které

<sup>3</sup> Köppenova klasifikace je nejrozšířenější a nejpoužívanější klasifikací podnebí. Autorem je Wladimir Köppen a je založena na rozložení teplot vzduchu a atmosférických srážek ve vztahu k vegetaci. Existuje 5 hlavních klimatických pásem a 11 základních klimatických typů.



jsou vyšší než 18°C po celý rok. Období sucha pak připadá na zimní až jarní období s nižšími teplotami, zatímco léto a podzim jsou charakterizovány deštěm a vysokými teplotami. Kolísání teplot mezi dnem a nocí je v období dešťů mírnější, cca do 10°C, oproti období sucha, kde se pohybuje okolo 10 – 15 °C. Jak již z názvu vyplývá, deště bývají dlouhotrvající a vydatné a často tak dochází k záplavám. Roční úhrn srážek bývá přes 1000 mm.



Legenda:

*Amaa – Tropické monzunové období s teplými zimními měsíci. Průměrné teploty v zimě a v létě > 23°C. Nadmořské výšky 180 – 220 m.n.m.*

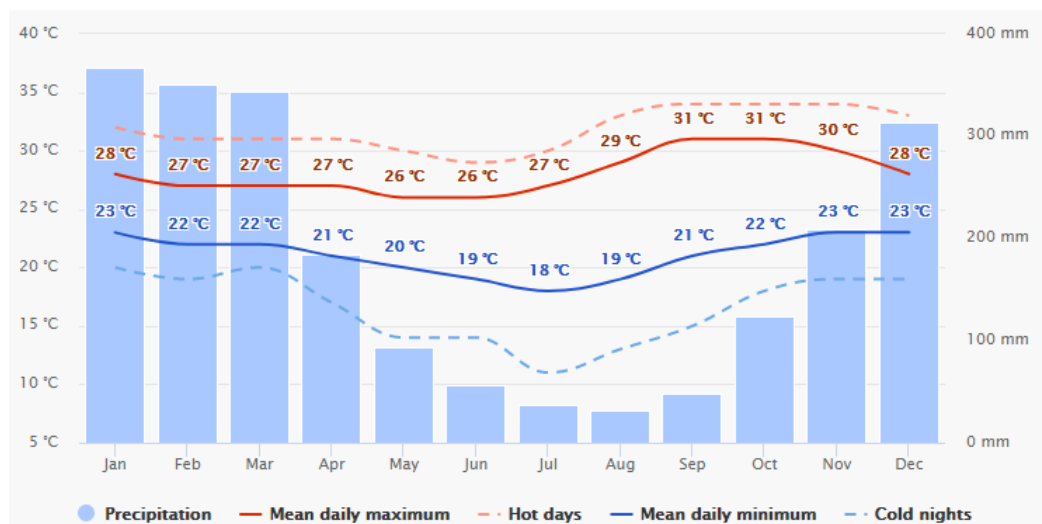
*Amab - Tropické monzunové období s teplými zimními měsíci. Průměrné teploty v létě > 23°C. Nadmořské výšky 220 – 1450 m.n.m.*

Obrázek 13 - Klimatické rozdělení oblasti (5)

### 3.2. Meteorologická data

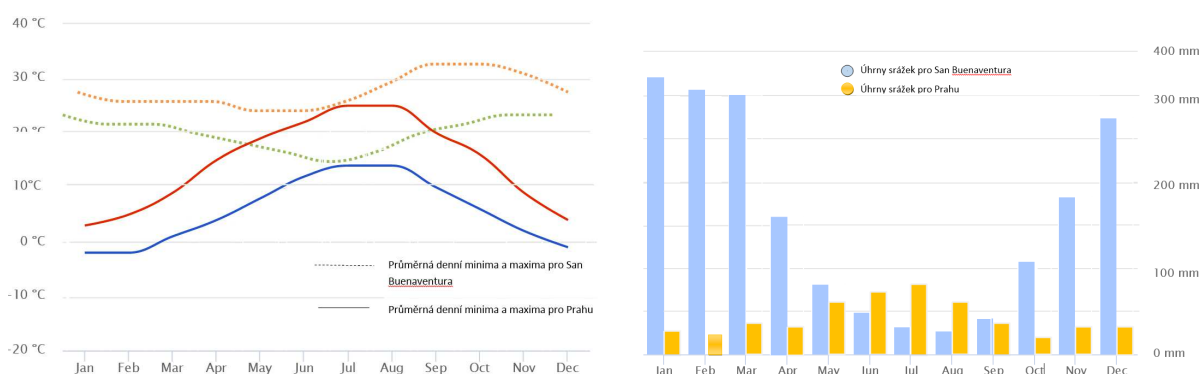
Nejbližší meteorologické stanice se od vesnice Santa Ana nachází v Tumupase a San Buenaventura. Vzhledem k umístění a nadmořské výšce je třeba uvažovat skutečné hodnoty jako jistou interpolaci mezi oběma. Rozdíl teplot na 100 výškových metrů je zhruba 0,65°C, což při celkovém rozdílu nadmořských výšek obou míst (cca 200 m) je zanedbatelná změna ve srovnání s možnými extrémními výkyvy počasí. Kompletní dlouhodobé meteorologické údaje na bolivijském hydrometeorologickém ústavu nejsou dostupné, proto jsem čerpala z jiných zdrojů. Následující obrázky jsou ze stanice v níže položené San Buenaventura.

Průměrné teploty zde během roku kolísají mezi 18° až 27°C v zimních měsících a mezi 22° až 31°C v létě. Na jižní polokouli zima připadá na období přibližně od června do srpna a léto od prosince do února. Z následujícího obrázku (Obrázek 14) je vidět, že celkový rozptyl teplot není výrazný a odpovídá klimatu Amab zmíněného nahoře.



Obrázek 14 – Teplotní rozdělení a srážky v průběhu roku (8)

Legenda: Modré sloupce – měsíční srážky; modrá spojnice – průměrná denní minima; modrá čárkovaná spojnice – teploty za studených nocí; červená spojnice – průměrná denní maxima; červená čárkovaná spojnice – teploty za teplých dní



Obrázek 15 - Srovnání teplot a srážek v San Buenaventura s Prahou (8)

Teplotní extrémů směrem nahoru do teplých dní v zásadě kopírují průměrné teploty s navýšením o zhruba 4° - 5°C. Možné noční extrémů směrem do nízkých teplot jsou nevyrovnanější a teploty mohou spadnout k 13°C. Úhrn srážek v jednotlivých měsících v roce odpovídá monzunovému klimatu. Dle dat naměřených přímo v San Buenaventura je průměrný roční úhrn srážek 1927 mm. Během deštivých měsíců naprší cca 1300 mm kdežto v období sucha je to zhruba polovina.

Dalším faktorem je rychlost a převažující směr větru především v souvislosti s potenciálním využitím alternativního zdroje energie z malé větrné stanice a umístěním sanitárních zařízení tak, aby nerušily okolí svým zápachem. Dominantní směr je od severozápadu na jihovýchod přičemž jeho rychlost po celý rok překračuje 5 km/hod, což odpovídá dle Beaufortovy stupnice rychlosti větru “větříku” a nad 12 km/hod “slabému větru”. Zmíněné rychlosti větru reprezentují převážné působení větru v průběhu roku. Rychlost se mění v závislosti na ročním období, kdy v období sucha převažuje bezvětří a v období dešťů vítr nabírá na intenzitě.



Obrázek 16 – Vlevo: Počet dní v měsíci s větrem přesahujícím jednotlivé rychlosti (km/hod); Vpravo: převažující směr větru (8)

Relativní vlhkost se drží vysoko na 85% od prosince do června, zatímco po zbytek roku se snižuje až na 73%.

Solární radiace přímo pro vesnici Santa Ana s GPS souřadnicemi (14°14'24''J; 67°45'52''Z) je následující (Tabulka 3). V porovnání, např. s Českou republikou, maxima měsíčních součtů globálního záření v letních měsících jsou podobná, okolo 160 [kWh/m<sup>2</sup>], ale vzhledem k umístění blíže rovníku, jsou v Bolívii tyto hodnoty vyrovnané po celý rok.

Měsíc	Gh <sub>m</sub>	Gh <sub>d</sub>	Dh <sub>d</sub>	T <sub>24</sub>	Měsíc	Gh <sub>m</sub>	Gh <sub>d</sub>	Dh <sub>d</sub>	T <sub>24</sub>
led	159	5.14	2.78	24.8	led	26	0.83	0.53	-0.9
úno	134	4.78	2.71	24.2	úno	45	1.59	0.86	0.4
bře	154	4.96	2.57	24.0	bře	84	2.71	1.41	3.7
đub	138	4.61	2.16	23.4	đub	124	4.13	2.06	8.2
kvě	121	3.90	1.94	22.0	kvě	155	5.00	2.47	13.2
čen	110	3.66	1.85	21.6	čen	160	5.35	2.74	16.5
čec	122	3.92	1.82	21.7	čec	160	5.17	2.62	18.7
srp	149	4.81	2.18	24.2	srp	142	4.59	2.25	18.9
zář	157	5.24	2.51	26.0	zář	95	3.18	1.62	14.0
řij	172	5.54	2.55	26.6	řij	58	1.88	1.04	9.1
lis	168	5.60	2.63	25.9	lis	28	0.93	0.60	3.6
pro	165	5.33	2.81	25.4	pro	20	0.65	0.42	-0.3
<b>rok</b>	<b>1748</b>	<b>4.79</b>	<b>2.37</b>	<b>24.1</b>	<b>rok</b>	<b>1098</b>	<b>3.01</b>	<b>1.55</b>	<b>8.8</b>

Tabulka 3 - Solární radiace ve vesnici Santa Ana a pro srovnání vpravo v Černošicích za Prahou

(Zdroj: software SolarGIS)

Legenda:

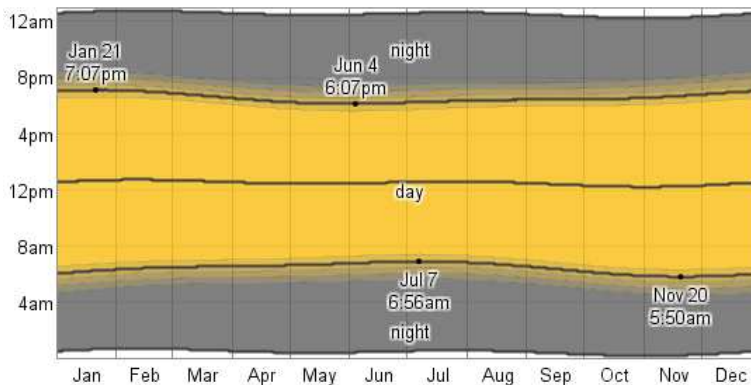
Gh<sub>m</sub> – Měsíční součty globálního záření [kWh/m<sup>2</sup>]

Gh<sub>d</sub> – Denní součty globálního záření [kWh/m<sup>2</sup>]

Dh<sub>d</sub> – Denní součty difúzního záření [kWh/m<sup>2</sup>]

T<sub>24</sub> – Denní součty teploty vzduchu [°C]

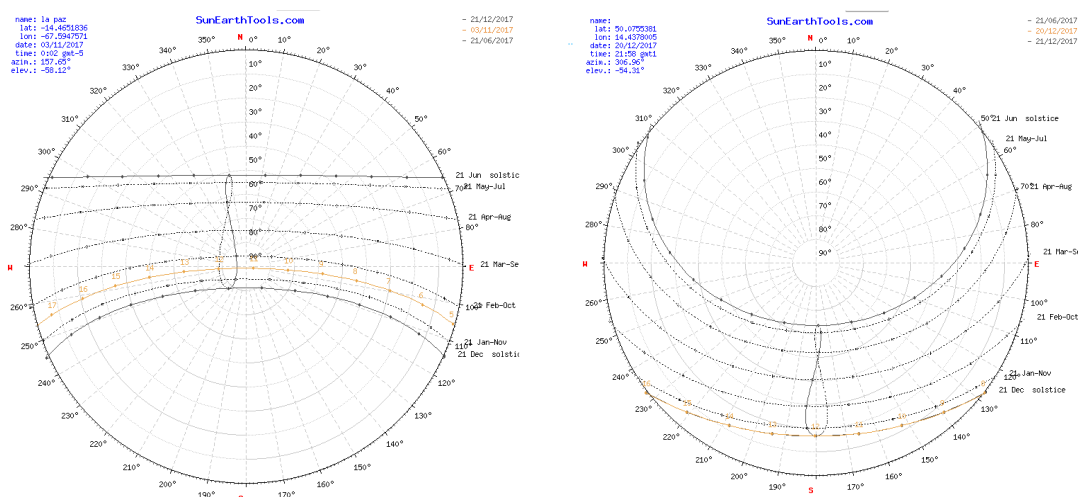
To souvisí s tím, že Bolívie je země ležící blízko rovníku, což znamená, že slunce vychází a zapadá v podobnou hodinu po celý rok a jeho dráha je téměř přímo nad ní s velmi malým odklonem (Obrázek 18).



Legenda:  
 Šedivá barva – noc  
 Žlutá barva – den

Obrázek 17 – Denní východ a západ Slunce

(Zdroj: <https://weatherspark.com/averages/33611/Rurrenabaque-Beni-Bolivia>)



Obrázek 18 -Vlevo: Sluneční dráha pro San Buenaventura; Vpravo: Srovnání se Sluneční dráhou pro Prahu

(Zdroj: [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php))

### 3.3. Geologické podmínky

Reliéf oblasti je převážně tvořen horami a pralesem s mírným svahem směrem do hor a s občasným přerušením protékající řekou. Krajina se skládá ze subtropické savany a velkých zelených ploch lesů.

Geologický profil je výsledkem vrásnění sub-andského pásu a procesu usazování na planině Chaco – Beniana. První geologický útvar představuje pohoří Manuque a del Bala. Druhý z nich je tvořen záplavovou planinou brázděnou meandrujícími řekami.

Vybraná oblast spadá pod úpatí pohoří Manuque na hranici obou geologických částí ve výšce mezi 200 až 370 m.n.m. Tvořená je naplaveninami kvartérních sedimentů, jako jsou štěrky, písky, jíly, a bahnem.

V hodnocení půdy dle metody FAO (Organizace OSN pro výživu a zemědělství) se uvádí, že v dané oblasti se vyskytuje v horních vrstvách půda hlinitojílovitá, hlinitá a hlína s plasticitou. Ve spodnějších



vrstvách se vyskytuje půda hlinitopísčítá, písčitohlinitá, hlinitojílovitá a písky. Obecně se v zemi neobjevují kamenité celky. (9)

## 4. Materiály

Jak již bylo zmíněno na začátku, místní stavitelství vychází tradičně z přírodních materiálů. Pohoří Manuque tvoří přírodní hranici NP Madidi. Území tak neleží v chráněné oblasti a je zde možné hospodářsky nakládat s přírodními zdroji. Odhaduje se, že se v oblasti nachází až 250 druhů dřevin. Ty, vedle využití k lékařským účelům, obživě či dekoraci, nachází uplatnění také ve stavební činnosti, jak pro nosné celky, tak pro kompletační konstrukce či střechy.

Těžba a zpracování dřeva jsou v této oblasti (kanton Tumupasa) významným hospodářským odvětvím přinášející soukromým společnostem vlastním potřebné těžební koncese velké finanční příjmy. Na druhou stranu se rozsáhlá těžba také podepisuje na vytváření ekologické nerovnováhy a na rázu krajiny, kdy vedle napjaté a hojné legální těžby je přítomna i ta nelegální.

### 4.1. Dřevo

Druhy dřeva určené k nosným konstrukcím:

Verdolago (*Terminalia amazonia*) – Dřevina s velkým geografickým rozsahem vyskytující se od Mexika po Bolívii v deštných pralesech v nadmořských výškách 20 – 1 200 m.n.m. Ideální podmínky pro její růst představuje jílovitá půda, ale daří se jí dobře i v jiných. Dosahuje výšky 30 až 45 m a průměr kmene se pohybuje okolo 40 – 100 cm. Pro svoji tvrdost a trvanlivost se nejčastěji využívá ke konstrukcím či na podlahy. Dřevo se svojí objemovou hmotností 580 – 700 kg/m<sup>3</sup> řadí mezi těžké. Považuje se za dobře odolné proti houbám, hmyzu a termitům napadající suché dřevo. Je nutné zmínit, že pro konstrukce spojené se zemí, existují případy napadení podzemními termity.

Mururé (*Clarisia racemosa*) - Dosahuje výšky až 40 m, ale moment kácení pro komerční účely je běžně při 20 m výšky a zhruba 80 cm průměru kmene. Dřevo se považuje za kvalitní, středně těžké (560 kg/m<sup>3</sup>), málo náchylné na prohnutí a odolné proti termitům, biologickému napadení, houbám a hmyzu napadající suché dřevo. Vykazuje dobrou zpracovatelnost bez obtíží k vrtání, použití hřebíků či jiných spojovacích prostředků.

Chonta (*Astrocarym gratum*) – Typ palmy s ostny na kmeni. Nachází se na východ od Andských podhůří až po záplavové vlhké amazonské lesy ve výškách 200 – 800 m.n.m. Dosahuje výšky okolo 15 m s průměrem kmene 20 cm. Kmen je ceněn pro svou vysokou tvrdost a odolnost a je využíván pro sloupky a podpěry v konstrukcích či pro rámy dveří a oken. Dřevo je považováno za těžké s dobrými vlastnostmi v ohybu a tlaku s malým smršťováním a odolné proti prohýbání. Bohatý výskyt taninu (třísloviny) má zřejmě blahodárný vliv na odolnost proti mikrobům.

Pro statický návrh jakékoliv konstrukce je nutno počítat se standardizovanými hodnotami jednotlivých vlastností dřeva a statistickou mírou jistoty, že budou tyto parametry splněny. K tomu je zapotřebí proces klasifikace dřevin a množství zkoušek za účelem sestavení statistických vzorců. Za tímto účelem se spojily země Andské skupiny (Bolívie, Ekvádor, Peru, Kolumbie) a stanovily společně 3 základní skupiny pevností tropického dřeva pro navrhování dřevěných konstrukcí.

Výše zmíněné druhy dřevin spadají do skupiny B. Parametry návrhových hodnot, které *Manual de diseño para maderas del grupo andino* uvádí, jsou následující (Tabulka 4).

PAIS	GRUPO	NOMBRE COMUN	NOMBRE CIENTIFICO
BOLIVIA	A	Almendrillo Curupau	<i>Taralea oppositifolia</i> <i>Piptadenia grata</i>
	B	Coquino Mururé Verdolago	<i>Ardisia cubana</i> <i>Clarisia racemosa</i> <i>Terminalia amazonia</i>
	C	Palo maría Yesquero	<i>Catophyllum brasiliense</i> <i>Cariniana estrellensis</i>

Obrázek 19 - Klasifikace dřevin do skupin (10)

Legenda: País – země; grupo - skupina; nombre común – místní název; nombre científico – latinský název

	Jednotky	Skupina			Srovnání s českými třídami	
		A	B	C	C24	D24
Modul pružnosti - $E_{0,05}$	$\text{kN/mm}^2$ - GPa	9,5	7,5	5,5	7,4	8,5
Průměrný modul pružnosti - $E_{0,\text{mean}}$	$\text{kN/mm}^2$ - GPa	13	10	9	11	10
Pevnost v ohybu - $f_{m,d}$	$\text{N/mm}^2$ - MPa	21	15	10	12	12
Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny - $f_{c,0,d}$	$\text{N/mm}^2$ - MPa	14,5	11	8	10,5	10,5
Pevnost v tlaku kolmo k vláknům - $f_{c,\perp,d}$	$\text{N/mm}^2$ - MPa	4	2,8	1,5	1,25	3,9
Pevnost ve smyku - $f_{v,d}$	$\text{N/mm}^2$ - MPa	1,5	1,2	0,8	2	2
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny $f_{t,0,d}$	$\text{N/mm}^2$ - MPa	14,5	10,5	7,5	7	7

Tabulka 4 - Návrhové hodnoty pro jednotlivé skupiny (10)

Druhy dřeva určené k sekundárnímu použití při výstavbě:

Cedro (*Cedrela spp.*, *Cedrela odorata*, *Cedrela fissilis*) – Ve vybrané oblasti se nachází velké množství odrůd cedru. Ačkoliv se jedná o drahé dřevo, jeho výhodou je lehkost a díky své hořké chuti a charakteristické vůni také odolnost proti termitům, houbám a jiným škůdcům. Snadno se vysušuje a netrpí větším kroucením a prohýbáním. Lehce se opracovává a působí dekorativně.

Jatata (*Geonoma deversa*) – Palma, kterou najdeme v hustých pralesech, ať už se jedná o rovinnou nížinu či vysočinu mezi 150 – 850 m.n.m. Listy této palmy se používají na zastřešení domů a patří vůbec k nejlepším díky své dlouhé životnosti. Listy se splétají vedle sebe do jednotlivých plátů zhruba 3 x 0,85 m dlouhých, vysuší se takto jako celek a následně se pokládají na střechu v přibližně 20 – 30 cm rozstupech odspodu nahoru. Životnost může dosáhnout až 25 let v dobrých podmínkách, čímž je míněn především vysoký sklon střechy a místo na slunci, aby se střecha vždy dobře vysušila. V případě nějakého problému je možno střechu poměrně rychle vyměnit, a jelikož převážná většina místních obyvatel bydlí v domech s jatatou na střeše, je jim tato technika dobře známá. Na vrchol střechy se zpravidla dává kus plechu k zajištění napojení a izolaci.



Obrázek 20 - Vlevo: Kladení plátů jataty; Vpravo: zajištění vrcholu střechy (vlastní fotografie)

## Bambus

Na území Bolívie se vyskytuje endemický rod bambusu *Guadua* vyskytující se v Jižní Americe.

(*Guadua paniculata*) – Tento typ roste ve výškách 200 – 800 m.n.m. Dosahuje výšky 10 m s průměrem okolo 3 cm. Nejedná se o nosný stavební materiál, nýbrž slouží k dekorativním účelům či pomocným konstrukcím.

(*Guadua chacoensis*) - Bambus dorůstající se výšky až 20 m s průměrem 8 – 15 cm a s parametry vhodnými k využití ve stavebnictví, dále používaného na výrobu nábytku. Daří se mu v nadmořských výškách 260 – 400 m v provinciích Santa Cruz a Cochabamba. V Bolívii se na bambus jako stavební materiál stále zapomíná a jeho potenciál je zatím nenaplněn. Orientační vlastnosti získané z laboratorního zkoušení. (11)

Youngův modul pružnosti	GPa	11, 2
Pevnost v ohybu na mezi únosnosti	MPa	25
Pevnost v tahu rovnoběžně s vlákny na mezi únosnosti	MPa	94

Tabulka 5 - Charakteristiky bambusu *Guadua chacoensis* (11)

(*Guadua superba Huber*) – Bambus stejných rozměrových parametrů jako *Guadua chacoensis*, ale snadno praská a tudíž je nevhodný jako konstrukční prvek.

Existují i další druhy bambusu, které se nejčastěji používají na výrobu hudebních nástrojů, zejména panova fléten. Tradičně se setkáme s bambusovými ploty či košíky. V poslední době se z něj začíná vyrábět nábytek, malé konstrukce na zahradu či se využívá k ornamentálnímu zdobení.

## 4.2. Hlína

Dalším všude přítomným přírodním materiálem je hlína. U nás především historicky používaný stavební materiál, ale v různých částech světa běžně užívaný i dnes. Na základě geologických podmínek v oblasti lze předpokládat dostupnost vhodného složení pro výrobu nepálených cihel či dusaných výplňových konstrukcí z hlíny. Nejvhodnější naplavené sedimenty jsou s nízkým podílem hrubé frakce.

K dalšímu zpracování je potřeba voda a popřípadě přidání např. dalších organických, živočišných a jiných složek za účelem zlepšení vlastností výsledného materiálu. Vzhledem k tomu, že nás nezajímá tepelně izolační chování stěn, ale spíše akustické vlastnosti závislé především na hmotnosti (i když, ne jenom na ní), neuvažují o přidávání slámy či jiného vylehčovací materiálu do směsi. Naopak příznivý účinek, bez snížení hmotnosti, na redukci napětí a smršťování mají zvířecí exkrementy.

Receptura se jemně liší pro výrobu tvárnic, dusané stěny či hliněné omítky. Na rozdíl od jiných stavebních materiálů, na zkoušky vlastností hlíny u nás není žádný předpis, proto se používají běžné zkoušky užívané ve zkušebnictví a geologických průzkumech při zjišťování vlastností zemin. Pro vzorky v místě budoucí stavby platí, že se mají odebírat z úrovně pod ornici, v hloubce 1,2 m a z úrovně dna stavební jámy. Pro všeobecné hliniště se vzorky odebírají z podorniční vrstvy z různých míst i hloubek. Vzorek hlíny má být bez organických částic, humusu a nečistot.

*“Podle Niemeyara u budov s jedním podlažím postačí správně vyhodnotit výsledky zkoušky vaznosti, smrštění a odolnosti proti působení vody.” (12)*

Doporučená granulometrie				
Velikost otvorů v sítích [mm]	Doporučená skladba		Přípustná skladba	
	Dusaná hlína [%]	Cihly, bloky [%]	Dusaná hlína [%]	Cihly, bloky [%]
40	100	100	100	100
15	66 - 100	87 - 100	66 - 100	87 - 100
10	56 - 100	72 - 100	56 - 100	72 - 100
5	40 - 75	51 - 100	40 - 100	51 - 100
2	29 - 56	37 - 69	29 - 100	37 - 100
0,5	19 - 38	21 - 45	19 - 65	21 - 100
0,008	12 - 30	15 - 35	12 - 40	12 - 50

Poznámka: Obsah organických látek nesmí být větší než 2 %. Do dusaných směsí je možno použít předem navlhčené oblázky do průměru 100 - 150 mm.

Doporučený obsah a složení jílu			
Doporučené charakteristiky		Přípustné charakteristiky	
Dusaná hlína	Cihly, bloky	Dusaná hlína	Cihly, bloky
180 < f. $I_p$ < 350	200 < f. $I_p$ < 400	170 < f. $I_p$ < 600	170 < f. $I_p$ < 500
6 < $I_p$ < 15	8 < $I_p$ < 15	5 < $I_p$ < 20	7 < $I_p$ < 20
optimum: f = 25 $I_p$ = 8	optimum: f = 25 $I_p$ = 10		
Poznámka: f - procentní podíl částic menších než 0,08 mm			
$I_p$ - index plasticity			

Třídění hlíny podle výsledku zkoušky vaznosti		
Hlína s vazností	< 250 g.500 mm <sup>-2</sup>	nevhodná pro stavby z hlíny
	250 - 350 g.500 mm <sup>-2</sup>	velmi hubená
	351 - 550 g.500 mm <sup>-2</sup>	hubená
	551 - 1 000 g.500 mm <sup>-2</sup>	středně tučná
	1 001 - 1 500 g.500 mm <sup>-2</sup>	tučná
	1 551 - 1 800 g.500 mm <sup>-2</sup>	velmi tučná
Jíl s vazností	1 800 - 2 400 g.500 mm <sup>-2</sup>	hubený
	2 401 - 3 300 g.500 mm <sup>-2</sup>	tučný
	3 301 - 4500 g.500 mm <sup>-2</sup>	velmi tučný
Poznámka: Vaznost hlíny lze zlepšit přezimováním hlíny na hromadách o několika m <sup>3</sup> (provlhčení, přemrznutí). Po přezimování je třeba zkoušku opakovat.		

Tabulka 6- Doporučené složení směsi pro výrobu nepálených cihle převzaté z literatury Hliněné stavby (12)

Při neodpovídajícím složení zeminy lze upravit křivku zrnitosti přidáním některé z frakcí. Pro zpracování směsi se použije tradiční způsob bez speciálních míchaček. Ten spočívá v rozložení směsi z odleželé hromady, případně další přísady, v tloušťce asi 200 mm a dle potřeby se vlhčí kropením vodou. Míchání směsi se provádí hráběmi až do rozmělnění hrudek hlíny. Zapojení dobytka je vítané. Prošlapávání přispívá k větší homogenizaci směsi a občasné exkrementy mohou jen vylepšit výsledné vlastnosti. Pro následné snadné dusání směsi do forem je důležitá správná vlhkost.

Forma pro nepálené cihly je obvykle dřevěná, vícekomorová, pouze s bočními stěnami. Dno je buď odnímatelné, nebo ho tvoří pouze podložka. Pro lepší vyjmutí z formy se stěny napouštějí látkou obsahující tuk. Rozměry cihly jsou 250/150/80 mm. Pro vazbu zdiva je třeba i menších forem pro výrobu polovičních cihel. Sypání hlíny do formy se provádí z max. výšky 120 mm a směs se rovnoměrně rozetře. Následuje dusání kovových pěstem. Přebytková hlína se odstraní, povrch se uhladí a forma se odejme. Takto připravená cihla se nechá ležet na podložce a vysychat po dobu 2 dnů. Potom se přemístí a uloží se na boční stěnu s mezerami 30 mm, kde dále vysychá další zhruba 3 – 4 týdny. Cihly se chrání během vysychání před deštěm i prudkým sluncem z důvodu zajištění pozvolného procesu tak, aby nedocházelo k jejich popraskání či opětovnému navlhčení. Nepálené cihly se zdí na hliněnou maltu za stejných pravidel jako při zdění z pálených cihel. Na hliněnou maltu se použije polotučná až tučná hlína.

V případě, že cihly byly vyrobeny z jemnozrnné směsi, lze tuto využít a přidat pouze vodu. Objemová hmotnost nepálených cihel bez vylehčujících přísad se pohybuje v rozmezí 1600 – 1800 kg/m<sup>3</sup>.

Hlína jako materiál má tu přednost, že dokáže dobře regulovat vlhkost a zajistit tak příjemné vnitřní prostředí. Je schopna ihned absorbovat zvýšené množství vzdušné vlhkosti a vrátit ji okamžitě zpět do interiéru při jejím poklesu. Ideální rozmezí je mezi 40 – 70%. Obsažené jílové minerály na sebe váží také škodlivé látky vyskytující se ve vzduchu. Jedná o materiál, z něhož vyrobené výsledné konstrukce mají nízké svázané hodnoty energie a emisí CO<sub>2</sub> v průběhu životního cyklu budovy.

### 4.3. Cement

Na rozdíl od České republiky je beton míchán na místě. Nejrozšířenější všude dostupnou značkou je Viacha, která nabízí portlandský cement ve dvou základních variantách.

První z nich je Cemento Viacha Estándar IP – 30 používaný pro běžné konstrukční prvky. Po prvních 3 dnech dosahuje pevnosti v tlaku > 10 MPa a po 30 dnech > 30 MPa. Obsah SO<sub>3</sub> je pod 4 % a objemová stálost podle Chatelierovy zkoušky menší 8 mm.

Druhým z nich je Cemento Viacha Estándar IP – 40 používaný především pro prefabrikované prvky, předepjaté, mosty či do stříkaného betonu. Vlastnosti jsou obdobné respektive s pevnostmi většími po 3 dnech > 17MPa a po 30 dnech > 40 MPa. (13)

### 4.4. Ocel

Ocelové nosné konstrukce patří mezi vzácné, drahé a často se neobjevují. Oproti České republice, kde užíváme evropských norem EN, v Latinské Americe včetně Bolívie se užívá standardů a označení amerických dle ASTM (Americké sdružení pro testování materiálů) či SAE (Sdružení standardů amerického inženýrství). To vychází z absence normy pro navrhování ocelových konstrukcí, které se řídí dle norem amerických. Pro stavební konstrukce a šrouby, dle *Alacero* (Latinsko - Americká ocelářská asociace) se používají následující oceli:

ASTM	$f_y$ [Ksi]	$f_u$ [Ksi]	$f_y$ [MPa]	$f_u$ [MPa]	Poznámka
A - 36	36	58 - 80	250	400 - 550	
A - 529	42	60 - 85	290	415 - 580	
A - 441	40 - 50	60 - 70	275 - 345	415 - 480	
A - 572	42 - 65	60 - 80	290 - 450	415 - 550	
A - 242	42 - 50	63 - 70	290 - 345	435 - 480	
A - 588	42 - 50	63 - 70	290 - 345	435 - 480	
A - 514	90 - 100	100 - 130	620 - 690	690 - 900	
A - 307	36	60	250	415	odpovídá šroubům 4.6
A - 325	92	120	640	800	šrouby 8.8
A - 490	130	150	890	1000	

Tabulka 7 - Meze kluzu a meze pevnosti oceli (14)

Pro výztuž do betonu, dle bolivijské normy CBH:1987 o železobetonu, se používají následující oceli:

Výztuž	Třída oceli	$f_y$ [MPa]	$f_t$ [MPa]	Povrch
AH 400 N	za tepla válcovaná	400	520	žebírkový
AH 400 F	za studena tvářená	400	440	žebírkový
AH 500 N	za tepla válcovaná	500	600	žebírkový
AH 500 F	za studena tvářená	500	550	žebírkový
AH 600 N	za tepla válcovaná	600	700	žebírkový
AH 600 F	za studena tvářená	600	660	žebírkový

Tabulka 8 - Meze pevnosti betonářské výztuže

Kromě vysoké ceny za jednotlivé prvky jako jsou např. ocelová táhla k zavětrování, je složité sehnat odpovídající vybavení ke spojům (svaření) s další konstrukcí a případně nutnost masivního kotvení, které v lehkých stavbách není snadné zajistit.

Jinou situací je hojné používání vlnitých či trapézových plechů k zastřešení domů, hal i škol. Pozinkované plechy se vyrábějí typu A 653 tloušťek 0,3 – 0,7 mm běžných šířek 1 m, 1,2 m a 1,22 m.

#### 4.5. Kamenivo

Pro kamenné základy se používá nenasákavý kámen různých velikostí i tvarů s opracovanou či hrubou lícovou hranou. Historicky se základy zdily na sucho z opracovaných kvádrů. Postupem času se začal přidávat spojovací materiál jako hliněná, vápenná či dnes cementová malta. Výhodou je, že kámen je často lokálně dostupný materiál a má dobrou únosnost. Navazující stěny je potřeba chránit před vlhkostí vložením hydroizolace. Právě její absence je nejčastějším zdrojem poruch historických konstrukcí. V případě tohoto projektu je kamenivo možné získat z koryt nedalekých řek nebo jiných blízkých zdrojů.

#### 4.6. Ochrana dřevěných konstrukcí

Dřevo jako přírodní materiál vystavený vnějšímu působení je třeba chránit zejména proti biologickému napadení. Nejčastějším zdrojem problému napadení bývá zvýšená vlhkost v konstrukci. Větší pozornost je třeba věnovat detailům, kde hrozí zatékání či podmáčení, a je také dobré dbát na dobré odvětrání konstrukce.

Trvanlivost dřeva zajišťuje impregnace chemickými prostředky aplikovanými pomocí různých metod. U prvků pozemních staveb se nejčastěji setkáme s impregnací, která se provádí vodou ředitelnými látkami. Dle způsobu provedení impregnaci dělíme na tlakovou a beztlakovou (nátěr, máčení, injektáž). První z nich, technologicky vyžadující autokláv, je účinnější, jelikož se látka dostane do větší hloubky.

Schopnost tropických dřevin absorbovat impregnaci a rovnoměrně ji rozložit se liší. Na základě těchto dvou parametrů *Manual de Diseño para maderas del grupo andino* (Příručka k navrhování konstrukcí

z dřeva andské skupiny) dělí tropické dřeviny na 4 základní typy: dobře propustné, propustné, obtížně propustné a nepropustné.

Dřevo stromu Verdolago je za použití beztlakové impregnace máčením propustné a při tlakové impregnaci dobře propustné. Dřevo stromu Mururé má vlastnosti o stupeň horší. Je nepropustné při beztlakové impregnaci, ale dobře propustné při aplikaci tlakové metody. Na druhou stranu čím tvrdší dřevo, tím je i lepší jeho trvanlivost bez dalšího ošetření. Na základě toho se volí krycí nátěry, které tvoří film na povrchu dřeva. Tím i přispívají k zpomalení pronikání vlhkosti do dřeva a jeho degradaci. Nátěry zejména v exteriéru je nutno pravidelně obnovovat, jelikož životnost se pohybuje okolo 1 - 2 let v důsledku působení UV záření a vlhkosti.

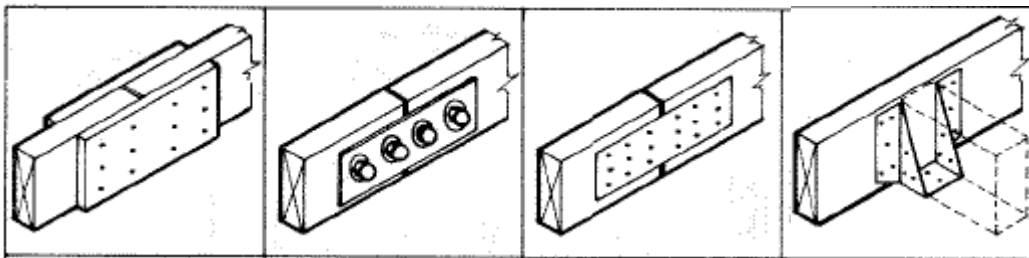
V českých normách dle ČSN EN 335-1 a ČSN EN 355-2 je ohrožení biotickými škůdci definováno 5 třídami. Pro plánovanou konstrukci školy odpovídá třída ohrožení 3. *“Dřevo v exteriéru nechráněné před působením povětrnosti a vyluhování vodou. Vlhkost dřeva je opakovaně a často vyšší než 20%. Není v trvalém kontaktu se zemí nebo sladkou vodou. Doporučuje se ochrana proti dřevokaznému hmyzu, dřevokazným houbám a plísním prostředky s účinností:*

- $F_B$  – toxicita pro houby Basidiomycetes (klasické dřevokazné houby)
- $B$  – toxicita pro dřevozbarvující houby (zamodrání)
- $P$  – toxicita pro plísně
- $l_p$  – toxicita pro hmyz preventivní
- $n$  – látky ze dřeva nevyluhovatelné “ (15)

Vybraný ochranný prostředek by měl mít patřičnou účinnost proti výše zmíněnému působení. Dále se musí ověřit jeho možné použití pro daný provoz v závislosti na zdravotní nezávadnosti ve styku s člověkem.

#### 4.7. Spoje v dřevěných konstrukcích

Vzhledem k podmínkám a dostupným nástrojům se ke spojování jednotlivých částí používají svorníky, hřebíky, kolíky a vruty. Desky s prolisovanými trny nebo hmoždíky zde nejsou běžné. Jelikož dřevo, které se používá ke konstrukcím, je listnaté s vysokou charakteristickou hustotou, je doporučeno šroubovat spojovací prostředky již do předvrtaných otvorů. Zarážením totiž roste riziko jeho rozštípnutí. Milimetrová přesnost je zde spíše výjimkou a tesařské spoje tak najdeme převážně pouze u zastřešení budovy. Vytvoření delších prvků se provádí napojením menších pomocí hřebíkových spojů.



Obrázek 21 - Příklady spojů dle příručky pro návrh dřevěných konstrukcí (10)





Obrázek 22 – Vlevo: Spojování pomocí svorníků; Vpravo: Použití hřebíků na sekundární konstrukce (vlastní fotografie)

## 5. Návrh školy

### 5.1. Úvod

Cílem mé práce je projekt, který je určený na konkrétní vybrané místo a odpovídající daným podmínkám. Styl navrhovaného objektu vychází z tradiční architektury a neodpovídá typovým školám, které se staví po celé Bolívii, prakticky velmi podobné bez ohledu na klimatické podmínky jednotlivých oblastí. Jelikož práci píši na dálku bez přímého kontaktu, v určitých otázkách (počet dětí navštěvujících školu, poskytnutí parcely, podmínky pro zakládání, atd.) vycházím z předpokladů, které odpovídají dle mého nejlepšího vědomí a úsudku nejbližše skutečnosti.

### 5.2. Plánovaný provoz

Projekt je koncipován jako střední škola určená pro čtyři vesnice (Santa Ana, Villa Aroma, Esmeralda 1 a Everest) nacházející se zhruba uprostřed dvou spádových center (Tumupasa, San Buenventura) s velkou docházkovou vzdáleností do obou z nich. Školy je umístěna v největší z komunit Santa Ana tak, aby ze vzdálenějších vesnic docházelo co nejméně dětí a případně učitelů.

Komunita	Počet rodin	Docházková vzdálenost do nejbližší střední školy
Santa Ana	56	18 km
Villa Aroma	28	Cca 24 km
Esmeralda 1	14	Cca 30 km
Everest	23	30 km
<b>Celkem</b>	<b>121</b>	-

Tabulka 9 - Počet rodin ve vybraných vesnicích pro projekt školy (5)

Počet dětí, které by ve skutečnosti chodily do této školy, je těžké určit. Nejpřesnější způsob zjištění odpovědi na tuto otázku by se jevil dotázání místních rodin. Jelikož tuto možnost nemám, uvažuji s maximálním možným počtem dětí 72 za předpokladu, že rodina má 1-2 děti a z nichž menší počet by byl ve věku 14-17 let. Minimální počet pro otevření třídy je 10 studentů. Pro pokrytí celého vzdělávacího cyklu jsou zapotřebí 4 třídy. Každá určená pro jeden ročník.

Školní výuka bude probíhat 10 měsíců v roce od začátku února do konce listopadu s dvouměsíčními hlavními prázdninami v prosinci a lednu a s dalšími dvěma týdny volna v průběhu školního roku dle standardního modelu výuky zakotveného v legislativě. Pro střední školu je výuka stanovena na 34 hodin týdně a pro závěrečný ročník pak na 37 hodin, což odpovídá zhruba 7 hodinám denně. Vyučovací hodina trvá 45 minut.

Provoz je plánován jako jednosměrný od pondělí do pátku, se začátkem vyučování od 9 hodin dopoledne z důvodu dostupnosti z vesnic Esmeralda 1 a Everest vzdálených zhruba 12 km. Percentuálně se jedná o asi 30% dětí (zhruba 22 dětí), z maximálního počtu žáků školy. V této souvislosti by bylo užitečné projednat s jednotlivými vesnicemi jejich možnou dopravu tam a zpět. Vzhledem k tomu, že nejdeštivější měsíce v roce jsou v období hlavních prázdnin, v období výuky by měla být silnice. Umístění školy do jedné vesnic oproti variantě na půli cesty jsem navrhla z důvodu optimální dostupnosti, zavedené pitné vody, blízkosti správce bez nutnosti samotného bydlení u školy jakož i z důvodu rychlejší reakce na případný požár či jiné katastrofy. Pro vybrané řešení hovoří i to, že vesnice Villa Aroma, která je nejbližší středu docházkových vzdáleností, je malá bez možnosti na napojení na zdroj pitné vody.

Pro fungování školy se počítá se 4 až 5 učiteli, správcem a personálem kuchyně, kteří budou do školy docházet. Celkem se počítá s 12 dospělými. Prostory školy také skýtají možnost sekundárního využití místními obyvateli (např. hřiště, místo pro shromáždění rodičů, pořádání kulturních akcí).

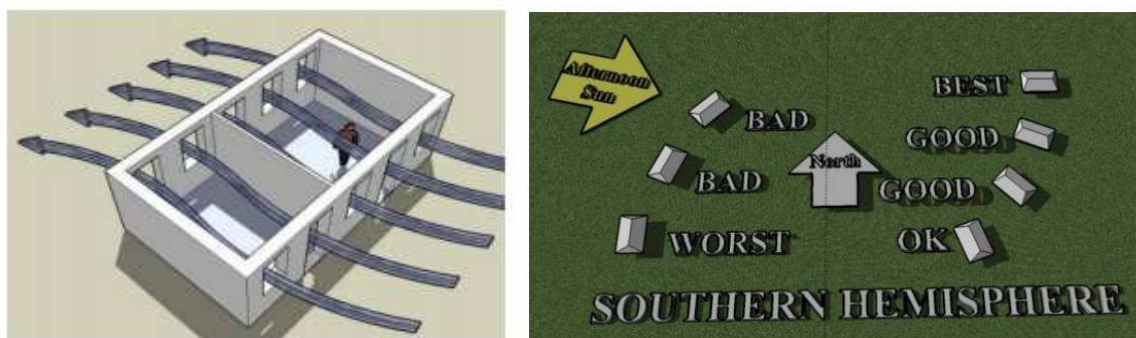
Celý proces projektu, přípravy a případné následné realizace by se musel koordinovat s obecní radou na základě zájmu a podpory místní komunity. Stejně důležitá by byla i otázka poskytnutí parcely, zapojení se vesnic do výstavby a zejména zabezpečení následného provozu a údržby.

### 5.3. Dispozice

Škola má tvar písmene "L" s odděleným hygienickým zázemím pro děti a dospělé. Konstrukce toalet má oproti škole odlišné zastřešení i jeho sklon, jelikož zde budou umístěny solární panely. Vzhledem k tomu, že hlavním problémem v teplých klimatech je přehřívání budov, jsou třídy orientovány paralelně ve směru východozápadním s okny na sever, odkud přichází nejvíce osvětlení během dne, protože jsme na jižní polokouli. Tato dispozice zabraňuje velkým solárním ziskům přicházejícím z východní a západní strany pod malým úhlem a usnadňuje stínění oken, která jsou vystavena během dne oslunění pod vyšším úhlem. Dalším prvkem chránícím budovu proti ohřívání je zastíněná průběžná chodba a přesahující střecha po celém obvodu školy. Vytvoření stínu pomocí venkovní vegetace je také účinnou strategií, která však může začít efektivně působit až za několik let.

Důležitým aspektem je také převažující směr větru pro umístění otvorů a zajištění přirozené ventilace. Z větrné růžice je patrné, že v oblasti převažuje směr jihovýchodní, což odpovídá i orientaci oken u navrhovaného objektu. Tím by mělo ve třídách docházet k dobrému větrání způsobeného vnějším prouděním vzduchu. Snahou je mít co nejvíce otvorů, zajištěných pouze moskytiérou bez zasklení, a otevřených prostor za účelem ochlazování prostředí. Malý rozdíl teplot mezi dnem a nocí i během období dešťů vede k výběru lehké konstrukce bez akumulčních vlastností tepla. Naopak její

nevýhodou je malá akustická neprůzvučnost, která nevyhovuje pro sousedící třídy. Proto mezi nimi jsou dělící příčky navrženy také z přírodních materiálů, ale s mnohem vyšší objemovou hmotností a tím pádem i s lepšími vlastnostmi z pohledu akustiky.



Obrázek 23 - Vlevo: Umístění otvorů ve směru převažujícího vánku pro ochlazení vnitřních prostorů; Vpravo: Hodnocení orientace budovy vůči Slunci na jižní polokouli (16)

Celý objekt je vyvýšen 110 cm nad úroveň terénu ze dvou hlavních důvodů. Prvním z nich je přispění k ochlazení budovy a umožnění proudění vzduchu i pod konstrukcí. Druhým je ochrana před zaplavením v období dešťů. Světlá výška pod nosným systémem bude dostatečná (alespoň 0,5 m) k prolezení dospělého člověka. Nebude také vytvářet tmavou nízko skulinu, kde by se shromažďovali hlodavci či jiná zvířata. Celý spodek bude vysypán štěrkem, aby nedocházelo k velkému prorůstání plevelem. Všechny prostory jsou navrženy se světlou výškou 3,2 m a s navazující konstrukcí střechy se sklonem 45° za účelem vytvoření vzdušného prostoru a komínového efektu. Střecha nad hlavní budovou má sedlový tvar, je tvořena dřevěnou konstrukcí a zastřešena palmovými listy jataty. Vysoký úhel střechy zároveň zvyšuje její trvanlivost. Vzhledem k tomu, že v přímé blízkosti školy nebude hustá vegetace, která by zastíňovala střechu, budou splněny předpoklady pro její maximální životnosti a dobré fungování.

Co se týká architektonického uspořádání, tak v delší části budovy se nalézají čtyři třídy, kabinet pro učitele se nachází v pomyslném rohu písmena "L" a navazuje na společný prostor jídelny. Na druhém konci chodby je umístěn sklad pro pomůcky, učebnice či jiné předměty, a technická místnost. V druhé části školy se pak nachází otevřená jídelna, lemována bambusovými kmeny, a kuchyně. Ta je umístěna co nejdále od tříd, aby se v době přípravy oběda rušila co nejméně. Zároveň je tak i zajištěn snadný přístup pro zásobování potravinami. Vstupní schody do školy mohou sloužit pro žáky jako místo k povídání a scházení se; za třídami je místo určené pro hřiště.

Umístění obou záchodů je zvoleno tak, že převažující jihovýchodní směr větru případný zápach ze suchých záchodů bude odnášet směrem pryč.

V blízkosti toalet pro žáky bude umístěn tank na dešťovou vodu. Je totiž užitečné kontrolovat příchozí objem vody ze srážek a účelně s ním zacházet, kde je to možné (splachování pisoárů, úklid). Odpadní vody z obou hygienických zařízení jsou řešeny septiky a navazujícími kořenovými čistítkami.

Vzhledem ke skutečnosti, že školu bude spravovat samotná komunita jako společný majetek, prostory bude možné uzamykat. To dává žákům jak možnost nechávat si některé věci či pomůcky ve škole, tak v případě potřeby zamykat technická zařízení a skladované věci.

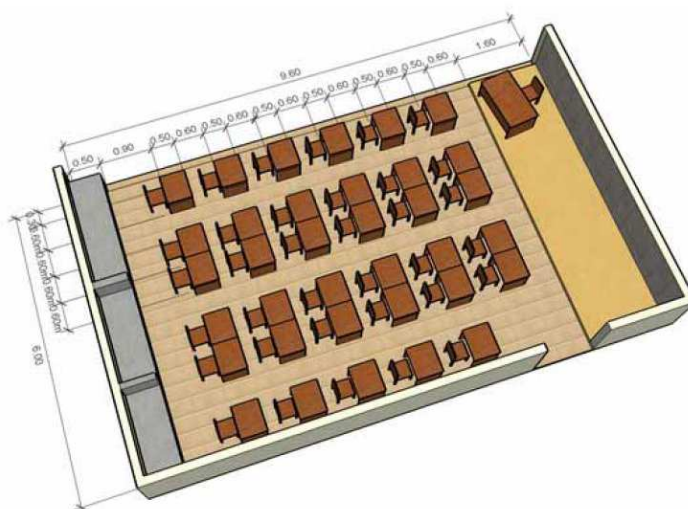
Pro navrhování školních prostor bolivijská norma chybí, proto potřebné plochy jednotlivých místností vychází z peruánské technické normy pro základní a střední školy<sup>4</sup>. Peru patří do zemí Andské skupiny,

<sup>4</sup> Normas técnicas para el diseño de locales escolares de primaria y secundaria - Ministerio de Educación



### 5.3.1 Třídy

Rozměry třídy a lavic pro žáky vychází ze standardů, jež jsou společné pro všechny země Andské skupiny. Jedna třída má kapacitu 18 žáků a je rozdělena na 3 řady po 3 dvojlavicích. Rozměry třídy jsou 6,3 m x 5,6 m a splňují hygienický požadavek na minimální prostor v učebně na jednoho žáka, který překračuje dané minimum 1,64 m<sup>2</sup>. Zajímavé je porovnání této hodnoty s českou normou, která je téměř identická – 1,65 m<sup>2</sup>. V předu je 1,6 m pás prostoru u tabule a pro učitele. Katedra je oddělena od první řady lavic mezerou a dále jsou stoly řazeny za sebou s rozestupem 0,6 m. Stůl je dle normy hluboký 0,5 m a pro jednoho žáka široký 0,6 m. Šíře průchozí uličky je stanovena na 0,6 m, krajní lavice jsou od zdi vzdáleny minimálně 0,3 m. Na konci třídy je prostor pro pomůcky, učebnice či věci vyrobené přímo žáky. Dané uspořádání se může měnit v závislosti na dané aktivitě ve výuce. Světlá výška místnosti by měla být větší nebo rovna 3 m v závislosti na klimatu místa.



Obrázek 24 - Uspořádání třídy (17)

Umístění tabule a směr lavic je uzpůsobeno tak, aby pravákům světlo padalo do písma, tedy aby bylo při pohledu na tabuli nejvíce oken na levé straně. Další přirozené denní osvětlení bude do třídy z oken na protější straně od průběžné chodby. Ve třídách bude zároveň instalováno umělé osvětlení, které bude využíváno zejména v ranních hodinách, případně ve dnech, kdy bude zataženo, a které bude napájené z elektřiny vyrobené solárními panely.

Povrchy – Na podlahy stejně jako v celém objektu kromě toalet budou použita prkna z cedru. Ačkoliv toto dřevo obecně patří do dražší cenové kategorie, jedná se o místně dostupný materiál a jeho výhodou je vysoká trvanlivost a odolnost proti různým druhům napadení a deformacím, jelikož podlaha bude vystavena venkovnímu působení. Dalším předností je příjemný estetický dojem.

Na stěnu do exteriéru bude použito lehké skladyb z dřevěných prken venku držících na dřevěném rámu ze sloupků a příčlů a zevnitř vyplněno vyplétanými rohožemi z palmových listů. Tuto výplňovou stěnu navrhuji použít z toho důvodu, že zvuk šířící se směrem ven neruší ostatní a navíc nezadržuje teplo ve třídě. Naopak dělicí stěny mezi třídami a do chodby budou vyplněny z nepálených cihel. Celková poměrně vysoká hmotnost stěny zajistí akustický komfort mezi jednotlivými učebnami. Z tohoto důvodu bude stěna dosahovat až střešky a lícovat s jejím tvarem (na způsob štítové stěny), jelikož nutné napojení stěny a možného podhledu nutného k zachování zvukové neprůzvučnosti by snížilo provzdušnění prostoru. Stěna z nepálených cihel převážila nad variantou dusané stěny z důvodu

poměrné technické náročnosti pro dosažení uspokojivé konečné povrchové úpravy a také pro složité podmínky dusání ve výšce a stěny kopírující tvar střechy. Tloušťka stěny bude 25 cm.

### 5.3.2 Kabinet

Kabinet je koncipován jako místnost pro učitele pro přípravu na hodiny, nezbytnou administrativu, ředitele a porady učitelů mezi sebou. V neposlední řadě by měl sloužit i jako místo pro jejich odpočinek. Vedou z něj schody směrem na toalety dospělých, které jsou oddělené od objektu. Rozměry kabinetu jsou 5,6 x 3,3 m a splňují požadavek na min. plochu 18 m<sup>2</sup>.

Povrchy - Všechny stěny kromě té sousedící se třídou jsou řešeny jako lehké příčky; bude použito stejné řešení lehké příčky jako ve třídách a v celém objektu. Čtvrtá stěna, dělící kabinet a třídu, navazuje na těžké stěny z nepálených cihel použitých pro akustický útlum tříd.

### 5.3.3 Jídelna

Jídelnu tvoří celý otevřený prostor mezi kuchyní a kabinetem přístupný hlavní chodbou a vstupním schodištěm. Na druhé straně je jídelna ohraničena dekorací z kmenů bambusu tvořící neprůchozí a stínící stěnu. V jídelně je celkem umístěno 5 velkých podlouhlých stolů s lavicemi na každé straně. Není rozděleno sezení pro žáky a učitele. Stoly jsou dlouhé 4 m a široké 0,7 m. Uličky mezi nimi jsou stejně jako ve třídách široké 0,6 m. Oběd bude vydáván oknem z kuchyně, u kterého jsou umístěna dvě umyvadla pro mytí rukou před jídlem. U výdejního okna bude i místo pro vrácení nádobí zpět do kuchyně. Zároveň prostor může sloužit ke společným aktivitám více tříd naráz. Rozměry jídelny jsou 5,7 x 14 m a splňují požadavek na min. plochu 49 m<sup>2</sup>.

Jídelna je koncipována na smíšený provoz, kdy najednou nepojme všechno osazenstvo, ale jen okolo 80% všech. Avšak reálný výdej jídla a odlišné konce hodin jednotlivých tříd povede k přirozené výměně u stolů v době oběda.

### 5.3.4 Kuchyně + Sklad

Kuchyně s volně propojenou spíží na potraviny a nápoje se nachází na konci jedné z částí školy. Kuchyně má co možná nejvíce otvorů pro volné proudění vzduchu, jelikož se jedná o nejteplejší provoz. Směrem do jídelny má umístěné velké výdejní okno a velká okna do všech stran. Kromě hlavního vstupu z průchozí chodby je zde i východ k toaletám, který slouží i jako další úniková cesta v případě požáru. Na kuchyni je kladen požadavek na minimální plochu 12 m<sup>2</sup>.

Do kuchyně bude zavedena pitná voda přímo z místního vodovodu. Odpadní voda bude vyvedena do septiku a kořenové čističky umístěných za toaletami. Jídlo se bude ohřívat na plynových bombách.

Sklad pro potraviny a nápoje má pouze jedno okno z důvodu ochrany před zvířaty a přímým sluncem. Pro dobrou světelnou pohodu bude instalováno umělé osvětlení. Z boku má sklad vlastní vchod pro zásobování.

### 5.3.5 Technická místnost

Technická místnost má sloužit především správci školy a bude v ní umístěno technické vybavení spojené s instalací solárních panelů, jako je regulátor, střídač napětí, akumulátor, náhradní autobaterie pro případ výpadku proudu, hlavní rozvaděč, pojistky, atd. Tato místnost je umístěná na konci budovy z důvodu menší frekvence používání.

Povrchy – Stěny jsou kombinace lehké a těžké varianty stěn použité v celé budově. Místnost bude mít denní i umělé osvětlení.



### 5.3.6 Sklad

Místnost pro ukládání učebnic, pomůcek k výuce, náhradních lavic, věcí na úklid apod. Její umístění ve škole, nižší využití a pohyb osob v průběhu dne tvoří bariéru mezi vyučovacími třídami a toaletami žáků. Plocha splňuje požadavek na min. 10 m<sup>2</sup>.

Povrchy - Stěny jsou kombinace lehké a těžké varianty stěn použité v celé budově. Místnost bude mít denní i umělé osvětlení.

### 5.3.7 Záchody pro žáky

Záchody jsou odděleny pro dívky a chlapce. Ve svém návrhu vycházím z předpokladu, že celkové rozložení žáků z hlediska pohlaví je vyrovnané. Tento předpoklad je založen na údajích zprávy bolivijského Ministerstva školství platné ke konci roku 2001. Obrázek 25 zahrnuje údaje za všechny střední školy v letech 1992 a 2001.

Grupos de edad	1992			2001		
	Total	Masculino	Femenino	Total	Masculino	Femenino
<b>14 a 17 años</b>	<b>562.876</b>	<b>279.723</b>	<b>283.153</b>	<b>729.350</b>	<b>366.847</b>	<b>362.503</b>
Rural	211.542	110.518	101.024	249.745	133.374	116.371
Urbana	351.334	169.205	182.129	479.605	233.473	246.132

Obrázek 25 - Počet dívek a chlapců na středních školách (3)

(Legenda: Grupos de edad – věková skupina; Rural - venkov ; Urbana - město; Total - celkem; Masculino - muži; Femenino – ženy)

Kapacita toalet splňuje požadavky českých norem na hygienická zařízení ve školách <sup>5</sup>.

Počet hygienických zařízení ve školách a školských zařízeních se stanoví takto:

- v předstínkách záchodů 1 umyvadlo na 20 žáků,
- 1 záchod na 20 dívek,
- 1 pisoár na 20 chlapců,
- 1 záchod na 80 chlapců,
- 1 hygienická kabina na 80 dívek

V porovnání s bolivijskou vyhláškou pro sanitární instalace jsou české normy mnohem přísnější. Požadavek na sanitární vybavení ve školách je 1 záchod na 50 osob (ženy i muži, pisoár není vymezen) a stejně tak 1 umyvadlo na 50 osob.<sup>6</sup> Nicméně v případě suchých záchodů o počtu rozhoduje potřebný objem komor pro ukládání odpadu. Při maximálním počtu 72 žáků a jejich rovnoměrném rozdělení připadají na dívky i chlapce 3 kabinky a 3 umyvadla. Pro chlapce bude k dispozici jeden společný pisoár.

Záchody jsou koncipovány jako suché se střídáním mezi 2 komorami. U dívek je záchod uzpůsoben na separaci tekutého a pevného odpadu, u chlapců je tento problém řešen především společným pisoárem. Oddělený pevný odpad se po správné kompostaci, kdy se stává zdravotně nezávadným, nechá vyvést a použít jako kompost. Moč je naproti tomu sterilní a nechá se naředěná vodou v poměru asi 1:8 použít jako hnojivo nebo se může nechat vsakovat do země. Odpadní vody z umyvadel budou

<sup>5</sup> Vyhláška č. 410/2005 Sb. - Vyhláška o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých

<sup>6</sup> Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias – Ministerio de Medio Ambiente y Agua

vyústěny přímo do kořenové čističky za budovou. Toalety dospělých na druhé straně objektu budou fungovat na stejném principu. Tato problematika je podrobněji řešena v kapitole zabývající se suchými záchody.

Povrchy – Jelikož se jedná o velmi namáhaný provoz, stěny budou obloženy obklady do výšky 1,8 m a na podlaze budou položeny dlaždice. Jedná se o snadno udržovatelný, nenasákavý a voděodolný materiál. Ačkoliv se materiál musí dovézt a není běžný ve vesnicích, jeho výhody pro účel školy převažují. Celý prostor je napůl otevřený, kdy volné strany lemují volně umístěné kmeny bambusu.

### 5.3.8 Záchody pro učitele a personál

Záchody jsou umístěné mimo objekt, vyvýšené na stejnou úroveň jako celá škola a orientované ve směru převažujícího větru mimo budovu. Jsou odděleny pro muže a ženy. Celkem jsou navrženy 2 kabinky s dalšími 2 pisoáry pro pány a 2 umyvadla. Konstrukce střechy je z plechu s min. sklonem směrem na sever. To je nejpříznivější natočení pro solární panely, které na ní budou umístěny. Vyvýšení má výhody jako gravitační svádění odpadních vod, snadná obsluha kompostovacích komor, přívod vzduchu a vytvoření aerobních podmínek ke kompostaci. Oba záchody jsou orientovány zády k sobě nejen z důvodu zbudování pouze jedné společné komory pro 2 sousední kabinky, ale i pro potřebu menšího množství navazujících prvků s tím spojených, lepšího zaplnění a využití prostoru, jelikož se předpokládá využití max. 12 osob celkem.

### 5.3.9 Požadavky na základní vybavení a připojení na veřejné služby

Pro venkovské oblasti je povoleno (17) :

- Pitná voda - vzdálená max. 250 m, povolené čerpání ze studně, která je chráněná, příslušně autorizovaná a viditelná
- Kanalizace – je povolen septik či biodigestor, umístěn na vlastním pozemku v min. vzdálenosti 10 m od dalších budoucích staveb.
- Elektrická energie – možnost připojení do vzdálenosti < 100 m nebo použití generátorů el. energie
- Veřejné osvětlení – není nutné
- Plyn – není nutné
- Telefon – není nutné

Použití suchých záchodů pro školu je možné dle *Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyecto de Agua y Sanamiento con Tecnologías Alternativas*. Příklady realizace jsou zobrazeny na následujících obrázcích.



Foto 2.8. Escuela de Puka Pampa - Cbba.



Foto 2.11 Baño ecológico escolar  
Localidad: Gualaguagua – Mun. Reyes - Beni



Obrázek 26 - Příklady realizace suchých záchodů pro školu (18)



## 5.4. Konstrukční řešení

Návrh nosného systému vychází z dispozice budovy a klimatických podmínek oblasti. Je zvoleno skeletové uspořádání ze dřeva doplněné o tuhé stěny z nepálených cihel. Střechu tvoří hambálkový krov s kleštinami u dolního okraje pro zachycení vodorovných sil. Mezi vazby jsou hustě položeny pláty s palmovými listy. Podélné zavětrování střechy je provedeno ondřejskými kříži z dřevěných prken přibitými zevnitř. Příčné zatížení je přenášeno přímou ohybovou tuhostí vazby.

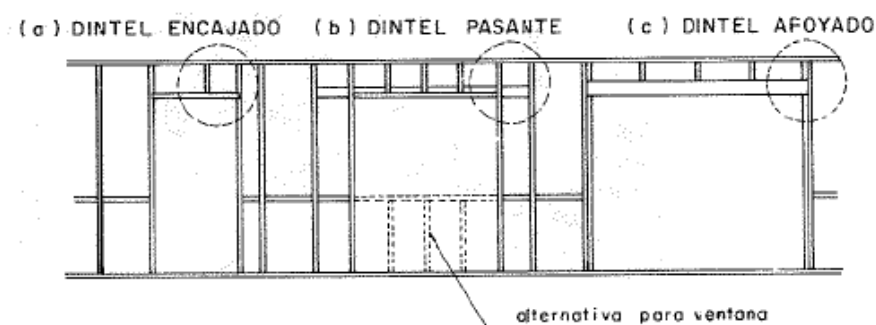
Podporou pro krokve je průvlak uložený na sloupech. Ohybově a smykově pak přenáší zatížení do sloupů. Sloupy v otevřené chodbě jsou v každé druhé vazbě zajištěny pásky pro zavětrování objektu. V lehkých příčkách tvoří ztužení umístěné vzpěry v celé spodní oblasti pod okny a v rozích na výšku celého pole. Těžké příčky u tříd jsou z nepálených cihel s otvory do chodby, pro okna a dveře, u kterých budou dřevěné překlady. Na styku stěny se střechou je osazen dřevěný opracovaný prvek, který při kontaktu s krokviemi (např. při průhybu) vytváří kluznou plochu. Těžké příčky budou založeny na samostatných kamenných základových pasech. Zbytek konstrukce je založen na betonovém roštu pro rovnoměrné rozložení zatížení a z důvodu příčného ztužení, aby se zamezilo systému kyvných stojek pro příčné zatížení. Mezi kamenný základ a nepálené cihly se vloží hydroizolace tvořená pryžovým pásem, stejně jako v kapsách pod uložením dřevěných průvlaků a trámů.

Pro výpočet vnitřních sil na konstrukci bude použit software Scia Engineer.

### 5.4.1 Lehká příčka

Mimo prostory tříd jsou z důvodu klimatu (vysoké teploty a vlhkost) použity jako dělicí konstrukce lehké příčky. Systém se podobá provedení stěn u moderních lehkých skeletů *Plattform frame* či dřívějším hrázdným stěnám. Sloupky jsou poměrně hustě (600 – 800 mm) rozepřeny příčlemi u podlahy, pod a nad okny a na úrovni výšky stropu. V rozích jsou vloženy dřevěné vzpěry na celé pole a dále v celé délce pod úrovní oken. Do exteriéru je rám obložen dřevěnými prkny v tloušťce 2'' (~5cm) přibitými na rozpěry. V interiéru se jednotlivá pole zakrývají vyplétanými rohožemi z palmových listů. Prvky mají průřez 6,5 x 6,5 cm a je tak zajištěn nutný min. rozměr 38 mm pro dřevěný rám nechráněný pláštěm z důvodu požární odolnosti. U okrajů prken je předepsána rozteč hřebíků max. 150 mm a vrutů 250 mm.

Okna v celém objektu tvoří pouze dřevěné rámy zajištěné zvenku moskytiérou. Zevnitř je osazen slunolam pro regulaci přirozeného osvětlení. Večer je možné slunolam sklopit a zajistit tak uzamknutí prostor. Dveře mají rámovou zárubeň.



Obrázek 27 – Vlevo: Schéma lehké příčky (10); Vpravo: Příklad realizace

(Zdroj: [https://www.tripadvisor.cz/Hotel\\_Review-g2184500-d316599-Reviews-Chalalan\\_Ecolodge-Madidi\\_National\\_Park\\_Beni\\_Department.html](https://www.tripadvisor.cz/Hotel_Review-g2184500-d316599-Reviews-Chalalan_Ecolodge-Madidi_National_Park_Beni_Department.html))

## 5.4.2 Těžká příčka

Těžké příčky jsou tvořeny z nepálených cihel vyráběných na místě stavby v rozměru 250 x 150 x 80 mm na hliněnou maltu. Příčka je pružně spojená se střechou, ale nepřenáší žádné zatížení ze střechy, pouze nese sama sebe. Zároveň vlastní tíhou působí k přenesení vodorovných sil ze zatížení větrem a ztužuje tak část objektu. Stěny jsou vodorovně a příčně provázány. Tloušťka stěn je 250 mm a lokálně u sloupů zesílena k vytvoření vhodného tvaru ztužení. Jelikož vlastnosti hliněných výrobků jsou citlivé na množství vlhkosti, stěna je chráněna hydroizolací od základů a obložena dřevěnými prkny na fasádě směrem k hřišti a v rozích, kde by docházelo k přímému působení deště.

Ověření napětí v tlaku v patě stěny od vlastní tíhy:

- Výška v nejvyšším místě stěny  $h = 7,3 \text{ m}$
- Tloušťka stěny  $t = 0,25 \text{ m}$
- Objemová tíha  $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$
- Pevnost zdiva závisí na složení hliněné směsi, kvalitě zpracování, stabilizaci a vlhkosti. Pro směs ruční výroby s objemovou hmotností  $\rho = 1862 \text{ kg/m}^3$  byla zkouškami naměřena průměrná pevnost cihel 3,19 MPa a průměrná pevnost zdiva 1,19 MPa (12)

Napětí v patě stěny od vlastní tíhy

$$\sigma = \frac{(18 \cdot 7,3 \cdot 0,25 \cdot 1 \cdot 1,35) \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 250} = 0,18 \text{ MPa} < 1,19 \text{ MPa}$$

Je tedy zřejmé, že stěna v bodě nejvyšší výšky sebe sama unese.

## 5.4.3 Zatížení

Výpočet zatížení a následný statický výpočet bude proveden dle české normy (ČSN 1995-1-1) s přihlédnutím k místním podmínkám, jako je např. rychlost větru, charakteristiky dřeva či návrhové rozměry přizpůsobené dostupnosti profilů v palcích.

Vlastní tíha bude počítána přímo v softwaru Scia Engineer se zadanými vlastnostmi a objemové hmotnosti dřeva Mururé pro nosné konstrukce.

Střecha

	Charakteristické zatížení
Stálé zatížení	[kN/m <sup>2</sup> ]
pláty jataty 3 x 0,8 m váží 15 lbs~7,3 kg = 2,5 · 8 / 100 =	0,20
- zatížení na 1 m~2,5 kg	
- pokládá se zhruba 8 plátů na 1 m	
výšky (po dvojicích v rozpětí 0,25 m)	
Proměnné zatížení	
Kategorie H - Střechy nepřístupné s výjimkou běžné údržby a oprav	0,75

## Podlaha školy

	Charakteristické zatížení
Stálé zatížení	[kN/m <sup>2</sup> ]
cedrová prkna	
- objemová hmotnost 400 - 500 kg/m <sup>3</sup>	= 500.0,051 / 100 = 0,26
- tl. prken 2'' ~ 5,08 cm	
Proměnné zatížení	
Kategorie C1 - plochy ve školách, jídelnách	3,00
lehké příčky z dřevěných sloupků a rozpěr s výplní	0,35

Zatížení sněhem v této oblasti není.

## Zatížení větrem

Základní rychlost větru je odečtena z mapy z referenčních rychlostí v Bolívii. Poloha je označena křížkem v mapě. Vzhledem k možné nepřesnosti v umístění beru hodnotu větší a to 24 m/s.



Obrázek 28 - Mapa referenčních rychlostí větru v Bolívii<sup>7</sup>

(Zdroj: <http://www.cadecocruz.org.bo/descargas/APNB1225003-1.pdf>)

<sup>7</sup> Mapa z připravované bolivijské normy APNB 1225003-1 Acciones sobre las estructuras -Acción del viento -Parte 1: Especificaciones (Působení na konstrukce - Účinky větru)

Základní dynamický tlak větru dle ČSN EN 1991-1-4:

$$q_b = \frac{\rho}{2} \cdot v_{b,0}^2 = \frac{1,25}{2} \cdot 24^2 = 0,36 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

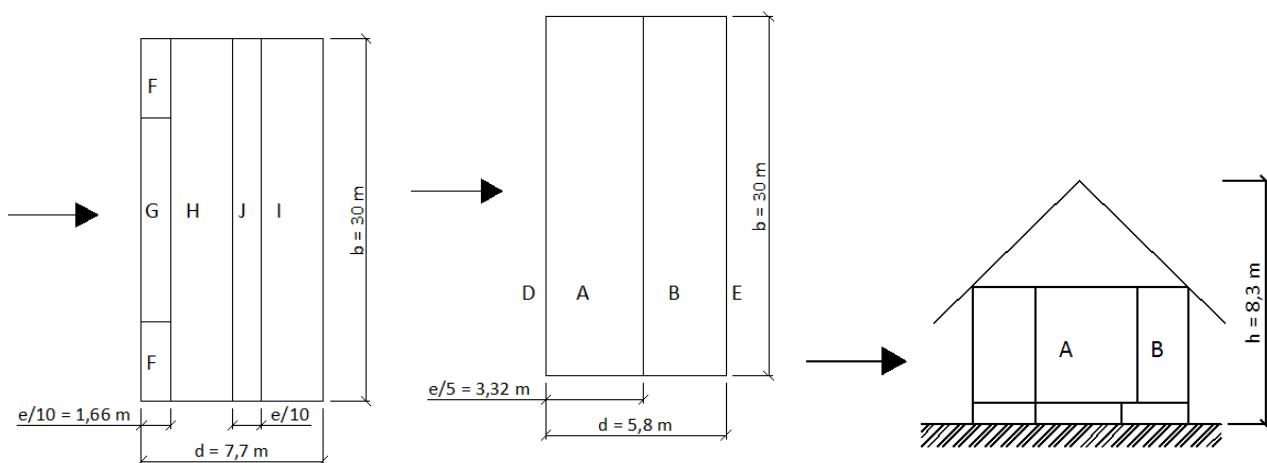
Pro kategorii terénu II – zemědělská půda s ojedinělými překážkami, a výšku objektu 8,3 m, je koeficient  $C_e(z) = 2,1$  (hodnota odečtena z grafu)

Vnější tlak větru pak je:

$$w_e = q_b \cdot C_e(z) \cdot C_{pe,10} = 0,36 \cdot 2,1 \cdot C_{pe,10} = 0,756 C_{pe,10} \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

### 1) Příčný vítr - střecha a stěny

- $e = \min(b, 2h) = \min(17,2; 16,6) = 16,6$
- případ  $h < b$  – vítr rozložen rovnoměrně po výšce budovy
- sklon střechy  $45^\circ$
- $d < e$ ;  $h/d = 1,43$



Shrnutí sil

$$w_F = 0,756 \cdot 0,7 = 0,529 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_G = 0,756 \cdot 0,7 = 0,529 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_H = 0,756 \cdot 0,6 = 0,454 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_J = 0,756 \cdot (-0,3) = -0,227 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_I = 0,756 \cdot (-0,2) = -0,151 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_A = 0,756 \cdot (-1,2) = -0,907 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_B = 0,756 \cdot (-0,8) = -0,605 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_D = 0,756 \cdot 0,8 = 0,605 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_E = 0,756 \cdot (-0,5) = -0,378 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Největší tlak na střechě

Největší sání na stěnách

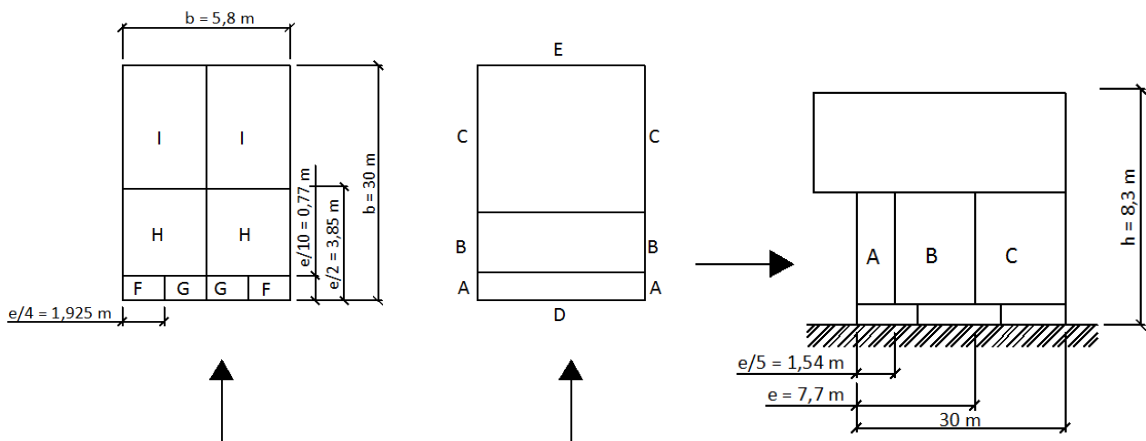
Největší tlak na stěnách

Pro znaménkovou konvenci platí “+” tlak a “-” sání.

### 2) Podélný vítr - střecha a stěny

- $e = \min(b, 2h) = \min(7,7; 16,6) = 7,7$
- $h/d = 0,28$

## Střecha



### Shrnutí sil

$$w_F = 0,756 \cdot (-1,1) = -0,832 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_G = 0,756 \cdot (-1,4) = -1,058 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_H = 0,756 \cdot (-0,9) = -0,680 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_I = 0,756 \cdot (-0,5) = -0,378 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_A = 0,756 \cdot (-1,2) = -0,907 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_B = 0,756 \cdot (-0,8) = -0,605 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_C = 0,756 \cdot (-0,5) = -0,378 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_D = 0,756 \cdot (0,7) = 0,529 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

$$w_E = 0,756 \cdot (-0,3) = -0,227 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Největší sání na střeše

Pro přesah střechy postupují následovně. Horní okraj střechy je roven tlaku na střeše a spodní okraj roven tlaku na přilehlé svislé připojené stěně.



Obrázek 29 - Řešení zatížení na přesahu střechy dle ČSN EN 1991-1-4

## Kombinace zatížení

Kombinace pro trvalé a dočasné návrhové situace a pro mezní stavy únosnosti kromě těch, které se vztahují k únavě dle ČSN EN 1990:

$$\sum_{i \geq 1} \gamma_{G_i} G_{k_i} \oplus \gamma_P P_k \oplus \gamma_{Q1} Q_{k1} \oplus \sum_{i > 1} \gamma_{Q_i} \psi_{0i} Q_{ki}$$

Součinitele pro návrhové hodnoty zatížení dle souboru B (STR/GEO): trvalé a dočasné situace

- stálá zatížení - nepříznivá  $\gamma_G = 1,35$   
- příznivá  $\gamma_G = 1$
- proměnná zatížení - nepříznivá  $\gamma_Q = 1,5$

Součinitel  $\psi$  pro užité zatížení kategorie H je vždy nulové. Vzhledem k tomu, že zatížení sněhem není, vždy je v kombinaci pouze jedno hlavní proměnné zatížení.

### 5.4.4 Materiálové charakteristiky

Dřevo stromu Mururé spadá do skupiny B materiálových charakteristik dřevin Andské skupiny. Jelikož udávané hodnoty jsou návrhové a nejsou zřejmé koeficienty materiálu či tříd provozu používaných v České republice, pro výpočet jsem vybrala dřevo třídy pevnosti C24, které se mu návrhovými hodnotami (kromě objemové tíhy) nejvíce podobá (ČSN EN 338).

- $f_{m,k} = 24 \text{ MPa}$
- $f_{c,0,k} = 21 \text{ MPa}$
- $f_{c,\perp,k} = 2,5 \text{ MPa}$
- $f_{v,k} = 4 \text{ MPa}$
- $f_{t,0,k} = 14 \text{ MPa}$
- $E_{0,05} = 7,4 \text{ GPa}$
- $E_{0,mean} = 11 \text{ GPa}$
- $\rho_k = 350 \text{ kg/m}^3$

Jedná se o otevřenou budovu nacházející se v klimatické oblasti s vysokou vlhkostí, což odpovídá třídě provozu 3. Ta je charakterizována relativní vlhkostí okolního vzduchu přesahující 85 % více než několik týdnů v roce.

Součinitel materiálových vlastností pro rostlé dřevo je  $\gamma_M = 1,3$

Při návrhu dimenzí jednotlivých prvků budu dodržovat standardní rozměry profilů vyráběných v Bolívii. Hlavním rozdílem oproti jednotkám používaných v Evropě je, že základní měrnou jednotkou je palec (~2,54 cm) a jeho násobky. Takto označené rozměry jsou rozměry obchodní, tedy dřevo před vysušením a jeho následnou povrchovou úpravou jako je hoblování či broušení. Těmito procesy se průřez prvku lehce sníží na reálné rozměry, s kterými je možno počítat pro statický výpočet.

Obchodní rozměry	Reálné rozměry nosného prvku
b x h [palec]	b x h [cm]
2 x 2	4 x 4
2 x 3	4 x 6,5
2 x 4	4 x 9
2 x 6	4 x 14
2 x 8	4 x 19
3 x 3	6,5 x 6,5
3 x 4	6,5 x 9
4 x 4	9 x 9
4 x 6	9 x 14
4 x 8	9 x 19
4 x 10	9 x 24
6 x 6	14 x 14
6 x 8	14 x 19
6 x 10	14 x 24
6 x 12	14 x 29

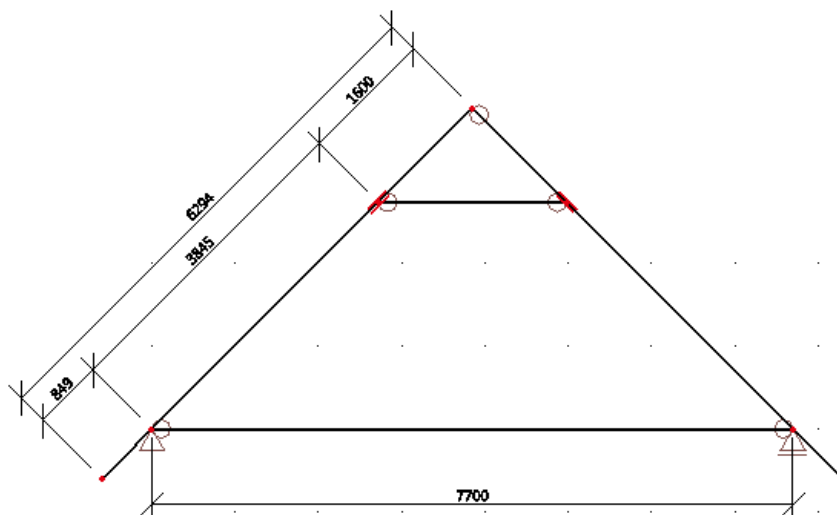
Tabulka 10 - Typické rozměry prvků používané v Bolívii (10)

#### 5.4.5 Konstrukce střechy

Jedná se o sedlovou střechu s hambálkovou soustavou na rozpon 7,7 m s přenesením vodorovných sil kleštinami u spodní hrany. Krokve jsou uloženy na hlavní průvlak tvořící pozednici. Jelikož má tvar písmene "L" je v rohu soustava ztužena nárožní a úžlabní krokví. Tyto rozkládají vodorovné síly osově do navazujícího trámu v rozích. Střecha je podélně ztužena ondřejskými kříži. Sklon střechy je 45° z důvodu použitého materiálu krytiny, kterým jsou palmové listy jatata. Vzdálenost jednotlivých vazeb je dle geometrie okolo 800 mm, max. 860 mm. Tomuto členění odpovídá i ukotvení jednotlivých plátů palmových listů na každé vazbě. Přesah střechy odpovídá 0,6 m v půdorysném průmětu. V případě nedostatku prvků s požadovanou délkou je možnost napojení prvku z dvou kusů pomocí hřebíkových spojů.

##### 5.4.5.1 Návrh krokve

Pro výpočet vnitřních sil, reakcí a deformací je použit 2D model – rám XZ v rámci softwaru Scia Engineer. Pro modelování jsem vyšla z hodnot dřeva třídy pevnosti C24 a upravila objemovou tíhu na odpovídající dřevu Mururé, které je významně těžší, a která by mělo vliv např. na deformace od vlastní tíhy. Statické schéma je znázorněno na Obrázku 30.



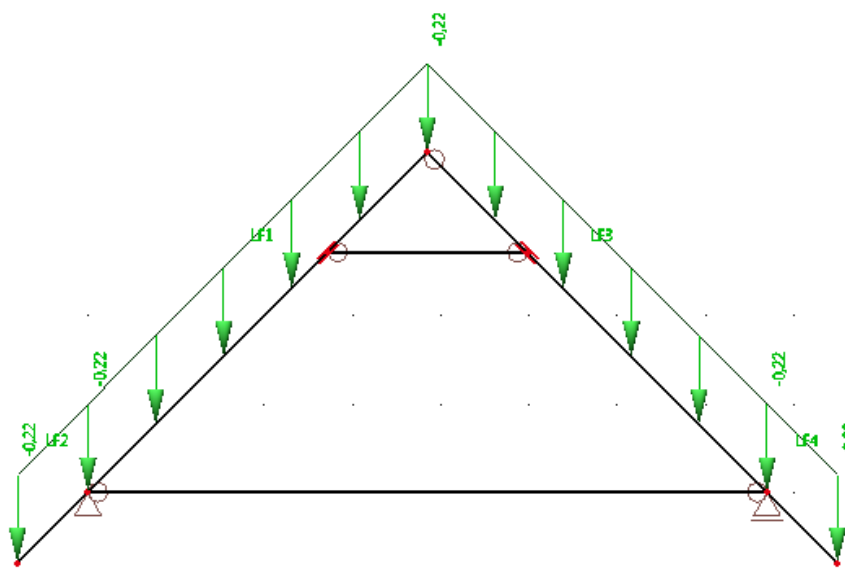
Obrázek 30 - Statické schéma

Při posuzování konstrukce zatížené sáním větrem je hlavním cílem, aby nosná konstrukce odolala s přípustnými deformacemi. Vzhledem k tomu, že palmové listy se váží na jednotlivé pláty samotným stonkem a připevnění samotných plátů ke krokším se přichyuje hřebíky, těžko se ověřuje jejich odolnost na extrémní zatížení větrem. Na druhou stranu nahrazení novými v případě poškození je rychlé a nenáročné.

Zatěžovací stavy

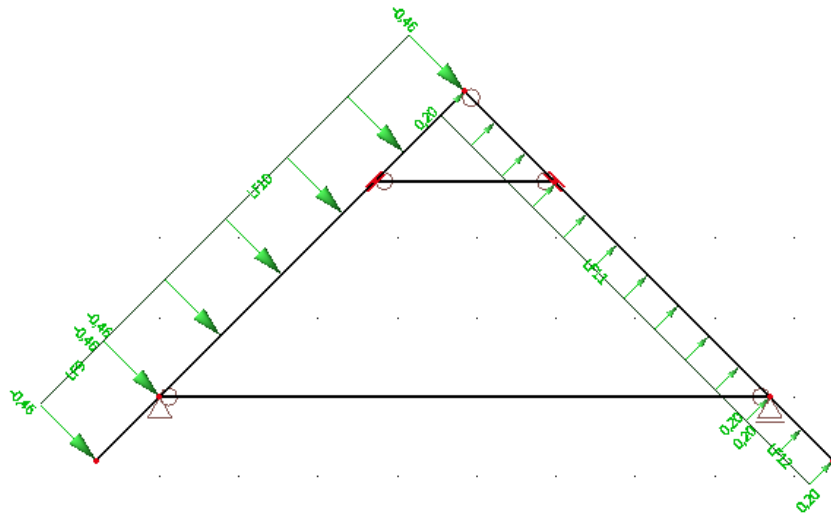
### 1. Zatěžovací stavy

Jméno	Popis	Typ působení	Skupina zatížení	Typ zatížení	Spec	Směr	Působení	Řídící zat. stav
LC1	vlastní tíha	Stálé	LG1	Vlastní tíha		-Z		
LC2	jatata	Stálé	LG1	Standard				
LC3	vitr tlak	Nahodilé	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC4	vitr sání	Nahodilé	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný
LC5	užitné střecha	Nahodilé	LG2	Statické	Standard		Krátkodobé	Žádný

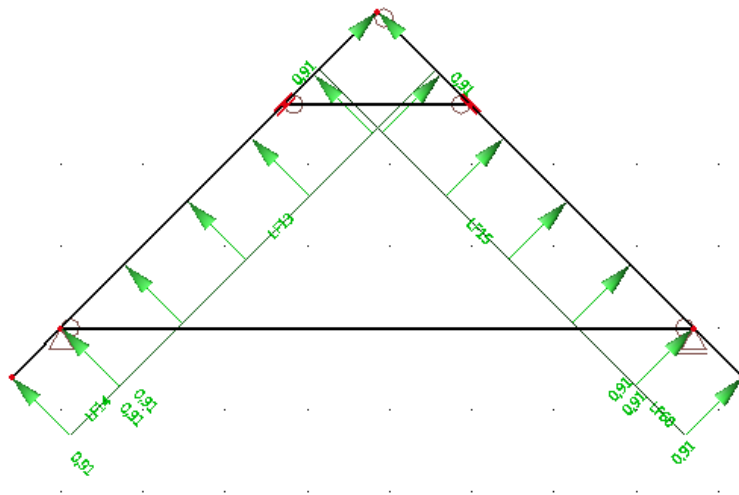


Obrázek 31 - LC2 - zatížení palmovými listy jatata [kN/m]

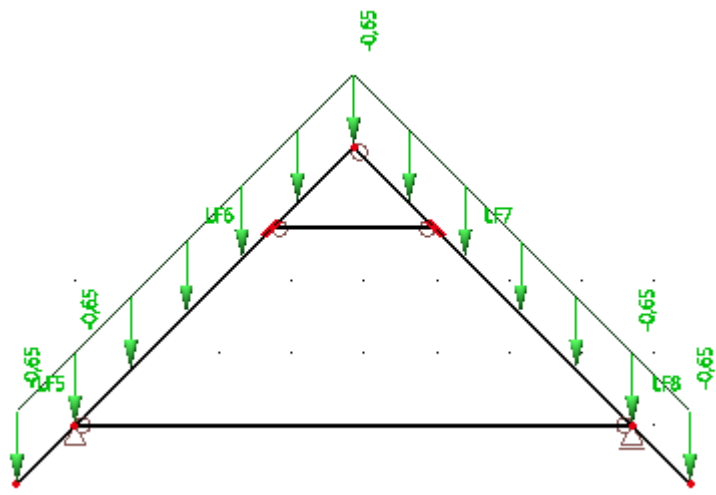




Obrázek 32 - LC3 - zatížení příčným větrem - tlak + sání [kN/m]



Obrázek 33 - LC4 - zatížení podélným větrem – sání [kN/m]

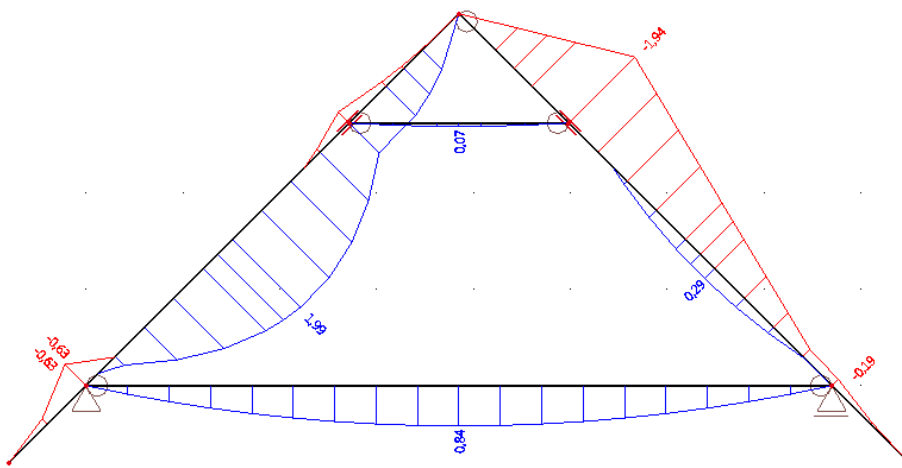


Obrázek 34 - LC5 užité zatížení na střeše [kN/m]

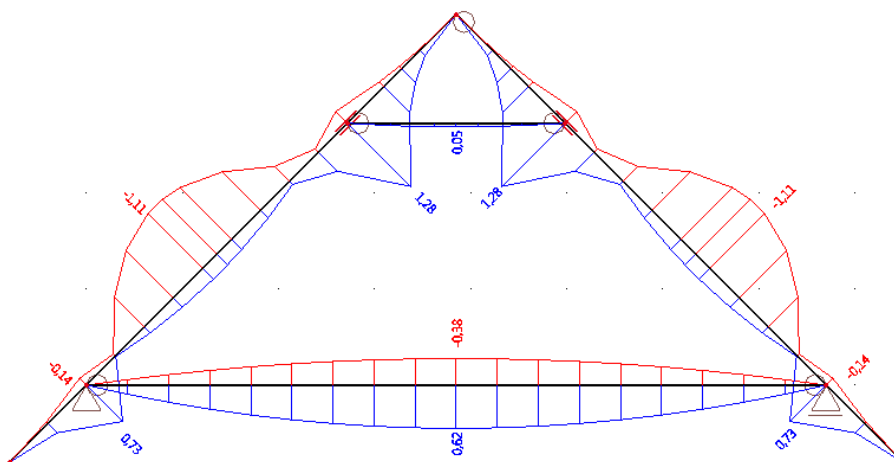
Pro výpočet vnitřních sil pro mezní stav únosnosti (dále jen MSÚ) byly použity následující kombinace zatížení:

## 2. Kombinace

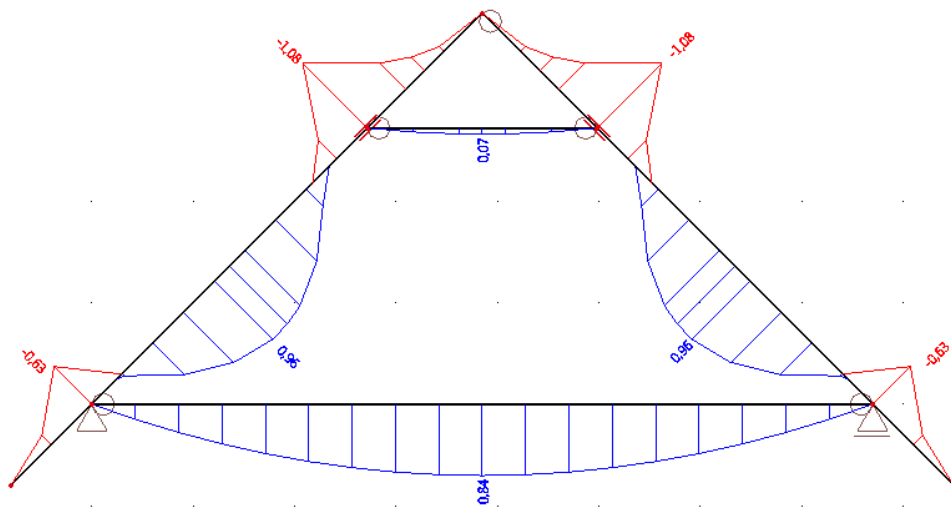
Jméno	Typ	Zatěžovací stavy	Souč. [-]
CO1	Obálka - únosnost	LC1 - vlastní tíha	1,35
		LC2 - jatata	1,35
		LC3 - vítr tlak	1,50
CO2	Obálka - únosnost	LC1 - vlastní tíha	1,00
		LC2 - jatata	1,00
		LC4 - vítr sání	1,50
CO3	Obálka - únosnost	LC1 - vlastní tíha	1,35
		LC2 - jatata	1,35
		LC5 - užité střecha	1,50



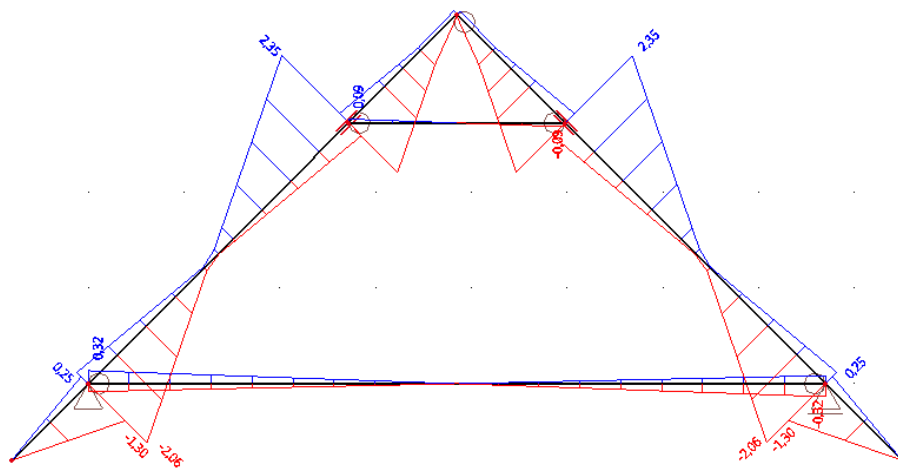
Obrázek 35 - Průběh ohybových momentů od CO1 [kNm]



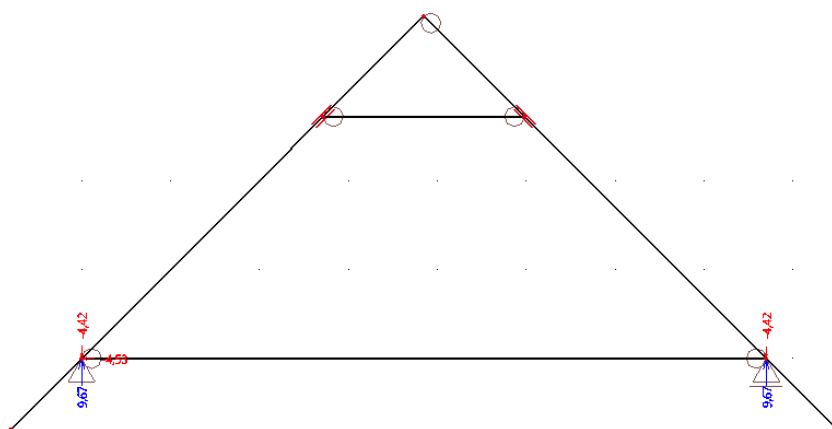
Obrázek 36 - Průběh ohybových momentů od CO2 [kNm]



Obrázek 37- Průběh ohybových momentů od C03 [kNm]



Obrázek 38 - Průběh posouvající síly od C02 [kN]



Obrázek 39 - Maximální reakce od kombinací zatížení na MSÚ [kN]

Posouzení na MSÚ

Průřez krokve: 90 x 190 mm  $A = 0,0171 \text{ m}^2$

$$W = 5,415 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Návrhový ohybový moment  $M_{Ed} = 2 \text{ kNm}$

Návrhová posouvající síla  $V_{Ed} = 2,35 \text{ kN}$

Návrhová pevnost v ohybu  $f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{15}{1,3} = 8,08 \text{ MPa}$   
 -  $k_{mod} = 0,7$  pro krátkodobé zatížení (vítr), třída provozu 3

Návrhová pevnost ve smyku  $f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{1,2}{1,3} = 0,65 \text{ MPa}$

Podmínka spolehlivosti

$$\sigma_d = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{2 \cdot 10^{-3}}{5,415 \cdot 10^{-4}} = 3,69 \text{ MPa} < f_{m,d} = 8,08 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 2,35 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,09 \cdot 0,19} = 0,14 \text{ MPa} < f_{v,d} = 0,65 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

-  $b_{ef} = b \cdot k_{cr}$

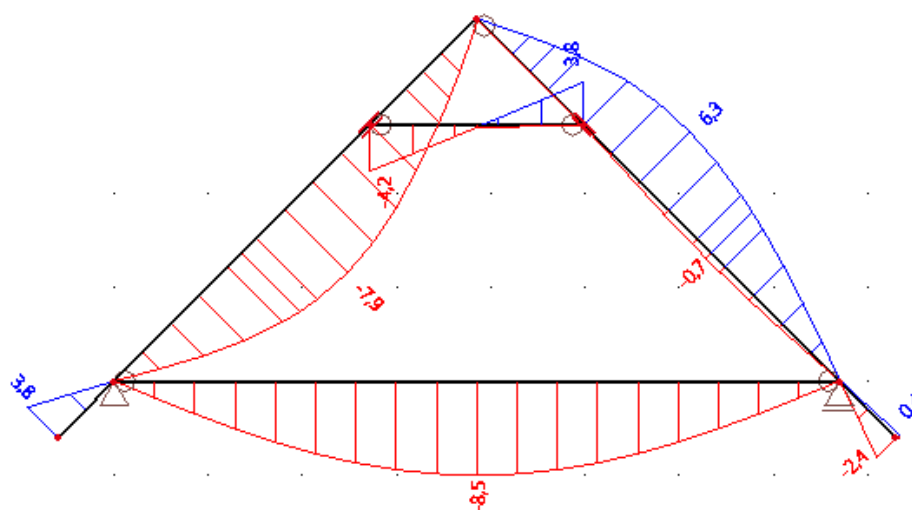
-  $k_{cr} = 0,67$

součinitel zohledňující vliv výsušných trhlin v případě rychlého vysušení dřeva

Posouzení na mezní stav použitelnosti (dále jen MSP)

Pro posuzování mezního stavu použitelnosti se používá charakteristických hodnot zatížení. Rozhodující se ukázala kombinace s příčným větrem a sáním.

CO6	Obálka - použitelnost	LC1 - vlastní tíha	1,00
		LC2 - jatata	1,00
		LC3 - vítr tlak	1,00



Obrázek 40 – Deformace pro MSP od CO1 [mm]

$$w_{inst} = 7,5 \text{ mm} < w_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{5445}{300} = 18,15 \text{ mm}$$

$$w_{inst,fin} = w_{1,inst}(1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} \cdot (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def})$$

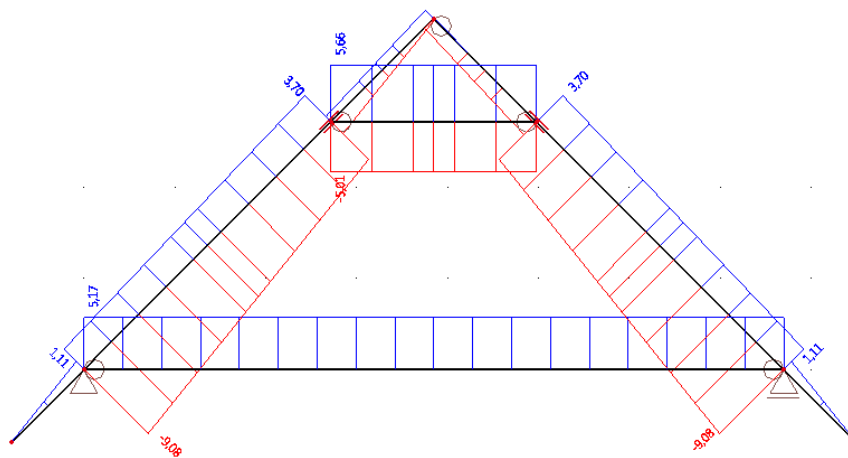
$$= (0,2 + 0,4) \cdot (1 + 2) + 7 \cdot (1 + 0 \cdot k_{2,def}) = 8,8 \text{ mm} < \frac{L}{350} = \frac{5445}{350} = 15,56 \text{ mm}$$

-  $k_{1,def} = 2$  pro třídu provozu 3

-  $\psi_{2,1} = 0$  pro zatížení působící v kategorii H: střechy a zatížení větrem

VYHOVUJE

#### 5.4.5.2 Návrh kleštiny



Obrázek 41 - Maximální návrhové osově síly od kombinace zatížení [kN]

Posouzení na MSÚ

Průřez kleštiny: 2x 40 x 190 mm  $A = 0,0152 \text{ m}^2$

$$W = 4,813 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Návrhový ohybový moment  $M_{Ed} = 0,84 \text{ kNm}$

Návrhová tahová síla  $N_{Ed} = 5,2 \text{ kN}$

Návrhová pevnost v ohybu  $f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{15}{1,3} = 8,08 \text{ MPa}$   
 -  $k_{mod} = 0,7$  pro krátkodobé zatížení (vítr), třída provozu 3

Návrhová pevnost v tahu  $f_{t,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{t,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{10,5}{1,3} = 5,65 \text{ MPa}$

Podmínka spolehlivosti

$$\sigma_d = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{0,84 \cdot 10^{-3}}{4,813 \cdot 10^{-4}} = 1,75 \text{ MPa} < f_{m,d} = 8,08 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{5,2 \cdot 10^{-3}}{0,0152} = 0,34 \text{ MPa} < f_{t,0,d} = 5,65 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

Posouzení na MSP

$$w_{inst} = 8,5 \text{ mm} < w_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{7700}{300} = 25,7 \text{ mm} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$w_{inst,fin} = w_{1,inst} (1 + k_{1,def}) + w_{2,inst} (1 + \psi_{2,1} \cdot k_{2,def}) = 8,5 \cdot (1 + 2) = 25,5 \text{ mm}$$

$$< w_{net,fin,lim} \frac{L}{350} \div \frac{L}{250} = \frac{5445}{350} \div \frac{5445}{250} = 15,56 \div 30,8 \text{ mm}$$

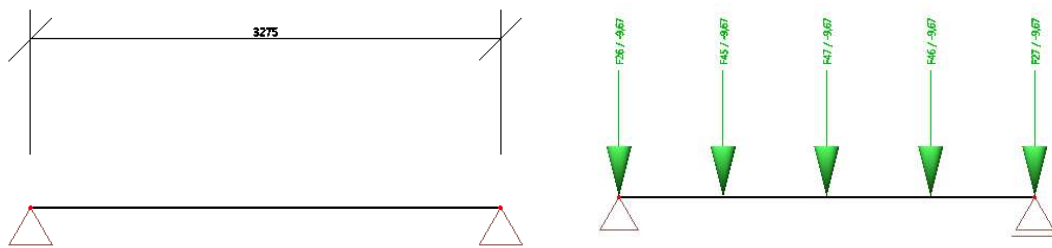
VYHOVUJE

#### 5.4.5.3 Návrh průvlaku

Pro model statického schématu průvlaku jsem vybrala nejnepříznivější variantu prostého nosníku, jelikož pro překlenutí dvou polí by délka prvku přesáhla více než 6 m a nosník přecházející přes podporu by byl spojován v poli. Toto napojení v dobré kvalitě není pro masivní prvek z listnatého dřeva snadné.

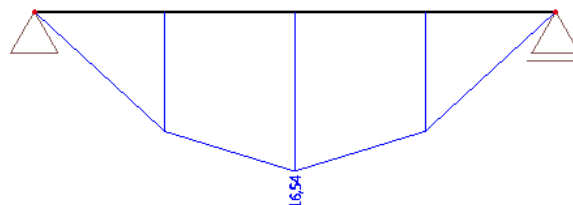
Zatěžovací stav odpovídá zatížení krokve z střechy, jejich svislou reakcí  $R_z$ , a vlastní tíhou prvku. Ačkoliv je zatěžovací šířka krokví v místě největšího rozponu pro průvlak menší, uvažuji se stejnou reakcí, která je na straně bezpečnosti.

CO4	Obálka - únosnost	LC1 - vlastní tíha	1,35
		LC6 - krokve	1,00



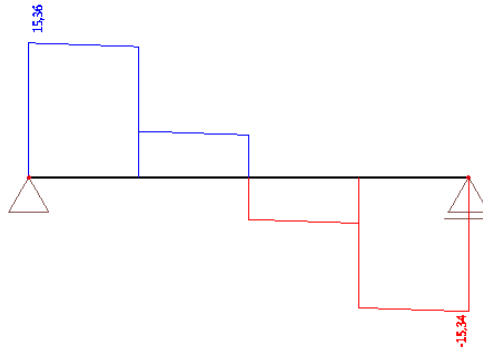
Obrázek 42 - Statické schéma a schéma zatížení průvlaku [kN]

Vnitřní síly pro MSÚ



Obrázek 43 - Průběh ohybových momentů od CO4 [kNm]





Obrázek 44 - Průběh posouvajících sil od C04 [kN]

Posouzení na MSÚ

Průřez průvlaku: 140 x 240 mm  $A = 0,0336 \text{ m}^2$

$$W = 1,962 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Návrhový ohybový moment  $M_{Ed} = 16,54 \text{ kNm}$

Návrhová posouvající síla  $V_{Ed} = 15,36 \text{ kN}$

Návrhová pevnost v ohybu  $f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$   
 -  $k_{mod} = 0,7$  pro krátkodobé zatížení (vítr), třída provozu 3

Návrhová pevnost ve smyku  $f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{4}{1,3} = 2,15 \text{ MPa}$

Podmínka spolehlivosti

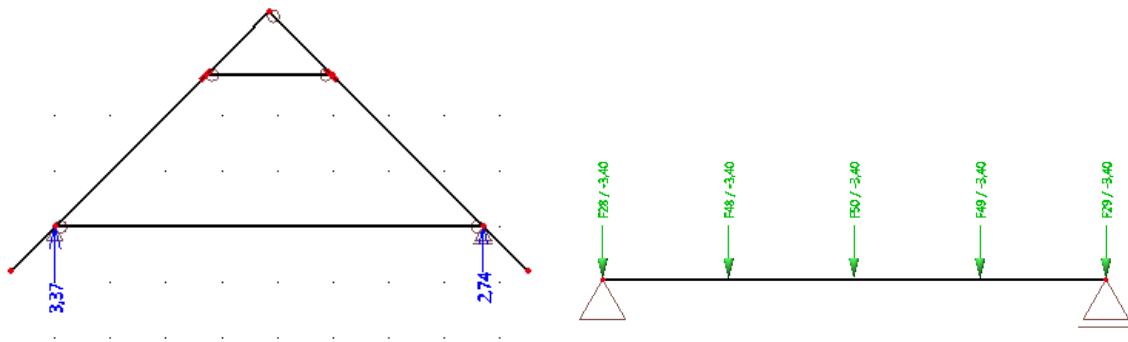
$$\sigma_d = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{16,54 \cdot 10^{-3}}{1,962 \cdot 10^{-3}} = 8,4 \text{ MPa} < f_{m,d} = 12,92 \text{ MPa} \quad \text{VYHOVUJE}$$

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 15,36 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,14 \cdot 0,24} = 1,02 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2,15 \text{ MPa} \text{ zároveň } (f_{v,d,mururé} = 1,2 \text{ MPa}) \quad \text{VYHOVUJE}$$

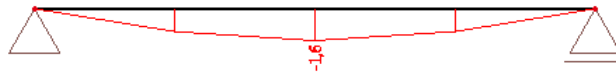
Posouzení na MSP

Pro zatížení průvlaku pro mezní stav použitelnosti jsem použila reakce ze zatěžovacího stavu C06 pro MSP kroků.

CO5	Obálka - použitelnost	LC1 - vlastní tíha	1,00
		LC6 - krokve	1,00



Obrázek 45 - Reakce od krokví pro MSP [kN]



Obrázek 46 – Deformace pro MSP [mm]

$$w_{inst} = 1,6 \text{ mm} < w_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{1645}{300} = 5,48 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

Pásky budou umístěny v každém z rohů a v případě otevřené chodby v každé druhé vazbě pro zavětrování objektu.

## 5.4.6 Nosná konstrukce

### 5.4.6.1 Návrh sloupu

Pro výpočet únosnosti sloupu vycházím ze svislých reakcí od průvlastků ze stavu MSÚ.



Obrázek 47 - Reakce pro sloup od průvlastků [kN]

Posouzení sloupu na MSÚ

Celkové zatížení v patě sloupu (reakce od dvou průvlastků a vlastní tíhy):

$$N_{Ed} = 2 \cdot 25,1 + 5,6 \cdot 0,14^2 \cdot 2,96 = 50,53 \text{ kN}$$

Průřez sloupu: 140 x 140 mm

$$A = 0,0196 \text{ m}^2$$

$$I_y = I_z = 3,201 \cdot 10^{-5} \text{ m}^4$$

$$W = 4,57 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Návrhová pevnost v tlaku:  $f_{c,0,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{c,0,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{21}{1,3} = 11,31 \text{ MPa}$

Vzpěrná délka prvku:  $L_{ef} = b \cdot L = 1,2,96 \text{ m}$

-  $b = 1$

pro kloubové podepření sloupu

Návrhová pevnost v ohybu:  $f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,7 \cdot \frac{24}{1,3} = 12,92 \text{ MPa}$

Poloměr setrvačnosti

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{3,201 \cdot 10^{-5}}{0,0196}} = 0,0404 \text{ m}$$

Štíhlostní poměr

$$\lambda = \frac{L_{ef}}{i} = \frac{2,96}{0,0404} = 73,27$$

$$\sigma_{c,crit} = \pi^2 \cdot \frac{E_{0,05}}{\lambda^2} = \pi^2 \cdot \frac{7400}{73,27^2} = 13,60 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel} = \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{\sigma_{c,crit}}} = \sqrt{\frac{21}{13,60}} = 1,24$$

Součinitel vzpěrnosti

$$k = 0,5[1 + \beta_c(\lambda_{rel} - 0,3) + \lambda_{rel}^2] = 0,5[1 + 0,2 \cdot (1,24 - 0,3) + 1,24^2] = 1,36$$

-  $\beta_c = 0,2$  pro rostlé dřevo

$$k_c = \frac{1}{k + \sqrt{k^2 - \lambda_{rel}^2}} = \frac{1}{1,36 + \sqrt{1,36^2 - 1,24^2}} = 0,52$$

$$\sigma_{c,d} = \frac{N_{Ed}}{A} = \frac{50,53 \cdot 10^{-3}}{0,0196} = 2,57 \text{ MPa}$$

Návrhový moment vyvolaný možnými imperfekcemi od montáže

$$M_{Ed} = R \cdot \delta$$

$$\delta = \theta_0 \cdot \alpha_h \cdot \alpha_m \cdot \frac{l_0}{2} = \frac{1}{200} \cdot 1 \cdot 0,866 \cdot \frac{2,96}{2} = 6,41 \text{ mm}$$

-  $\theta_0 = \frac{1}{200}$

-  $\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{2,96}} = 1,16 \rightarrow \alpha_h = 1,0$  protože  $\frac{2}{3} < \alpha_h < 1,0$

-  $\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot (1 + \frac{1}{m})} = \sqrt{0,5 \cdot (1 + \frac{1}{2})} = 0,866$

o  $m = 2$  počet sloupů v řadě

-  $l_0 = L_{ef} = 2,96 \text{ m}$

$$M_{Ed} = R \cdot \delta = 50,53 \cdot 6,41 \cdot 10^{-3} = 0,31 \text{ kNm}$$

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{0,31 \cdot 10^{-3}}{4,57 \cdot 10^{-4}} = 0,68 \text{ MPa}$$

Posouzení tlaku za ohybu

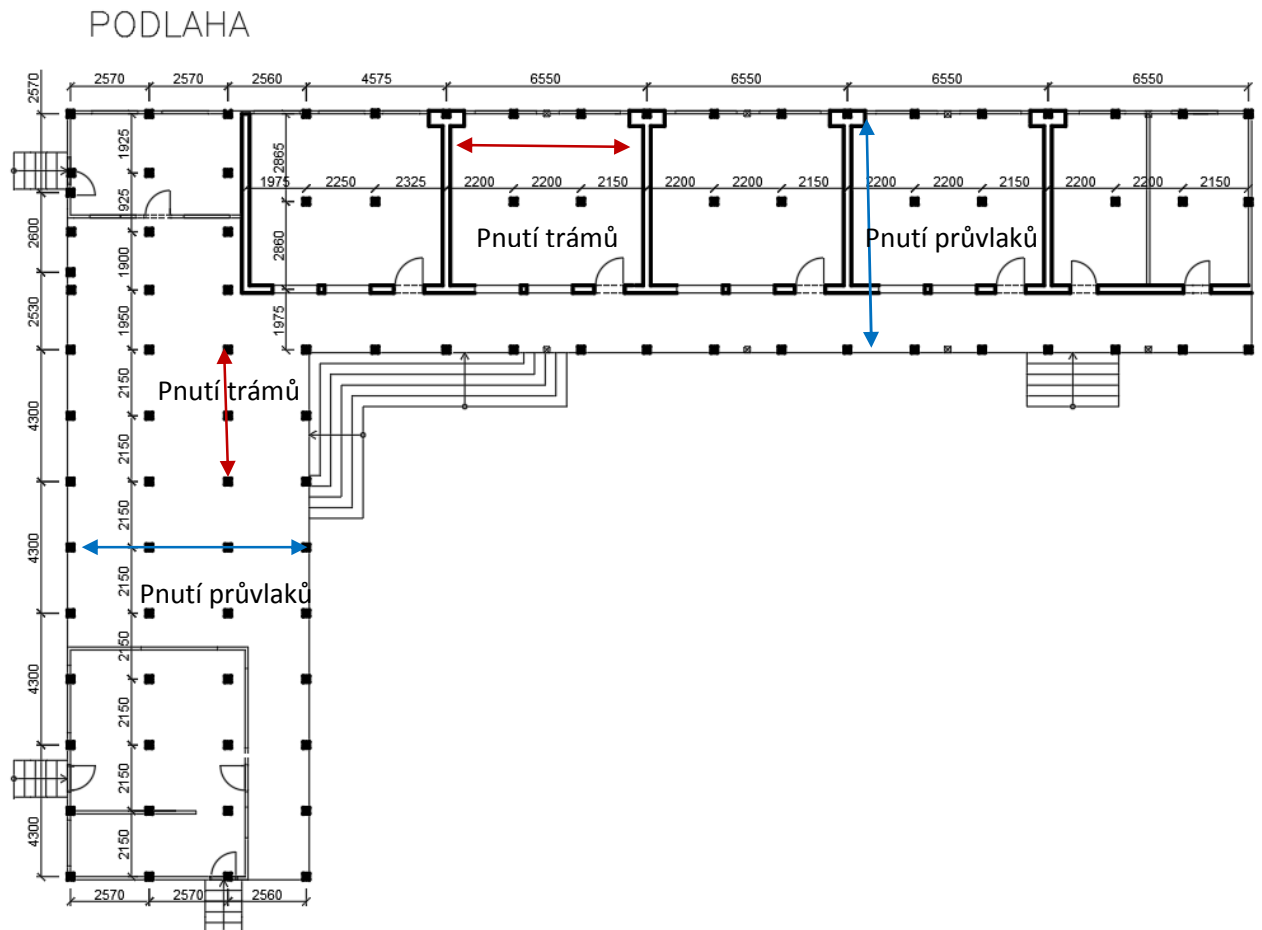
$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_c \cdot f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,d}}{f_{m,d}} = \frac{2,57}{0,52 \cdot 11,31} + \frac{0,68}{12,92} = 0,49 < 1$$

VYHOVUJE

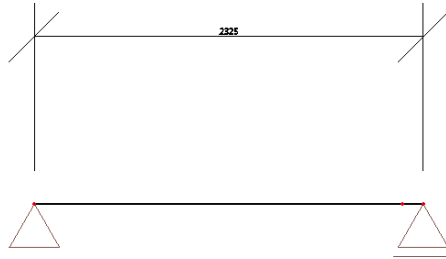
#### 5.4.6.2 Návrh trámů pod podlahou

Nosný systém tvoří dvoustupňový systém složený z trámů a průvlaků. Plošné zatížení na zatěžovací šířku 0,72 m (v místě největších rozestupů trámů mezi stěnami tříd).

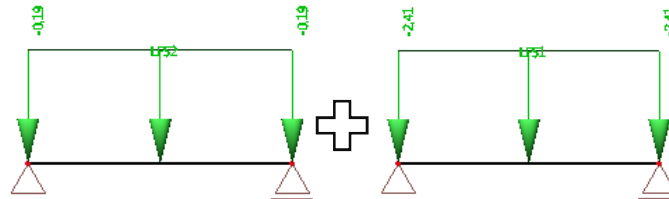
- Stálé zatížení:  $g_k = 0,26 \cdot 0,72 = 0,19 \text{ kN/m}$
- Proměnné zatížení:  $q_k = (3 + 0,35) \cdot 0,72 = 2,41 \text{ kN/m}$



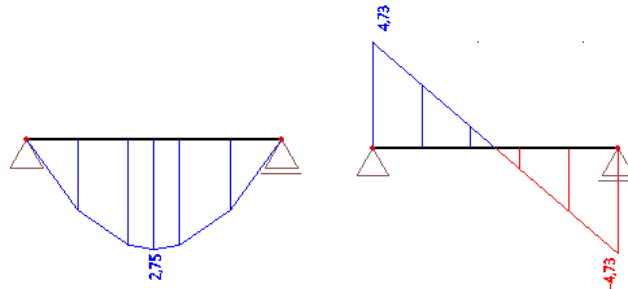
CO7	Obálka - únosnost	LC1 - vlastní tíha	1,35
		LC10 - proměnné zat. na podlahu	1,50
		LC8 - stálé zat. na podlahu	1,35



Obrázek 48 - Statické schéma trámu



Obrázek 49 - Schéma zatížení trámu [kN]



Obrázek 50 – Průběh ohybového momentu a posouvající síly pro MSÚ [kNm], [kN]

Posouzení na MSÚ

Průřez trámu: 90 x 140 mm  $A = 0,0126 \text{ m}^2$

$$W = 2,94 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$$

Návrhový ohybový moment  $M_{Ed} = 2,75 \text{ kNm}$

Návrhová posouvající síla  $V_{Ed} = 4,73 \text{ kN}$

Návrhová pevnost v ohybu  $f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,65 \cdot \frac{24}{1,3} = 14 \text{ MPa}$   
 -  $k_{mod} = 0,65$  pro střednědobé zatížení (užitné), třída provozu 3

Návrhová pevnost ve smyku  $f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,65 \cdot \frac{4}{1,3} = 2 \text{ MPa}$

Podmínka spolehlivosti

$$\sigma_d = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{2,75 \cdot 10^{-3}}{2,94 \cdot 10^{-4}} = 9,35 \text{ MPa} < f_{m,d} = 14 \text{ MPa}$$

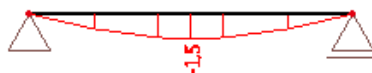
VYHOVUJE

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 4,73 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,09 \cdot 0,14} = 0,84 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2 \text{ MPa} \text{ a zároveň } (f_{v,d,mururé} = 1,2 \text{ MPa})$$

VYHOVUJE

Posouzení na MSP

CO9	Obálka - použitelnost	LC1 - vlastní tíha	1,00
		LC10 - proměnné zat. na podlahu	1,00
		LC8 - stálé zat. na podlahu	1,00

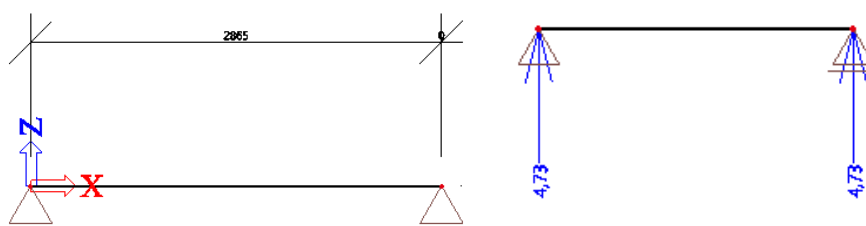


Obrázek 51 - Deformace trámu pro MSP [mm]

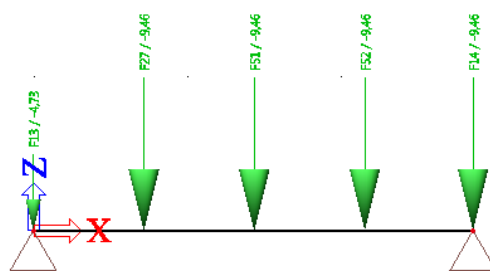
$$w_{inst} = 1,5 \text{ mm} < w_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{2325}{300} = 7,75 \text{ mm}$$

VYHOVUJE

#### 5.4.6.3 Návrh průvlaku v podlaze

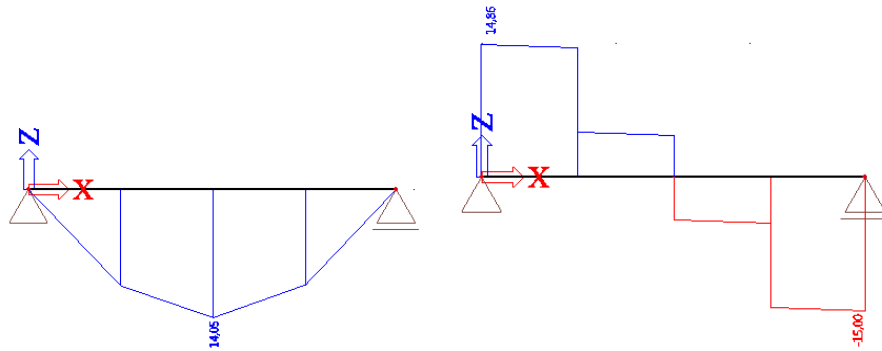


Obrázek 52 - Statické schéma průvlaku a reakce od trámů [kN]

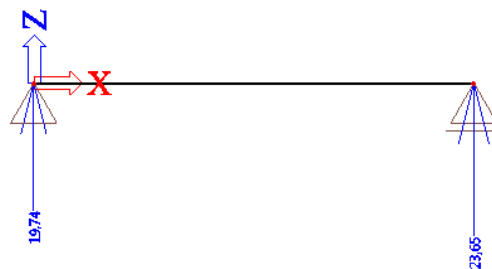


Obrázek 53 - Schéma zatížení průvlaku [kN]





Obrázek 54 - Průběh ohybového momentu a posouvající síly pro MSÚ [kNm], [kN]



Obrázek 55 - Reakce od průvlaku [kN]

Posouzení na MSÚ

Průřez trámy: 140 x 290 mm  $A = 0,0406 \text{ m}^2$

$$W = 1,96 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$$

Návrhový ohybový moment  $M_{Ed} = 14,05 \text{ kNm}$

Návrhová posouvající síla  $V_{Ed} = 15,0 \text{ kN}$

Návrhová pevnost v ohybu  $f_{m,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{m,k}}{\gamma_M} = 0,65 \cdot \frac{24}{1,3} = 12 \text{ MPa}$   
 -  $k_{mod} = 0,65$  pro střednědobé zatížení (užitné), třída provozu 3

Návrhová pevnost ve smyku  $f_{v,d} = k_{mod} \cdot \frac{f_{v,k}}{\gamma_M} = 0,65 \cdot \frac{4}{1,3} = 2 \text{ MPa}$

Podmínka spolehlivosti

$$\sigma_d = \frac{M_{Ed}}{W} = \frac{14,05 \cdot 10^{-3}}{1,96 \cdot 10^{-3}} = 8,45 \text{ MPa} < f_{m,d} = 12 \text{ MPa}$$

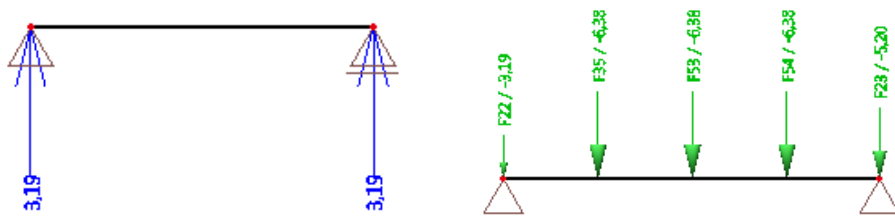
VYHOVUJE

$$\tau_{v,d} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot A_{ef}} = \frac{3 \cdot V_{Ed}}{2 \cdot k_{cr} \cdot b \cdot h} = \frac{3 \cdot 15,0 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,67 \cdot 0,14 \cdot 0,29} = 0,83 \text{ MPa} < f_{v,d} = 2 \text{ MPa} \text{ a zároveň } (f_{v,d,mururé} = 1,2 \text{ MPa})$$

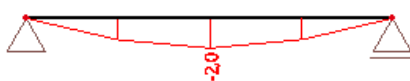
VYHOVUJE

## Posouzení na MSP

CO10	Obálka - použitelnost	LC1 - vlastní tíha	1,00
		LC9 - reakce z podlahy na průvlaky	1,00



Obrázek 56 - Schéma zatížení od trámů pro MSP [kN]



Obrázek 57 - Deformace průvlatku pro MSP [mm]

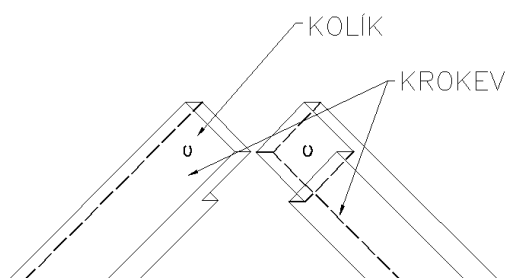
$$w_{inst} = 1,9 \text{ mm} < w_{inst,lim} = \frac{L}{300} = \frac{2865}{300} = 9,55 \text{ mm}$$

**VYHOVUJE**

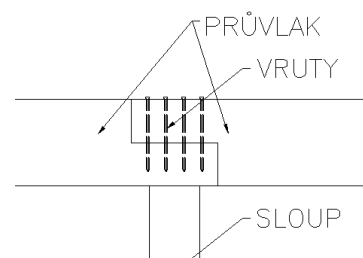
Jelikož se jedná o školu, ve které je čilý život a pohyb dětí, je možné předpokládat jisté dynamické působení na podlahu. V důsledku toho mají jednotlivé prvky v podlaze rezervu v únosnosti a nejsou navrženy na efektivní působení průřezu pro statické zatížení.

### 5.4.6.4 Spoje

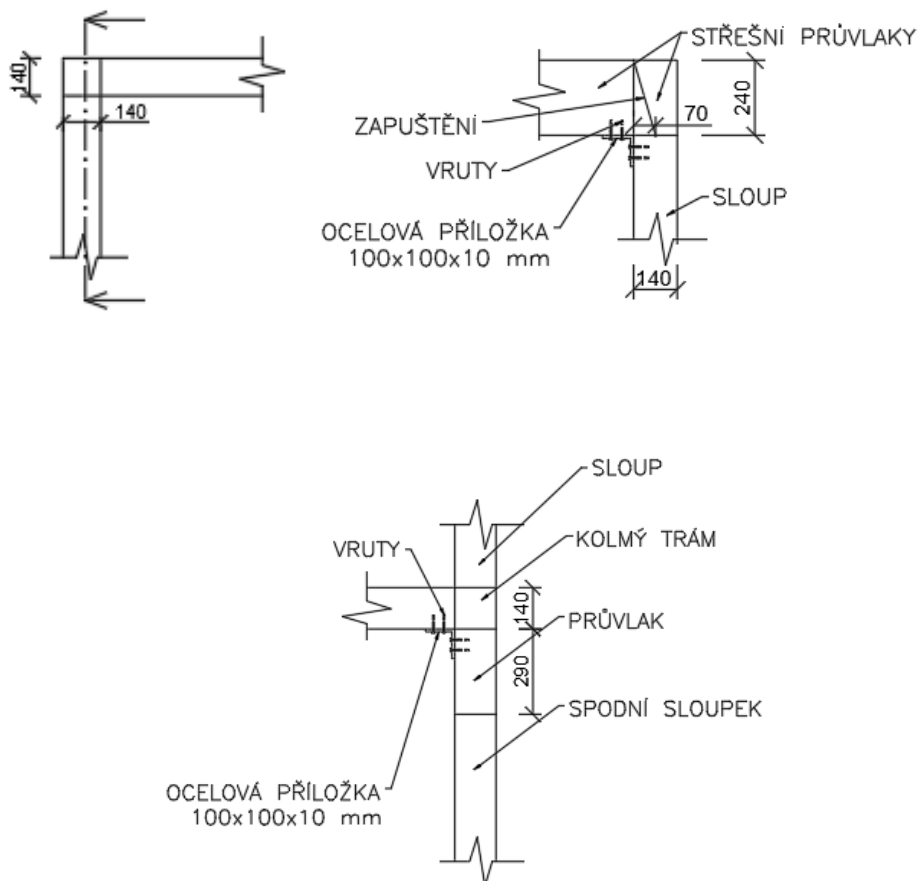
Na následujících obrázcích jsou naznačeny spoje vybraných konstrukcí.



Obrázek 58 - Napojení ve vrcholu krokvi



Obrázek 59 - Spojení průvlatků nad podporou



Obrázek 60 - Napojení v rohu průvlaků pod krokvi a trámů v konstrukci podlahy. Napojení průvlaků v podlaze je obdobné.

#### 5.4.7 Základy

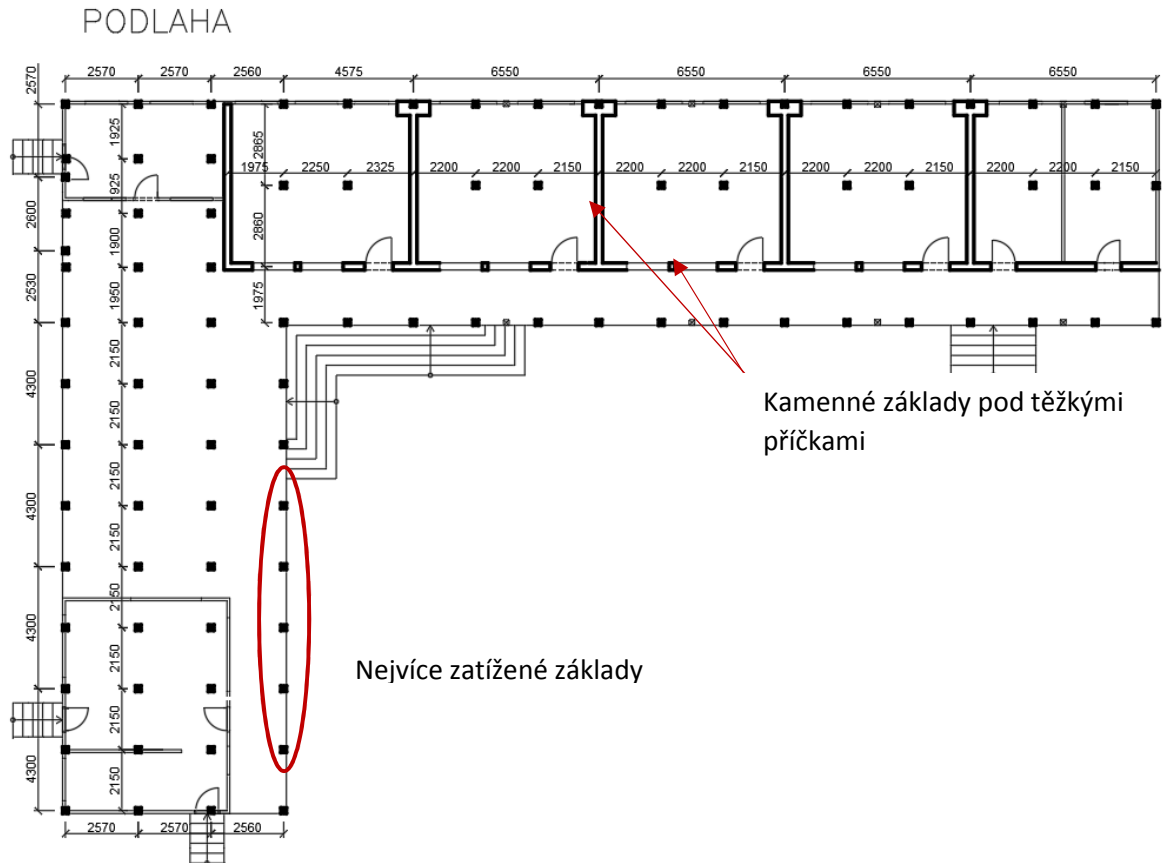
Celou oblastí protéká nejen poměrně významná řeka Río Beni, ale najdeme zde i mnoho dalších menších vodních toků. Od této skutečnosti se i odvíjí převažující podloží, které se zde nachází. Jedná se o hlíny, jíly, písky a jejich různé kombinace. Jelikož nemám k dispozici vrt provedený v blízkosti plánované stavby, pro výpočet základů jsem vybrala jednu ze zde se vyskytujících zemín a to konkrétně hlinitopísčité podloží. Jde o jemnozrnné zeminy, které nejsou zcela ideální pro zakládání a často jsou citlivé na sedání. Z tohoto důvodu jsem zvolila roštový základ, který by měl zatížení rozložit v ploše a zároveň ztuhit základy proti vyvracení horní konstrukce od zatížení větrem. Dalším důvodem je časté rozmístění méně zatížených nosných sloupů a sloupků a tím i snížení náročnosti provádění oproti jednotlivým patkám. Materiál pro beton, jako je cement či výztuž, je ve městech běžně dostupný. Ačkoliv tradiční domy indiánských komunit bývají založené na dřevěných kůlech v zemi, použití betonu zmírňuje degradaci dřeva jinak zabudovaného v kontaktu se zemí.

Druhou možnou variantou by bylo založení na zemních vrutech, které se používají zejména pro lehké dřevostavby. Vrutky se vyrábí v různých délkách a s různým maximálním svislým i vodorovným zatížením. Jsou opatřeny již hlavicí pro ukotvení dřevěného sloupku a nevyžadují speciální techniku pro jejich ukotvení do země. Výhodou je okamžitá zatížitelnost a možné zpětné vyjmutí oproti betonovým základům. Otázkou ale zůstává především jejich dostupnost v Bolívii a případná doprava na místo.

Celý objekt je vyvýšen nad úroveň terénu. Konce dřevěných sloupků jsou uloženy v ocelových hlavách a ty jsou zabetonovány v základech. Vzhledem k tomu, že se nacházíme v tropické oblasti, kde nemrzne,

může být hloubka založení pouze 0,5 m. Všechny výškové kóty jsou vztaženy k nadmořské výšce 236 m.n.m., což je orientační výšková úroveň ve vesnici.

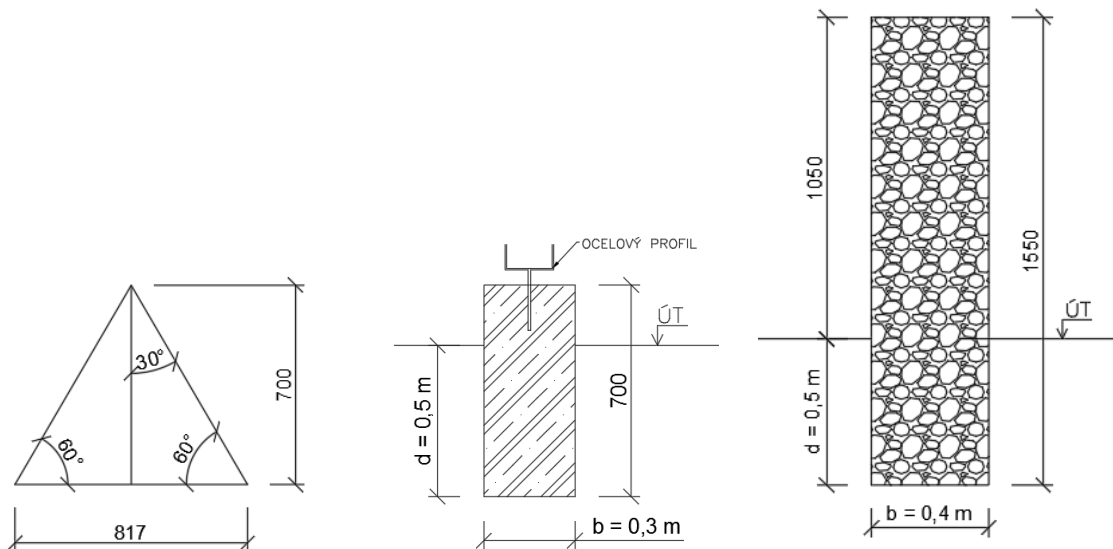
Nejvíce zatížené místo pro základy je v levé části objektu, kde se sbíhá zatížení od konstrukce střechy ve sloupu a zároveň od podpory průvlaku v podlaze. V druhé části objektu je rastr sloupků podporující průvlaky posunut. Reakce sloupu je redukována z nejvíce zatíženého sloupu pro sloup s menším rozpětím, který je na této straně budovy. Sloupky jsou zatíženy centricky.



1) Zatížení pro betonový základový rošt  $N_{Ed,sloup} = 35,37 \text{ kN} + N_{Ed,průvlak} = 23,7 \text{ kN}$

$$N_{Ed,ROT} = 59,07 \text{ kN} \rightarrow N_{Ed,ROT} = \frac{59,07}{0,8} = 73,84 \text{ kN/m}$$

- Přepočtení bodové síly na "metr běžný" je proveden za předpokladu roznášení zatížení v betonu pod úhlem 60° na celou výšku základu



2) Zatížení pro kamenný základ pod těžkou příčkou z nepálených cihel

$$N_{Ed,příčka} = (18 \cdot 7,3 \cdot 0,25) \cdot 1,35 = 32,85 \text{ kN/m} + N_{Ed,trámky} = \frac{4,73 \cdot 2 \cdot 1}{0,72} = 13,14 \text{ kN/m}$$

$$N_{Ed,TOT} = 45,99 \text{ kN/m}$$

Výpočet základů je proveden dle ČSN 731001

Parametry zeminy F3 – hlína písčítá

- Objemová tíha:  $\gamma = 18 \text{ [kN/m}^3\text{]}$
- Modul přetvárnosti:  $E_{def} = 5 - 8 \text{ [MPa]}$
- Úhel vnitřního tření:  $\varphi_{ef} = 24 - 29 \text{ [}^\circ\text{]}$
- Soudržnost zeminy:  $c_{ef} = 8 - 16 \text{ [kPa]}$

Efektivní parametry zeminy jsou použité pro odvodněnou zeminu.

Únosnost základové půdy je dána vztahem

$$R_d = c_d \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c + \gamma_1 \cdot d \cdot N_d \cdot s_d \cdot d_d \cdot i_d + \gamma_2 \cdot \frac{b}{2} \cdot N_b \cdot s_b \cdot d_b \cdot i_b$$

Výpočtové hodnoty úhlu vnitřního tření  $\varphi_d$  a soudržnosti  $c_d$

- Pro  $\varphi > 12^\circ$  se rovná  $\varphi_d = \frac{\varphi}{\varphi - 4} = \frac{26}{26 - 4} = 22^\circ$
- $c_d = \frac{c_{ef}}{\gamma_{MC}} = \frac{12}{1,25} = 9,6 \text{ kPa}$

Součinitelé únosnosti

- $N_D = \tan(45 + \frac{\varphi_d}{2})^2 \cdot e^{\pi \cdot \tan \varphi_d} = 7,82$
- $N_C = (N_D - 1) \cdot \cot \varphi_d = 16,88$
- $N_b = 1,5 (N_D - 1) \cdot \tan \varphi_d = 4,13$

Součinitelé tvaru základu

- $s_c = 1 + 0,2 \frac{b}{l} = 1$  pro  $l = 17,2$  m - délka zákl. pasu
- $s_d = 1 + \frac{b}{l} \cdot \sin \varphi_d = 1$
- $s_b = 1 - 0,3 \frac{b}{l} = 1$

Součinitelé hloubky založení

- $d_c = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{d}{b}} = 1,13$
- $d_d = 1 + 0,1 \sqrt{\frac{d}{b} \sin(2\varphi_d)} = 1,11$
- $d_b = 1$

Součinitelé šikmosti zatížení

- Pro  $\delta = 0^\circ$  jsou  $i_c = i_d = i_b = 1$

$$R_d = 9,6 \cdot 16,88 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1 + 18 \cdot 0,5 \cdot 7,82 \cdot 1 \cdot 1,11 \cdot 1 + 18 \cdot \frac{0,3}{2} \cdot 4,13 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 272,37 \text{ kPa}$$

Posouzení 1. MS

1) Pro betonový rošt

$$\frac{N_{Ed,ROT} + vl. \text{ tíha základu}}{b \cdot l} = \frac{76,68 + (0,7 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 1,35)}{1 \cdot 0,3} = 258,27 \text{ kPa} < R_d = 272,37 \text{ kPa}$$

2) Pro kamenný základ

$$\frac{N_{Ed,ROT} + vl. \text{ tíha základu}}{b \cdot l} = \frac{45,99 + (1,6 \cdot 0,4 \cdot 1 \cdot 24 \cdot 1,35)}{1 \cdot 0,4} = 166,82 \text{ kPa} < R_d = 272,37 \text{ kPa}$$

## 5.5. Akustika

Akustickou pohodou se zabývám pro vnitřní stěny sousedících tříd jakožto nejrušivějšího elementu při výuce. Technická místnost je odsazena od učeben před další místnost a kuchyně je na konci druhého křídla daleko od tříd. Objekt je jednopodlažní a jedná se tedy pouze o vzduchovou neprůzvučnost stěnou. Materiálem jsou nepálené hliněné cihly tloušťky 250 mm vyzděné ve stylu štitové stěny až do střechy. Toto řešení má výhodu, že nevzniká nutnost řešení problematických zvukotěsných detailů v případě různých variant zavěšených podhledů při zachování vzdušnosti tříd. Dělicí stěna je jednovrstvou konstrukcí, u které je hmotnost převažující vlastností pro akustický útlum. Pozitivní rysem hlíny jako stavebního materiálu je z hlediska neprůzvučnosti její jistá pružnost, která také přispívá k pohlcování zvuku.

Vzduchová neprůzvučnost stěny je posouzena dle ČSN 730532 (2010) v programu Neprůzvučnost<sup>8</sup>.  
Protokol z posouzení:

---

<sup>8</sup> NEPrůzvučnost 2010, (c) 2010 Svoboda Software



### Základní parametry úlohy:

Typ konstrukce : jednoduchá jednovrstvá  
Typ výpočtu : vážená neprůzvučnost  
Korekce k : 0,0 dB

### Zadané vrstvy konstrukce (od chráněné místnosti):

číslo	Název	D[m]	Ro[kg/m <sup>3</sup> ]	c[m/s]	eta[-]	Ed[MPa]/alf
1	Zdivo cihelné	0,2500	1800,0	2108	0,035	-----

Kmitočet f[Hz]	Neprůzv. R[dB]	Ref. křivka Rref[dB]	Rozdíl deltaR[dB]
100	36,3	34	-----
125	36,3	37	0,7
160	36,3	40	3,7
200	39,2	43	3,8
250	42,4	46	3,6
315	45,8	49	3,2
400	48,0	52	4,0
500	50,0	53	3,0
630	52,0	54	2,0
800	54,0	55	1,0
1000	56,0	56	0,0
1250	58,0	57	-----
1600	60,0	57	-----
2000	62,0	57	-----
2500	64,0	57	-----
3150	66,0	57	-----
<b>Součet:</b>			<b>25,0</b>

**Vážená neprůzvučnost (laboratorní)  $R_w$  :** 53 dB

**Faktor přizpůsobení spektru C :** -1 dB

**Faktor přizpůsobení spektru C, tr :** -5 dB

**Zápis dle ČSN EN ISO 717-1:**  $R_w (C; C_{tr}) = 53 (-1; -5)$  dB

**Název konstrukce:** stěna z nepálených cihel

**Typ konstrukce:** vnitřní příčka či strop (vzduchová neprůzvučnost)  
**Skladba konstrukce:** uvedena v protokolu o výpočtu programu NEPrůzvučnost

### Min. požadavek na váženou stavební neprůzvučnost

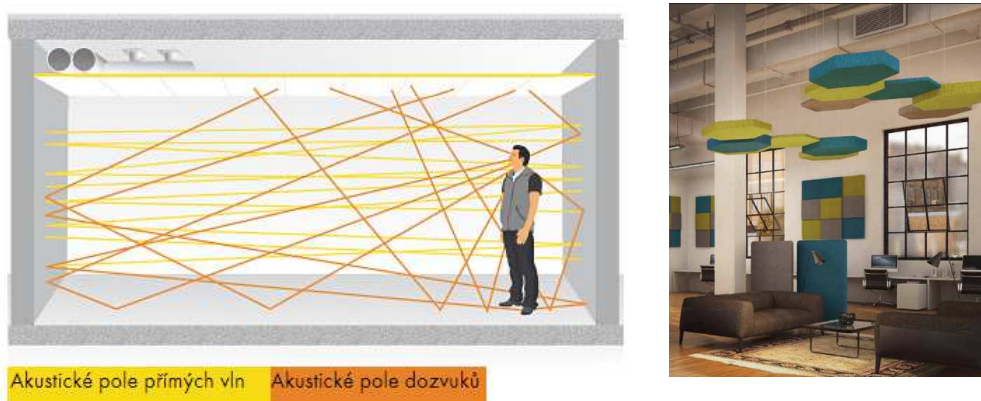
(pro zvolené podmínky)  $R'_w = 47$  dB

Výsledek výpočtu  $R'_w = 53$  dB

Hodnota předpokládané vážené stavební neprůzvučnosti je větší než požadovaná hodnota.

**Konstrukce předběžně splní požadavky ČSN 730532 (rozhoduje však výsledek měření).**

Pro další ověření by mělo věnovat více pozornosti otázce odrazu zvuku nahoru od krajních stěn a umístění možných architektonických zavěšených prvků k jejich pohlcení (Obrázek 61).



Obrázek 61 - Vlevo: Akustické parametry v místnosti; Vpravo: Příklad vertikálního pohlcovače zvuku

(Zdroj: <http://www.ecophon.com/cz/akusticka-reseni/o-akustice/typy-absorberu-a-jejich-pouziti/Vertikalni-akustika/>)

[https://www.google.cz/search?q=akustick%C3%A9+zav%C4%9B%C5%A1en%C3%A9+pohlcova%C4%8De&rlz=1C1CAFB\\_enCZ619CZ619&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwidkNmN8vrXAhWJI-wKHfCrCz4Q\\_AUICigB&biw=1920&bih=974#imgrc=gFly\\_WQVZPLzQM:](https://www.google.cz/search?q=akustick%C3%A9+zav%C4%9B%C5%A1en%C3%A9+pohlcova%C4%8De&rlz=1C1CAFB_enCZ619CZ619&source=Inms&tbm=isch&sa=X&ved=0ahUKEwidkNmN8vrXAhWJI-wKHfCrCz4Q_AUICigB&biw=1920&bih=974#imgrc=gFly_WQVZPLzQM:))

## 5.6. Osvětlení

Osvětlení prostoru, ve kterém trávíme mnoho času, je důležitým faktorem kvality prostředí a celkové pohody, zejména pak z dlouhodobého hlediska. Pro intenzitu osvětlení tříd (mimo laboratoř, večerní studovnu a odbornou učebnu) dle ČSN EN 12464-1<sup>9</sup> platí požadavek 300 lx ve srovnávací rovině 0,85 m nad úrovní podlahy, což odpovídá výšce pracovní plochy školní lavice. S tímto je také spojený požadavek na rovnoměrnost osvětlení, který je určen jako  $\geq 0,7$  (poměr minimální a průměrné osvětlenosti v místě zrakového úhlu). Z toho vyplývá, že minimální osvětlenost na lavici nesmí klesnout pod 210 lx. Osvětlení bezprostředního okolí lavic musí být minimálně 200 lx s rovnoměrností  $\geq 0,5$ . Dobrá rovnoměrnost osvětlení je nezbytná pro zrakovou pohodu lidí, neboť její velké rozdíly významně unavují lidský zrak. S tím je spojená i otázka barvy tabule. Tradiční české tmavě zelené či černé tabule trpí několika nevýhodami. Jednou z nich je vysoký kontrast a jas při změně pohledu z tmavé tabule na bílý či světlý papír. Aby nedocházelo k tak vysoké změně úrovně jasu, její hodnota na tabuli by neměla menší než 1/3 jasu papíru. Konkrétně, má-li list papíru na lavici cca jas 50 cd/m<sup>2</sup> tmavá zelená tabule by měla být osvětlena minimálně 600 lx. Vhodnými svítidly (lineární zářivkové) je možné tento nárok zajistit, ale zůstává problém vysokého kontrastu. Proto je vhodnější použít světlou tabuli s černými fixy, která bude mít za stejných podmínek osvětlení, vyšší jas. Zároveň se v normě uvádí min. osvětlenost tabule 500 lx, což je pro tmavé tabule nevyhovující. Stoly by měly mít matný povrch, stejně tak jako tabule s výjimkou těch, na které se nepíše křídou. (19)

Dalšími neméně důležitými charakteristikami umělého osvětlení je barevný tón a podání barev. Barevný tón světla je vyjádřen teplotou chromatičnosti světelného zdroje. Zářivkové zdroje jsou běžně děleny do tří skupin – teplá bílá, neutrálně bílá a studená bílá barva světla. Podání barev charakterizuje index Ra, který vypovídá o tom, jak přirozeně se v jeho světle jeví okolí. Pro školní prostory tento index

<sup>9</sup> Min. intenzita osvětlení na pracovní ploše lavice je dle organizace UNESCO je 106 lx

nesmí být menší než 80, kdy 100 odpovídá přesnému zobrazení barev. Nesmíme zapomenout, že jedna místnost musí mít jednotnou jakost světla.

referenční číslo	druh činnosti, místnost	Em	UGR	Ra	Poznámka
6.2.1.	učebny, konzultační místnosti	300	19	80	osvětlení má být regulovatelné
6.2.2.	učebny pro večerní studium a vzdělávání dospělých	500	19	80	osvětlení má být regulovatelné
6.2.3.	přednáškové haly	500	19	80	osvětlení má být regulovatelné
6.2.4.	tabule	500	19	80	zamezit zrcadlové odrazy

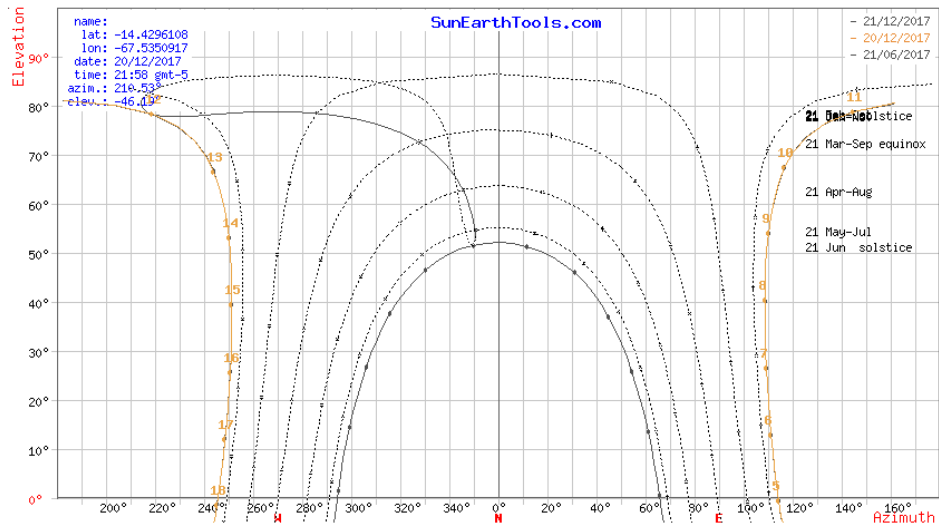
Obrázek 62 - Požadavky ČSN EN 12464-1

(Legenda: Em – Udržovaná osvětlenost [lx]; UGR – Index rušivého oslnění; Ra – Všeobecná index podání barev)

Umístění světelných zdrojů se volí nad levým okrajem lavic podélně s uličkami tak, aby se zamezilo oslnění odrazem a umělé osvětlení lavic přicházelo ze stejné strany jako to denní. Toto rozmístění platí nejlépe pro klasické uspořádání třídy. Výška parapetu by pro děti starších 14 let neměla přesáhnout 120 cm, aby se neztrácel kontakt s venkovním prostředím a výhledem na horizont.

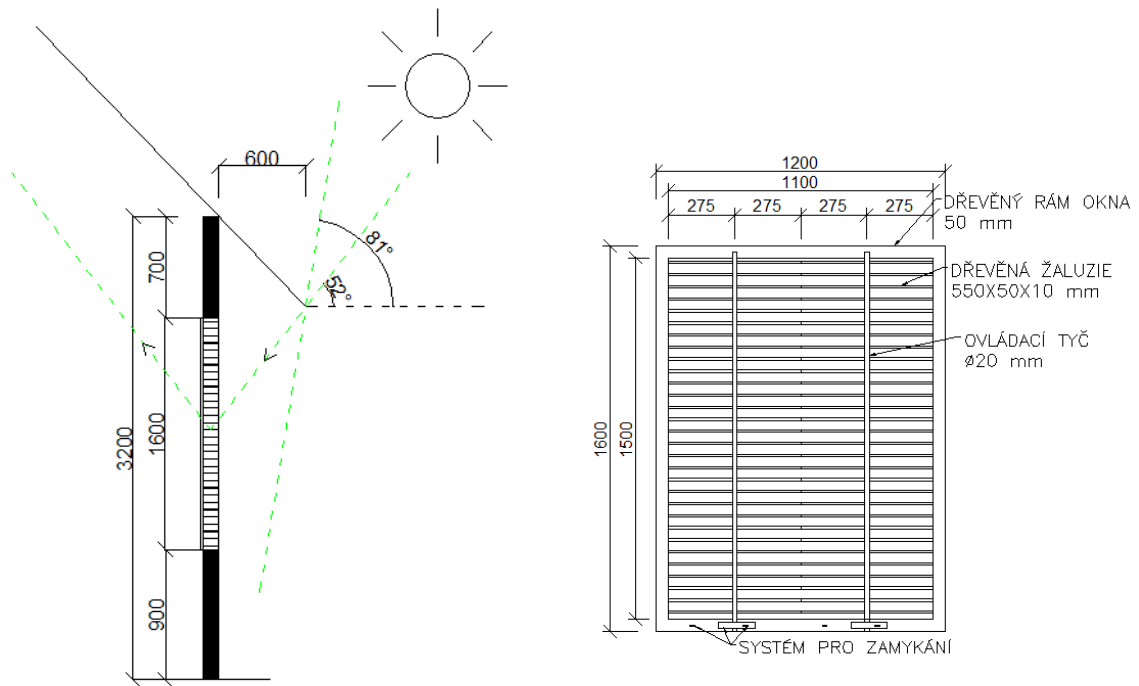
Pro denní osvětlení by stínící překážky měly mít odstup vyjádřený jako poměr převýšení stínící hrany překážky nad osou oken ke kolmé půdorysné vzdálenosti hrany od průčelí, v ideálním poměru 1:3. Pro dřeviny platí odstup max. výšky budovy.

Okna ve třídách v navrhované škole jsou orientována na sever, což je vhodná strana pro jižní polokouli. Další okna jsou umístěná do otevřené chodby a jsou orientována směrem na jih. Hloubka místnosti je 5,6 m. Parapet je ve výšce 900 mm, aby při sezení bylo vidět pohodlně do venkovního okolí. Vzhledem k tomu, že na severní straně za školou bude prostor pro hřiště, nebudou se zde vyskytovat žádné stínící překážky. Okna v budově jsou různě širé, ale s jednotnou výškou 1600 mm. Zevnitř jsou instalované dřevěné sklapovací lamely pro regulaci dopadajícího světla, které ho současně odráží dále dovnitř místnosti. Rámy nejsou zasklené a zvenku je pouze upevněná moskytiéra. Přesah střechy byl zvolen 600 mm od obvodové stěny, aby nedocházelo k přímému oslnění a zejména ohřívání prostoru těsně za okny, protože se nacházíme blízko rovníku a v letních měsících teploty stoupají nad 30°C. Dráha slunce během dne v různých měsících roku je zobrazená na následujícím slunečním diagramu. Maximální úhly, pod kterým dopadají sluneční paprsky v zimě a v létě, čistě pro severní stranu, jsou znázorněny níže (Obrázek 64).



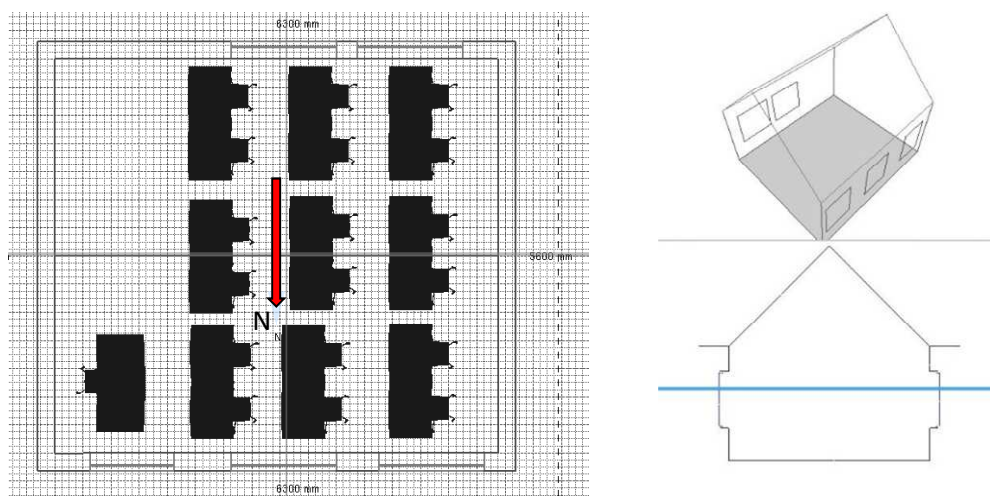
Obrázek 63 - Sluneční diagram

(Zdroj: [https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos\\_sun.php](https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php))



Obrázek 64 – Vlevo: Dopadající světlo vzhledem k výšce okna a přesahu střechy; Vpravo: Řešení žaluzií

Nejnepříznivější situace nastává v zimě (v červnu) při zatažené obloze. Výstupy jsou zpracované v programu Velux Daylight Visualizer.

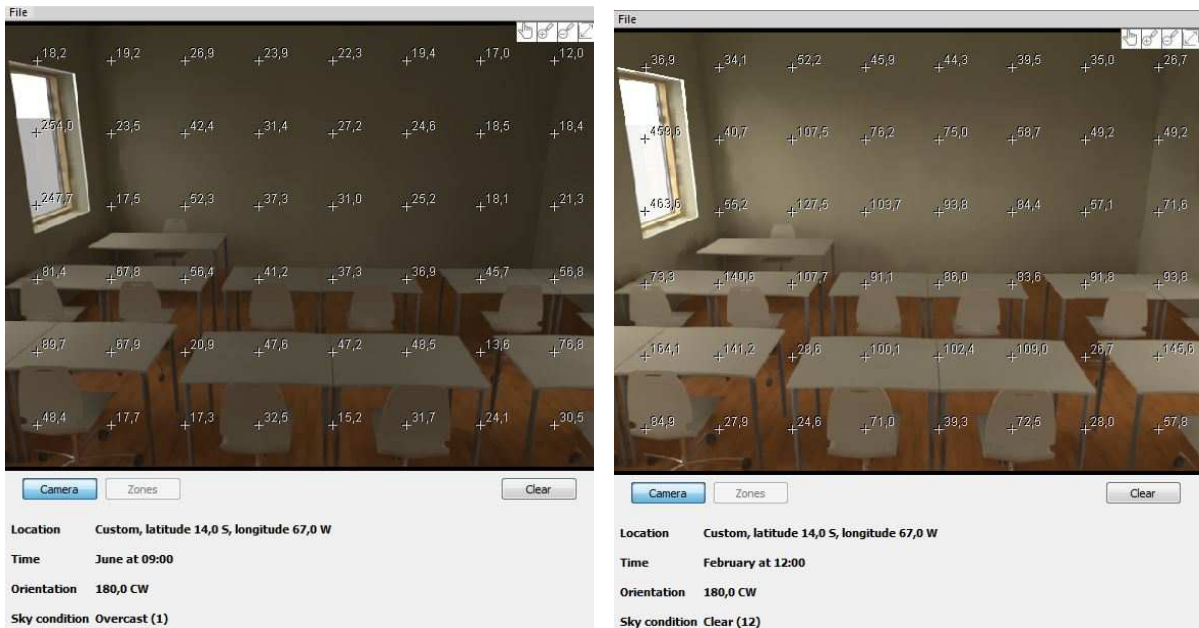


Obrázek 65 - Dispozice třídy pro modelování osvětlení



Obrázek 66 - Činitel denního osvětlení  $D$  [%]

Pro třídu IV zrakových činností, do které spadá i čtení a psaní, se požaduje minimální hodnota  $D_{\min}$  1,5% a tu učebna splní.



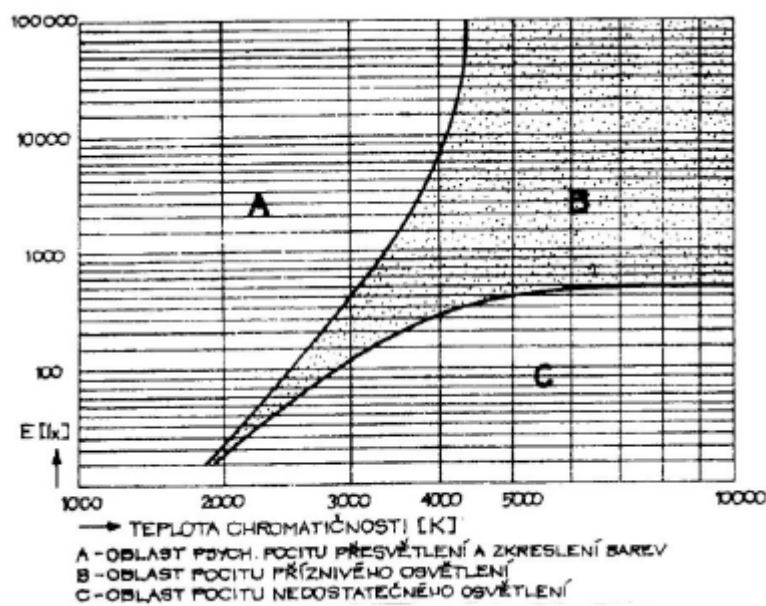
Obrázek 67 - Hodnoty luminance ráno v zimě při zatažené obloze a v létě v poledne při slunečném dni [ cd/m<sup>2</sup>]

Luminance vyjadřuje sílu kolika kandel září (odráží či vysílá světlo) plocha 1 m<sup>2</sup>.

Příklad typické hodnoty luminance

- 50 cd/m<sup>2</sup> odpovídá bílému papíru (odrazivost 0,8) osvětleného 400 lx (20)

Z obrázků je patrné, že denní osvětlení vnitřní prostor tříd nebude dostatečné po celou dobu výuky během roku a je proto nutné zajistit sdružené osvětlení jejich prostor. Pro výběr svítidel do jednotlivých místností s různými nároky na osvětlenost nám pomáhá Kruithofův diagram, kdy dle potřebné osvětlenosti, určíme rozmezí teploty chromatičnosti svítidla.



Obrázek 68 - Kruithofův diagram

(Zdroj: [http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/teorie\\_osvetleni.pdf](http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/teorie_osvetleni.pdf))

Návrh umělého osvětlení tříd je inspirován modelem českých učeben. Nad každou lavicí budou instalovány zářivky rovnoběžně se stěnami, ve kterých jsou okna, a před tabulí bude umístěno asymetrické svítidlo. Ve zbytku budovy budou úsporné teplé LED žárovky, které se tolik nezahřívají jak halogenové a není je nutno chránit. Svítidla budou zavěšena na pomocných prvcích mezi kleštinami krovu.

Přibližné parametry svítidel:

Nad lavicemi: - zářivka 2x 18W, délky 1300 mm

Pro tabuli: - zářivka 1x 18W, délky 1300 mm

## 5.7. Požární ochrana

Ačkoliv se dřevo řadí mezi hořlavé a zápalné materiály, jeho chování v průběhu požáru je dobré. Na povrchu se vytvoří zuhelnatělá vrstva, která brání přístupu vzduchu a tlumí tak průběh hoření. Konstrukce se chrání buď dalším materiálem, nebo chemickými prostředky v podobě nátěrů. Mezi nejúčinnější patří vícesložkové systémy, které se při zvýšené teplotě aktivují a vytvoří izolační vrstvu pěny. Jejich výhodou oproti ostatním prostředkům je jejich nerušící vzhled i při opakující se aplikaci. Možnou variantou protipožární ochrany je i použití biocidních prostředků se zvýšenou koncentrací sloučenin boru ( $200 \text{ g/m}^2$ ), které se chovají jako retardéry hoření. Použité dřevo na konstrukci školy má výhodu v podobě vysoké objemové hmotnosti, které oddaluje bod zapálení materiálu. Stejně tak vysoká vlhkost dřeva použitého v exteriéru je pozitivním parametrem, jelikož před vlastním hořením musí všechna vyprchat.

Objekt je jednopodlažní budova, ve které všechny místnosti vedou do otevřené chodby a dále na volné prostranství. V České republice lze jednotlivé požární úseky propojit nechráněnou únikovou cestou (NÚC) na volné prostranství v maximální délce 35 m (v závislosti na výšce objektu, počtu unikajících osob, typu provozu) v případě jedné použité únikové cesty. Minimální šířka únikového pruhu pro NÚC je alespoň 55 cm v kritických místech jako jsou zúžení či dveře. Těmto požadavkům návrh vyhovuje. Dále bude na chodbě volně přístupné přenosné hasicí zařízení a před budovou umístěný nadzemní hydrant, jehož dosah do nejdlejšího místa požárního úseku nepřekročí 30 m (pro systém se sploštitelnou hadicí). (21)

## 5.8. Technické zařízení budovy

Hlavními výzvou je zejména řešení odpadu objektu, protože napojení na veřejnou kanalizaci není možné. Pro venkovské oblasti v této části světa jsou zdroje vody a převažující řešení kanalizace odlišné než v našich zeměpisných šířkách. Z následujících údajů, zpracovaných v rámci předběžného průzkumu pro projekt zlepšování hygienických zařízení ve venkovských amazonských oblastech v Peru<sup>10</sup>, vyplývá, že pitná voda je získávána nejčastěji z řek, přírodních pramenů, studen a přímo zavedeného vodovodu do budovy. Kanalizace je řešena nejvíce suchými záchody nebo vůbec není k dispozici (Tabulka 11). V případě vesnice Santa Ana je pitná voda dostupná z místního vodovodu. Na ten budou připojena všechna zařízení ve škole. Budovu není třeba vytápět, jelikož se nachází v tropickém klimatu a nejnižší

---

<sup>10</sup> The Preparatory Survey for Water Supply and Sanitation Improvement Project in Rural Amazon Area – Ministry of Housing, Construction and Sanitation [ February 2011]

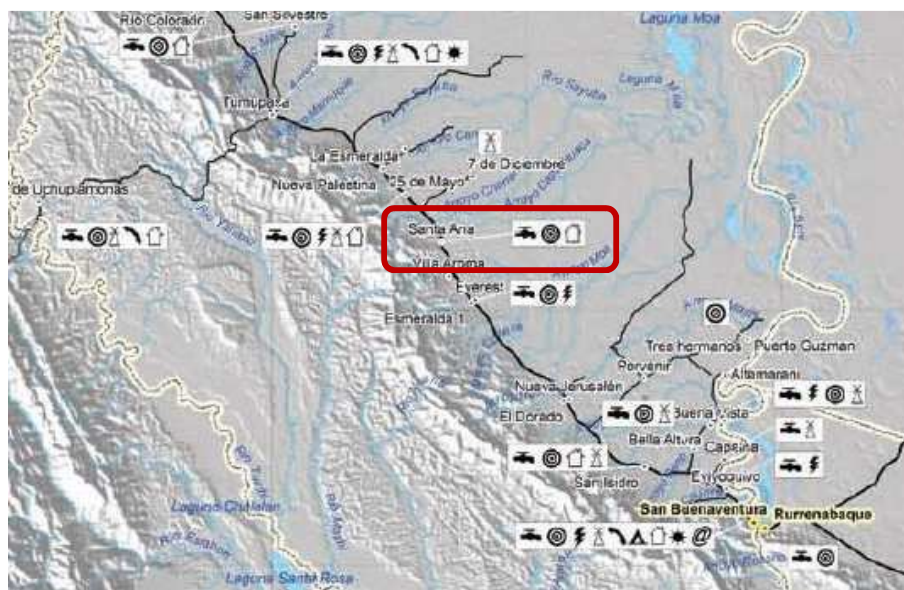


teploty v roce neklesají pod 18°C. V indiánských komunitách není zvykem instalovat ani vzduchotechnická zařízení. Lidé žijící v těchto klimatických podmínkách jsou totiž na vyšší teploty v interiéru zvyklí. V místě není zavedená elektrická energie.

Type of facilities	Nation wide		Rural	
<b>Water Supply Coverage (against total household)</b>				
In-house connection	54.8%	75.5 %	13.1%	44.2 %
Out-house connection	8.9%		8.7%	
Communal taps	3.8%		3.6%	
Well	8.0%		18.8%	
Water Tank Truck	4.2%	24.5 %	1.2%	55.8 %
River, canal, spring	16.0%		50.5%	
Given water	3.2%		2.8%	
Others	1.1%		1.3%	
<b>Sanitation Coverage (against total household)</b>				
In-house connection	48.0%	54.1 %	1.7%	2.5%
Communal	6.1%	26.7%	0.8%	52.5%
Septic – tank	4.9%		5.2%	
Latrine	21.8%	19.2%	47.3%	45.0%
River, cannel	1.8%		3.1%	
Not available	17.4%		42.0%	

Source: INEI Census (2007)

Tabulka 11 - Zdroje vody a řešení kanalizace



Obrázek 69 - Dostupnost základních služeb ve vesnici Santa Ana (5)

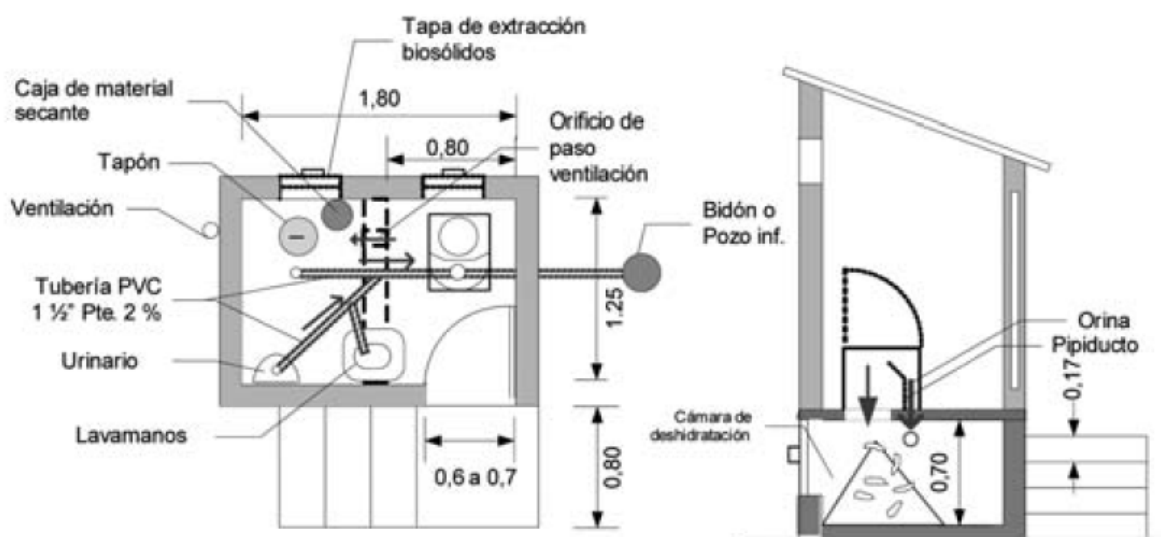
(Legenda:  vodovod)

Návrh technického řešení je proveden dle bolivijské vyhlášky *Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias* a technické normy *Guía técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Sanamiento con Tecnologías Alternativas*.

## 5.9.1 Odpady

### 5.9.1.1 Suché záchody

Používání splachovacích záchodů je běžné nejen ve vyspělých částech světa, ale i ve většině měst v Bolívii. Existuje ale také řada míst, kde je jejich použití limitované. Systém zakládající se na splachovacích záchodech totiž vyžaduje vysoké množství vody k odstranění poměrně malého množství odpadu. Zároveň také předpokládá její svádění na centralizované místo a čištění tak, aby nedocházelo k znečišťování řek a oceánů. Navíc se některé části lidského odpadu nechají dále docela úspěšně využít. Například separovaná moč je sterilní, s nízkým obsahem těžkých kovů, a její složení je vhodné k použití jako hnojivo. Pevná část odpadu se nechá kompostovat až do doby, kdy se stane zdravotně nezávadnou a nechá se pak vrátit do přírody. Na druhou stranu je nutné dbát na jeho pravidelné zasypávání organickým materiálem (popel, piliny, zbytky zeleniny). Zároveň může být zdravotně nebezpečné vyndat kompost dřívě, než je jeho úplný rozklad dokončen. Komory pro suchý záchod je nutné vytvořit z odolného a neprosákavého materiálu, aby nedošlo ke kontaminaci okolí, zvláště pak podzemních vod.



Obrázek 70- Prototyp suchého záchodu dle vyhlášky (18)

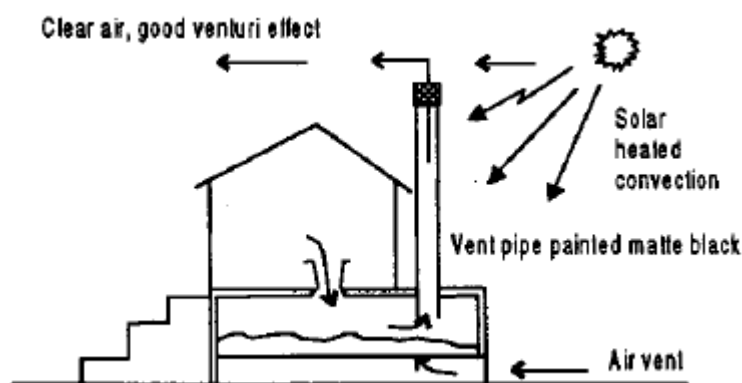
V půdoryse a řezu je vidět odvádění separovaných částí odpadu s nutným sklonem a rozměrem potrubí. Dále je znázorněno nutné větrací potrubí, dvířka k oběma komorám, uzavřený jeden záchod a nádoba na zásypový materiál. V uvedeném příkladu je místnost určena pro obě pohlaví i s umístěným umyvadlem uvnitř, což v případě školy bude řešeno odlišně.



Obrázek 71 - Vlevo: Uspořádání se zásypovým materiálem; Vpravo: Separace moči

(Zdroj: <https://cz.pinterest.com/pin/543880092477511585/?lp=true>, <http://www.littlehouse.co/shop/eco-loo-divert/>)

Technické řešení – záchody jsou navrženy jako suché se separací moči a to z důvodu zmíněných v předchozí části. Kromě toho kapalná složka nepřispívá k dobrému rozkladu pevného odpadu a proto je výhodnější obě části rozdělit. Pro správnou kompostaci je nutné dostatečné větrání komory, které významně napomáhá k vysušování exkrementů, a dosažení vyšších teplot, při kterých dochází k zabíjení přítomných patogenů. K provětrávání bude sloužit větrací trubice vyvedená za objekt, pokračující vzhůru nad střechu s průměrem minimálně 150 mm a vytvoření falešného dna z dřevěných latí a volného dna s přívodními větracími trubicemi skrz komoru. To umožňuje provětrávání a vysušování i při zaplnění prostoru komor. Minimální průměr trubice je 100 mm. Dno je ve spádu k odvádění přebytečných tekutin. Komory jsou orientovány převážně směrem na východ a sever, aby docházelo co k největšímu zahřátí prostoru a masy. Tomu může napomoci i natření tmavou barvou. Výzkumy ukázaly, že účinnější než konvekce proudění v hlavní větrací trubici, je přívod větru zvenku (22). Vršek větrací trubice má být chráněn sítkou proti vstupu much.



Obrázek 72- Schéma ventilace suchého záchodu ( 22)

V našem případě bude dno i stěny z betonu. V zadní části komory bude dvířka pro vynášení odpadu. Před začátkem používání suchého záchodu se na falešné dno položí vrstva organického materiálu, jako jsou zbytky zeleniny či suché trávy. Po každém použití toalety je nutné exkrementy zasypat nejlépe popelem, vápnem či pilinami a nevhazovat toaletní papír. Suchý záchod je možno používat až do doby naplnění komory, k čemuž by mělo dojít v našem případě zhruba po 9,5 měsících. Rozklad kompostu na zdravotně nezávadný materiál trvá zhruba 1 rok, kdy klesá jeho vlhkost a pH. Následně lze využít vynesení materiál jako mulč.<sup>11</sup> V případě, že by se i po dané době odpad řádně zcela nerozložil, je možné ho vynést a odvést v kontejnerech za účelem další kompostace a zpracování. V tomto případě by bylo třeba se domluvit s obcí na odvezení odpadu proškolenými lidmi a jeho následném zpracování.

Toalety pro dospělé jsou vyvýšené jako zbytek školy. Důvodem je snadný přístup k vynášení kompostovaného materiálu, možnost gravitací odvádět přebytek tekutin do evapotranspiračního zákopu a přívodu vzduchu do kompostovací komory.

Návrh dimenzí komor vychází z těchto předpokladů:

- Provoz školy je 5 dní v týdnu -> cca 21 dní v měsíci
- Prázdniny min. 2,5 měsíce za rok
- Výuka denně 7 hodin + oběd -> předpoklad použití polovinu dne
- Dle norem je počet kabin pro dívky 2 a chlapce 1. Celkem je 72 žáků.

<sup>11</sup> Agrotechnická technika používaná v zahradnictví a zemědělství. Spočívá v obsypání nebo pokrytí okolí rostliny materiálem, kterým nedokážou prorůst jiné, nežádoucí, rostliny – plevely.

- Standardní komora má rozměry 1 x 1 x 0,7 m. Objem se plní do tvaru pyramidy s objemem 300 l a efektivní výškou 0,63 m.

Objem odpadu dle normy

Descripción	Unidad	Cantidad
Producción de heces	L/hab.mes	5,13*
Producción de orina	L/hab. mes	33 - 42

Tabulka 12 - Objem pevného odpadu a moči v litrech za 1 měsíc na jednoho obyvatele (18)

(Legenda: Descripción – Popis; Unidad - Jednotka; Cantidad – Množství; \* - v množství je již zahrnut zásypový materiál)

Návrh počtu kabinek

Uvedený objem odpadu dle technické normy byl stanoven na základě předpokladu celodenního používání toalet v průběhu celého kalendářního měsíce, což ovšem neodpovídá reálnému provozu školy. Proto uvedené množství odpadu redukuje na polovinu, jelikož ve škole budou lidé pobývat jen zhruba polovinu dne a to pouze ve všední dnech.

$$V_o = \frac{5,13}{2} = 2,565 \text{ l} \quad V_o = 2,565 \cdot \frac{21}{30} = 1,796 \text{ l}$$

Pro naplnění jedné komory za 9,5 měsíce

$$\frac{V_k}{V_o \cdot n} = T_k \rightarrow \frac{300 \text{ l}}{2,565 \cdot n} = 9,5 \rightarrow x = 17 \text{ osob}$$

$V_k$  – Objem komory

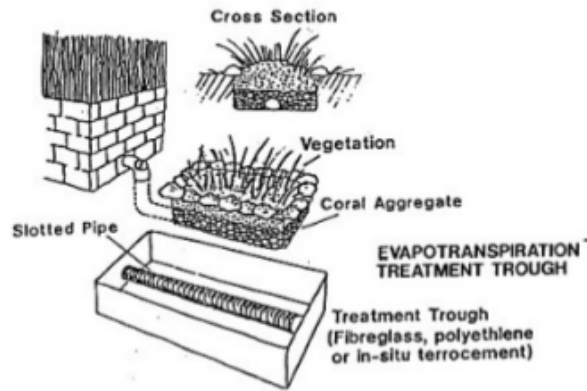
$V_o$  – Objem odpadu

$n$  – počet osob pro zaplnění 1 komory

$T_k$  – doba používání toalety

Pro žáky tedy bude navrženo celkem 6 kabinek (3 pro dívky, 3 pro chlapce). Pro dospělé 2 kabinky (1 pro ženy, 1 pro muže).

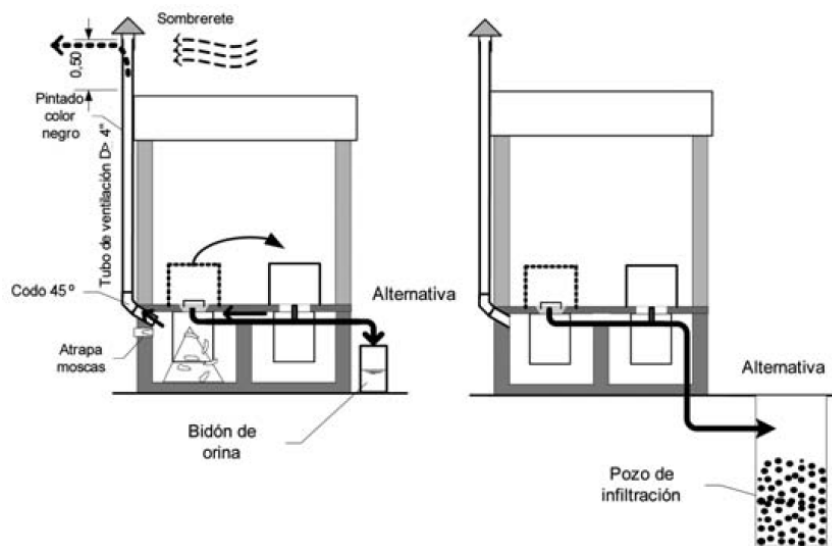
Přebytečné tekutiny budou potrubím sváděny do evapotranspiračního zákopu za budovou dostatečně daleko tak, aby byl zajištěn bezproblémový přístup k dvířkům do kompostovacích komor. Zákop je složen z nepropustného dna, na kterém je šterkové lože s přírodní trubicí a zasypané zeminou s vegetací na povrchu. Celý systém funguje na principu vypařování vody.



Obrázek 73 - Schéma evapotranspirační zákopy

(Zdroj: <https://www.slideshare.net/SofiaLemos/composting-toilet-full-plans1-1>)

Separovaná moč je odváděna buď do plastových bidonů, s objemem 20 l, umístěných vedle jednotlivých komor, které mohou být tak vynášeny jednou osobou, nebo do vsakovací jímky. Bidon je snadno čistitelný, levný a znovu použitelný. Pro další využití moči jako hnojiva při pěstování je potřeba ji nechat odstát alespoň 1 měsíc v místech s teplotou vyšší než 20°C z důvodu snížení pH. Při běžném použití či odvádění do země není toto opatření nutné.



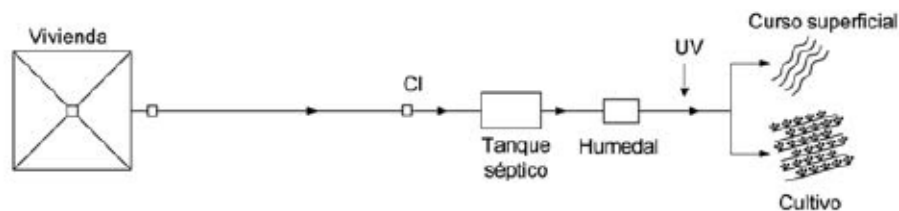
Obrázek 74 - Možnosti odvádění moči Vlevo: Varianta do bidonů; Vpravo: Varianta do vsakovací jímky (18)

Dále je na obrázcích znázorněno provedení větrání komor s vedením potrubí za objektem s dostatečnou výškou nad střechou. Doporučuje se natření potrubí černou barvou, osazení 45° kolena a s průměrem větším než 4" (~ 10 cm).

### 5.9.1.2 Odpadní vody

Všechna šedá voda z umyvadel a dřezů bude odváděna do septiku na primární čištění a dále do kořenové čističky. Na konci tohoto procesu je voda dostatečně zbavena nežádoucího znečištění a může být vyvedena přímo do okolí či použita na závlahu rostlin a pěstování plodin. Septiky je možné použít i pro větší počet osob, jedná se o poměrně jednoduchou a dostupnou technologii stejně jako zbudování kořenové čističky, která je však spíše náročná na prostor.





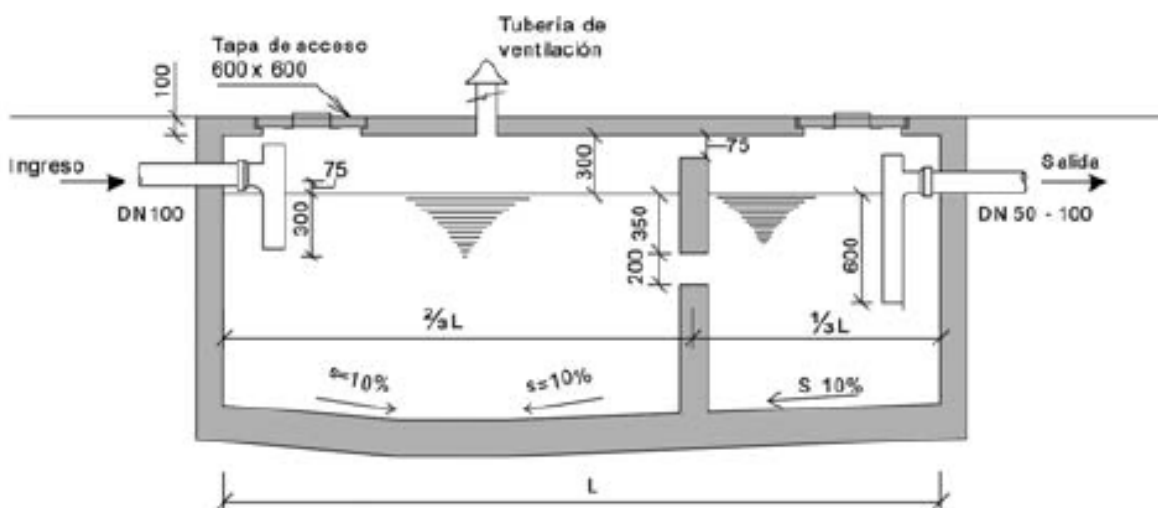
Obrázek 75 - Schéma odvádění odpadních vod (18)

(Legenda: Vivienda – Dům; CI – Cámara de inspección – Revizní šachta; Tanque séptico – Septik; Humedal – Kořenová čistička; UV – Možné čištění vody pomocí UV záření; Curso superficial – Povrchový odtok; Cultivo – Použití vody pro hospodářství)

## Septik

Jedno či dvoukomorová nádrž, kde dochází k primárnímu čištění vody usazováním přebytečného kalu na dno. Septik je uložen v zemi na připravené zhuštěné dno nebo do připraveného obetonovaného výkopu. Vyrábí se z polypropylenových desek s nahoře připravenými revizními vstupy a větracím potrubím. Přístup do septiku slouží k následnému vyčerpání nashromážděného kalu ze dna a to obvykle jednou za rok. Zároveň musí být také zajištěn přístup pro vozidlo, které odváží odpad k dalšímu zpracování. Šedé vody jsou přiváděny gravitační kanalizací v PVC trubkách. Ty se používají i na výpusť ze septiku. Jelikož se jedná o anaerobní proces, při kterém vzniká velké množství plynů, je nutné, aby byl septik vyroben z neprodyšného materiálu a osazen větracím potrubím rozměrů DN 70 – 100.

Septik musí mít dostatečný objem, aby pojmul veškerou odpadní dobu po nezbytnou dobu její retence, usazené kaly po dobu mezi čištěním a další rezervní nezaplňený prostor, který odpovídá výšce 300 mm od horního okraje. Minimální objem septiku je 500 l. Přívodní stejně jako výpustní potrubí má tvar písmene "T". Jeho vodorovná část přesahuje dovnitř septiku ve výšce 75 mm nad hladinou a jeho konec je ponořen pod hladinu v hloubce nejméně 300 mm. Při vypouštění má být tvarovka ponořena 400 - 600 mm pod hladinu. K zabránění průchodu pevných nerozpustných částic se mohou použít perforované PVC trubky s filtrem. Pro lepší kvalitu vody na výtoku se také doporučuje instalovat přepážku proti stoupajícím plynům.



Obrázek 76- Schéma geometrie septiku dle bolivijské technické normy (18)

Na obrázku je znázorněn podélný řez septikem s přívodním a odvodním potrubím ve tvaru "T" a průměry DN 100 a DN 50 – 100. Jsou uvedeny sklony dna, výška volné rezervy 300 mm, revizní vstup s otvorem 600 x 600 mm a nutná ventilace tanku.

## Návrh objemu septiku

Celkový objem septiku se spočítá:

$$V_{ts} = N \cdot (C \cdot t_R + 100 \cdot P) \text{ [l]}$$

$V_{ts}$  – Reálně využitelný objem septiku (tj. celkový objem bez rezervy) [l]

$N$  – Množství osob

$C$  – Množství odpadních vod na osobu [l/osoba/den]

$t_R$  – Doba zadržetí odpadní vody v septiku [den]

$P$  – Interval čištění kalu [rok]

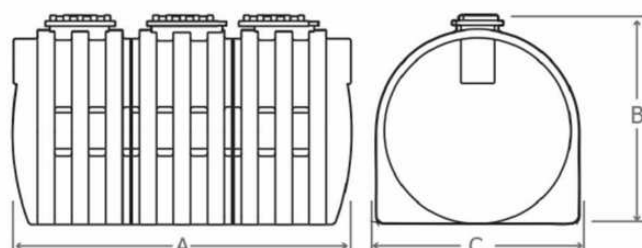
Celkové množství osob (žáci, učitelé, personál) je 84. Dle *Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias* (Národní vyhláška pro sanitární zařízení v budovách) je pro školy stanoveno množství odpadních vod 50 l/osoba/den. Pro komunity/domy s více než 30 osobami může být doba zadržetí vody v septiku snížena z 1 dne na 0,5 dne. Vyhláška také udává referenční objem kalu 100 l/rok a interval čištění je nevržen v našem případě na 1 rok. Tedy:

$$V_{ts} = 84 \cdot (50 \cdot 0,5 + 100 \cdot 1) = 10\,500 \text{ l} = 10,5 \text{ m}^3$$

K spočítanému využitelnému objemu septiku je dále potřeba přičíst rezervu (nenaplněný volný prostor) a dle toho vybrat odpovídající velikost prodávaných septiků. Objem rezervy spočítáme jako:

$$V_{rez} = 0,3 \cdot b \cdot l = 0,3 \cdot 1,83 \cdot 6,42 = 3,52 \text{ m}^3$$

Pro pojmnutí celého objemu odpadních vod je zapotřebí septik s kapacitou 15 m<sup>3</sup>. Jelikož jeho rozměry jsou 6,42 x 1,83 x 1,73 m a bylo by obtížné ho dovést na místo a manipulovat s ním, navrhuji použít dva menší septiky o objemu 7,5 m<sup>3</sup> umístěné za oběma hygienickými zařízeními, každý s vlastní kořenovou čističkou.



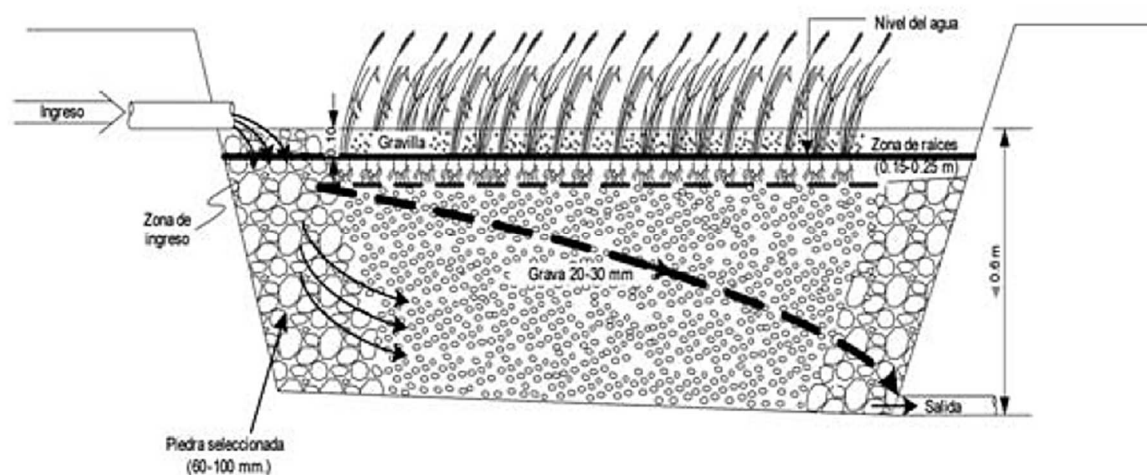
Capacidad (Lts. medidas nominales)	Medida (cm)		
	A	B	C
1.650	230	107	100
2.000	215	125	110
3.000	225	150	131
5.000	242	183	173
7.500	342	183	173
10.000	442	183	173
12.500	542	183	173
15.000	642	183	173
17.500	742	183	173
20.000	500	246	230
25.000	610	246	230
30.000	724	246	230
35.000	838	246	230
40.000	952	246	230
45.000	1066	246	230
50.000	1180	246	230

Obrázek 77 - Vyráběné objemy septiků

(Zdroj: <http://www.rotoplast.com.co/sistema-septico-integrado/>)

## Kořenová čistička

Následuje jako druhý stupeň čištění po septiku, jelikož jeho účinnost odstranění pevných nerozpustných částic je 50 – 70% a organických látek 15 – 30%. Kořenová čistička využívá biologického čištění, které kombinuje fyzikální, chemické a mikrobiologické procesy v interakci s vhodnými vodními rostlinami. Základním principem čištění je horizontální průtok odpadní vody propustným filtračním ložem, které je osázeno vhodnými mokřadními rostlinami (v našem případě se nejčastěji používají *titora* a *caña*, které mají rozvětvené a hluboké kořeny a jsou v dané oblasti snadno dostupné). Filtrační substrát musí být dostatečně propustný, aby nedocházelo k jeho ucpávání a následnému povrchovému odtoku, při kterém se snižuje účinnost čištění. Výsledkem čištění je snížení organického znečištění natolik, že vodu na konci procesu je možné vypouštět zpět do okolí. Vysokou účinnost pozorujeme zejména u odstranění organických látek a rozptýlených pevných částic, která dosahuje 80 – 90%. U dusíku se pohybuje účinnost čištění v rozmezí 20 – 40% a v případě fosforu je jen asi 20 %.



Obrázek 78 - Podélný řez kořenovou čističkou (18)

Na podélném řezu je znázorněno vstupní a odvodní potrubí a jednotlivé zóny po délce kořenové čističky s podpovrchovým odtokem. Vyznačena je hladina vody a osázené mokřadní rostliny. Zvýrazněna je dráha protékající odpadní vody přes filtrační materiál.

Při návrhu kořenové čističky s podpovrchovým prouděním se vychází z Darcyho zákona propustnosti v zeminách, úbytku jednotlivých znečišťujících látek na ploše za jeden den a přípustného množství organických látek a pevných částic na výtoku. Dalším důležitým aspektem návrhu je udržení hladiny vody alespoň 10 cm pod filtračním materiálem z důvodu větší účinnosti čistícího procesu. Na přítoku a odtoku je nutné zajistit rovnoměrné rozložení proudění.

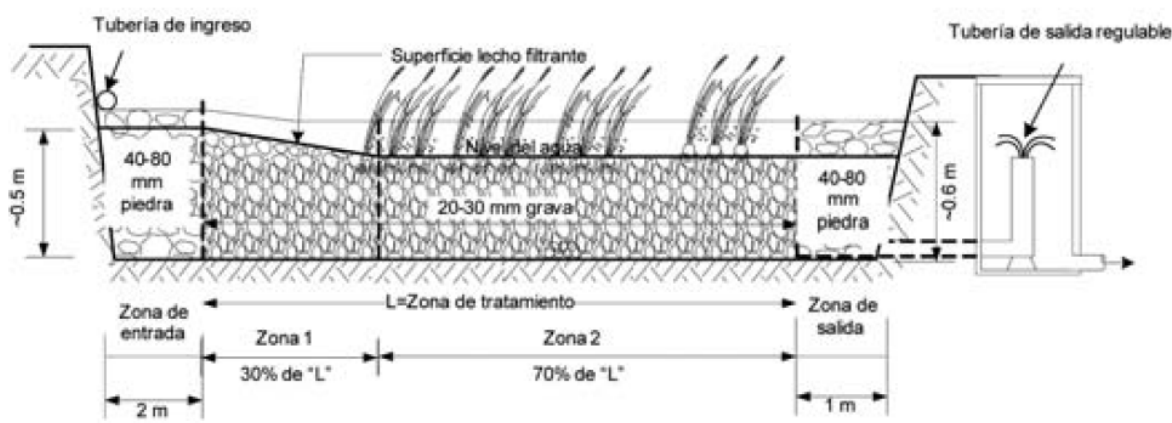
Pro umístění kořenové čističky je potřeba vybrat rovný terén a zkontrolovat hladinu podzemní vody. Celý systém čističky se pak skládá z příkopu, jehož dno a přilehlé svahy jsou zajištěny nepropustnou geotextilií či jílem, aby nedocházelo k vsakování, přírodního perforovaného potrubí ve tvaru "T" s možností inspekce a čištění, odvodního potrubí a filtračního materiálu pro jednotlivé zóny po celé délce příkopu.



Pro lepší odvodnění má dno sklon 0,5 – 1% ve směru proudění. Minimální doporučená hloubka dna je v rozmezí 0,4 – 0,6 m. Na krajích příkopu jsou vytvořeny násypy do výšky 0,6 – 1 m nad hladinou a nejméně 3 m široké z důvodu čištění a revize. Svah by měl mít sklon 2:1 až 3:1. Filtrační materiál se rozmisťuje ve 4 zónách:

- Zóna na přítoku – 2 m dlouhá se štěrkem velikosti zrna 40 – 80 mm, který je dobře propustný a zabraňuje akumulaci vody
- Zónu 1 (na začátku čištění) – odpovídající 30% aktivní čistící délky. Dochází zde k sedimentaci rozptýlených pevných částic. Tento úsek se vysype filtračním materiálem granulometrie 20 - 30 mm snižujícím tak jeho hydraulickou vodivost
- Zóna 2 (pro zbytek čištění) – představuje zbylých 70% délky, kde pokračuje čistící proces. Hydraulická vodivost filtračního materiálu je ovlivňována podstatně méně
- Zóna na výtoku – 1 m dlouhá se štěrkem velikosti zrna 40 – 80 mm

Zrna se doporučují oválná s tvrdostí 3 a výše dle Mohsovy stupnice tvrdosti materiálu. Odvodní potrubí musí být schopné sbírat vodu rovnoměrně po celé šířce a to i v případě změny výšky její hladiny. Z tohoto důvodu se používá ponořené perforované potrubí. Jeho rozestupy se doporučují ne větší než 1/10 z celkové šířky. Na výtoku se umísťuje inspekční komora, kde je nezávislý regulátor řízení průtoku.



Obrázek 79 - Konstrukce kořenové čističky (18)

Detailnější podélný řez znázorňuje změny granulometrie filtračního materiálu v jednotlivých zónách a jejich poměrné délky vzhledem k celkové délce kořenové čističky.

### Návrh rozměrů kořenové čističky

Vstupní data<sup>12</sup>:

- Spotřeba vody na osobu ve škole: 50 l/den
- Počet osob: 84
- Koeficient přítoku odpadních vod: 0,85
- Množství pevných rozptýlených částic (SS) v odpadních vodách: 100 g / m<sup>3</sup>
- Množství organického znečištění (DBO<sub>5</sub>) v odpadních vodách: 120 g / m<sup>3</sup>
- Účinnost primárního čištění v septiku
  - 30% SS → 0,7 · 100 g/m<sup>3</sup> = 70 g/m<sup>3</sup>

<sup>12</sup> Údaje o množství znečišťujících látek odpadních vod, účinnosti čištění, koeficienty hydraulické vodivosti, apod. jsou brány dle (18)

- 20% DBO<sub>5</sub> → 0,8 · 120 g/m<sup>3</sup> = 96–100 g/m<sup>3</sup>
- Hodnoty znečišťujících látek na výtoku mají být 30 mg/l, což odpovídá čištění
  - 20 g SS/m<sup>2</sup>/den
  - 6 g DBO<sub>5</sub>/ m<sup>2</sup>/den
- Koeficient hydraulické vodivosti pro filtrační materiál s granulometrií 20 – 30 mm v čistém stavu je  $K_{\text{čistý štěrku}} = 100\,000 \text{ m/den}$
- Průměrná hloubka proudu vody: 0,4 m
- Průměrná hloubka filtračního dna (dno je v mírném spádu)  $D_m$ : 0,6 m
- Pokles proudu vody ve vstupní části do hloubky 10%  $D_m$ : 0,06 m
- Kořenová čistička bude za každým ze septiků – počítám s polovinou objemu odpadních vod na každou z nich

Návrhový objem odpadní vody:  $V_D = n \cdot C \cdot 0,85 = \frac{84}{2} \cdot 50 \cdot 0,85 = 1,785 \text{ m}^3/\text{den}$

Potřebná plocha kořenové čističky

- Pro odstranění pevných částic:  $A_{s1} = \frac{70 \cdot 1,785}{20} = 6,25 \text{ m}^2$
- Pro odstranění organického znečištění:  $A_{s2} = \frac{100 \cdot 1,785}{6} = 29,75 \text{ m}^2$

Pro návrh velikosti plochy kořenové čističky použijeme větší z výše uvedených hodnot tak, aby došlo k požadovanému odstranění znečišťujících látek.

Rozdělení kořenové čističky na jednotlivé úseky

Zóna 1 : 30 % z celkové plochy -  $A_1 = 0,3 \cdot 29,75 = 8,925 \text{ m}^2$

Součinitel hydraulické vodivosti  $K_1 = 1\% \text{ z } K_{\text{čistého štěrku}} = 0,01 \cdot 100\,000 = 1000 \text{ m/den}$

Zóna 2 : 70% z celkové plochy -  $A_2 = 0,7 \cdot 29,75 = 20,825 \text{ m}^2$

Součinitel hydraulické vodivosti  $K_2 = 10\% \text{ z } K_{\text{čistého štěrku}} = 0,1 \cdot 100\,000 = 10\,000 \text{ m/den}$

Pro délku jednotlivých úseků platí:  $L_i = \frac{A_i}{B}$

Pro zjištění šířky (B) se vychází z Darcyho rovnice:  $B^2 = \frac{Q \cdot A_i}{K_i \cdot D_w \cdot i}$

$Q$  – Návrhový průtok [ $\text{m}^3/\text{den}$ ]

$A_i$  – Potřebná plocha k odstranění nečistot [ $\text{m}^2$ ]

$K_i$  – Součinitel hydraulické vodivosti [ $\text{m/den}$ ]

$D_w$  – Hloubka proudění [ $\text{m}$ ]

$dh$  – Hydraulický gradient [-] : 0,06

$$B^2 = \frac{1,785 \cdot 8,925}{1000 \cdot 0,4 \cdot 0,06} = 0,66 \rightarrow B = 0,82 \text{ m}$$

Délka zóny 1:  $L_1 = \frac{8,925}{0,82} = 10,9 \text{ m}$

Pokles výšky proudění v zóně 1:  $dh = \frac{Q \cdot L_1}{K_1 \cdot B \cdot D_w} = \frac{1,785 \cdot 10,9}{1000 \cdot 0,82 \cdot 0,4} = 0,06 \text{ m}$

Délka zóny 2:  $L_2 = \frac{20,825}{0,82} = 25,4 \text{ m}$

Pokles výšky proudění v zóně 2:  $dh = \frac{Q \cdot L_2}{K_2 \cdot B \cdot D_w} = \frac{1,785 \cdot 25,4}{10\,000 \cdot 0,82 \cdot 0,4} = 0,014 \text{ m}$

Celková délka aktivního čištění:  $L_{1+2} = 10,9 + 25,4 = 36,3 \text{ m}$

Délka na vstupu do kořenové čističky jsou 2 m a na výstupu 1 m, tedy celková délka:

$$L_{TOT} = 2 + 36,3 + 1 = 39,3 \text{ m}$$

### 5.9.2 Dešťová voda

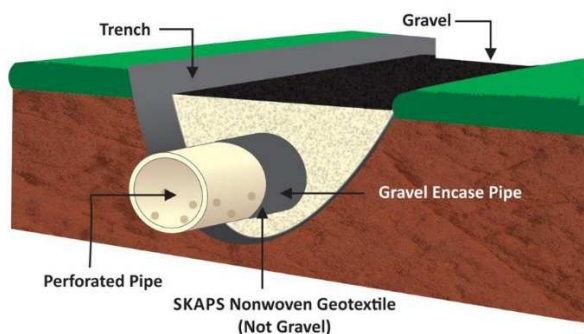
Dešťová voda je zdrojem, který se v souvislosti s šetřením pitné vody a s udržitelným rozvojem ve stavitelství začal v poslední době mnohem více využívat při provozu moderních budov. Ačkoliv u nás je pitná voda všude dostupná, stejně jako technologie na její čištění, není tomu tak všude. K běžnému provozu budovy je zapotřebí poměrně velké množství vody a k pokrytí části její spotřeby může být zcela jistě použita dešťová voda. Typickým užitím je:

- Splachování toalet
- Praní
- Voda na úklid
- Požární voda
- Zalévání

Jedná se primárně o doplňkový zdroj vody, protože úhrny srážek jsou nepravidelné a v některých měsících roku nízké. Pro zajištění plynulého provozu zařízení využívajících dešťovou vodu po celý rok je nezbytné systém dále připojit na vodovodní řad místní obce, ze kterého se odebírá voda pouze v případě nedostatku té dešťové. Technicky je potřeba oba rozvody oddělit a u zásobních tanků vodu nemíchat. Dle bolivijských technických norem se rozvody dešťové vody značí tyrkysovou barvou a u všech výtoků je třeba označit cedulkou, že se jedná o nepitnou vodu.

V projektu školy plánují využít dešťovou vodu na splachování společného pisoáru. Ostatní záchody jsou řešeny jako suché. Na úklid školy a čištění hygienických zařízení, zalévání a jako možný druhý (ne nezbytný, ale hodící se) zdroj požární vody.

Na střeše školy není umístěn okap z důvodu velkého přesahu střechy, jejího materiálu (palmových listů) a možného velkého objemu vody v období dešťů, který by kladl vyšší nároky na ukotvení. To by bylo možné zavěšením pouze na koncích jednotlivých kroků. Voda bude padat rovnou dolů, kde pod hranou střechy bude v rýze vysypaný štěrk, ve kterém bude osazena perforovaná PVC trubka a dno bude zajištěno geotextílií proti prosakování vody do země. V horní části rýhy je štěrk hrubší frakce za účelem dobré propustnosti a naopak ve spodu štěrk jemnější, který přirozeně zadržuje částice obsažené ve vodě.



Obrázek 80 - Schéma odvodního potrubí pro dešťovou vodu

(Zdroj: <http://www.skaps.com/en/subsurface-drainage.html>)

Systém potrubí bude ve spádu sveden k primárním filtrům a do retenční nádrže, ze které se následně bude čerpat voda do vysoko umístěného tanku, odkud bude gravitačně vedena k jednotlivým výtokům. Retenční nádrž je vybavena tvarovkami na uklidnění přítoku, aby nedocházelo k víření kalů spodních sedimentů, případem se zápachovou klapkou, který odvádí vodu po naplnění objemu, a čerpacím zařízením s hladinovým spínačem, který při nedostatku vody přepne systém na odebírání vody z vodovodu. Samotná nádrž je nejčastěji plastová z polypropylenu či polyetylenu, usazená na ztuhnutém šterkovém podkladu nebo betonové desce. Výhodou plastu je odolnost proti korozi a lehkost pro dopravu a manipulaci.

Pro čerpání je nejběžněji voleno ponorné čerpadlo vybavené plovákovým spínačem, který ho vypne při nedostatku vody a chrání ho tak před poškozením. Čerpadlo je umístěno zhruba 10 – 15 cm nad dnem nádrže a usazenými kaly a čerpá tak relativně čistou vodu.

#### Objem dešťové vody

Jelikož srážky jako přírodní jev jsou nepravidelně rozloženy v průběhu měsíce a roku, je třeba brát v potaz, kolik může najednou maximálně napršet, nebo naopak, že několik dalších dní nebude pršet. Informace o počtu dní, v kterých prší v jednotlivých měsících, je založena na dlouhodobých meteorologických datech. V období dešťů je třeba mít dostatečný sběrný systém pro zachycení srážek, naopak v létě je snahou uložit do zásoby celý možný objem dešťových srážek. Pro výpočet pokrytí spotřeby vody v období dešťů a sucha se vychází z údajů pro nejsušší měsíc v roce.

- Plocha střechy:  $A_{střecha} = 541,2 \text{ m}^2$
- Měsíc s nejvyššími úhrny srážek: Leden – 350 mm/m<sup>2</sup>. měsíc
- Dle programu Meotonorm<sup>13</sup> počet dní, které prší: 12
- Měsíc s nejnižšími úhrny srážek: Srpen – 50 mm/ m<sup>2</sup>/měsíc
- Dle programu Meotonorm počet dní, které prší: 3

$$\text{Úhrn srážek za den} \rightarrow h_{srážek,max} = \frac{350}{12} = 29,17 \sim 30 \text{ mm/m}^2/\text{den}$$

$$\text{Úhrn srážek za den} \rightarrow h_{srážek,min} = \frac{50}{3} = \sim 17 \text{ mm/m}^2/\text{den}$$

Maximum v období dešťů pro přítok do zásobní nádrže:

$$V_{max,dešťové\ vody} = A_{střecha} \cdot h_{srážek} \cdot C = 541,2 \cdot 0,03 \cdot 0,7 = 11,36 \text{ m}^3/\text{den}$$

*C – koeficient pro povrchový odtok dle typu materiálu krytiny – 0,7 pro stěbla, slámu, apod.*

Maximum v období sucha pro přítok do zásobní nádrže:

$$V_{max,dešťové\ vody} = A_{střecha} \cdot h_{srážek} \cdot C = 541,2 \cdot 0,017 \cdot 0,7 = 6,44 \text{ m}^3/\text{den}$$

Možný objem vody za měsíc ke spotřebě v období sucha:

$$V_{srpen,dešťové\ vody} = A_{střecha} \cdot h_{srážek,srpen} \cdot C = 541,2 \cdot 0,05 \cdot 0,7 = 18,94 \text{ m}^3/\text{měsíc}$$

Pro denní spotřebu je přibližně k dispozici:

$$V_{možná\ denní\ spotřeba} = \frac{V_{srpen,dešťová\ voda}}{\text{počet dnů výuky}} = \frac{18,94}{21} = 0,9 \text{ m}^3/\text{den}$$

<sup>13</sup> Meotonorm7 – Demo verze

#### Předpokládaná denní spotřeba dešťové vody

	Objem [m <sup>3</sup> ]	Počet osob [-]	n -krát [-]	Celkem [m <sup>3</sup> ]
Pisoár pro žáky	0,003	36	3	0,324
Úklid				0,02
	Objem [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	Plocha [m <sup>2</sup> ]		
Zalévání (odhad)	0,002	100		0,2
<b>Celkem</b>				<b>0,544</b>

Z výše uvedených hodnot vyplývá, že denní spotřeba vody bude s největší pravděpodobností pokryta, pokud nenastanou výraznější výkyvy počasí. Zásobní nádrž v zemi bude navržena na objem 10 m<sup>3</sup>, pro zachycení nárazových příspěvků vody zejména v období sucha. V případě deštivých měsíců bude přebytečná voda vypouštěna přepadem a odváděna potrubím zakončeným perforací volně do země v dostatečné vzdálenosti směrem od objektu.

Zásobní nádrž má zabudovaný revizní otvor. Kromě pravidelných prohlídek je potřeba kontrolovat úroveň kalu a nečistot, jelikož i přes provedenou filtraci zůstává dešťová voda znečištěná. Ze zásobního nádrže bude voda čerpána do vyvýšeného tanku umístěného přímo za toaletami pro studenty a s objemem 5m<sup>3</sup>. Z tanku bude voda gravitačně vedena k pisoáru a samostatnému označenému kohoutku určenému pro zalévání a úklid a umístěnému vedle stavby. Objem tanku zahrnuje pětidenní zásobu potřebné vody ( $V_{5dní} = 0,544 \cdot 5 = 2,72 \text{ m}^3$ ) a dalších 2m<sup>3</sup> vyčleněné pro požární potřeby. Voda bude čerpána elektrickým ponorným čerpadlem řádově těchto parametrů:

- Maximální výtlač: 6m
- Maximální průtok: 67 l/s-1,12 l/s
- Příkon: 250W

Čerpadlo bude poháněno elektřinou z baterie, která bude nabíjena solárními panely. Pro případ výpadku či nedostatku el. energie bude ve škole k dispozici autobaterie. Tank bude vyvýšen 3,5 m nad úroveň terénu a tedy zhruba 1,5 m nad pisoárem. Pro oba tanky, které přesahují nebo jsou rovny 5m<sup>3</sup> je potřeba provést statický výpočet.

#### 5.9.3 Zásoba užitkové vody

Zásoba užitkové vody je definována v *Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitarias Domiciliarias* (Národní vyhláška pro domovní sanitární rozvody). Objem potřebné rezervy je počítán v závislosti na způsobu dopravy vody do zásobníku a typu nádrže, tedy zda je přiváděna přímo z vodovodu či je čerpána, a zda se jedná o cisternu nebo tank na vodu. V oblastech trpících výpadky dodávky vody se doporučuje zásoba vody pokrývající maximálně dvoudenní spotřebu. Pro školu uvažují se situací, kdy se voda čerpá (není znám tlak v potrubí nutný k vytlačení vody do již vysoké výšky) a zároveň dochází k přerušování jejich dodávek (v Bolívii se nejedná o nijak neobvyklou záležitost). Minimální potřebný objem následující:

$$V_{tot} = N_D \cdot C_D \cdot 0,4 + V_{Cl} \cdot 0,4 = 1,5 \cdot (84 \cdot 50) \cdot 0,4 + 7500 \cdot 0,4 = 5\,520 \text{ l}$$

$N_D$  – Počet dní bez dodávky vody, maximálně 2 [dny]

$C_D$  – Denní spotřeba vody v objektu [l]

$V_{Cl}$  – Potřebný minimální objem požární zásoby vody [l]

Z důvodu nutné minimální požární rezervy navrhuji větší tank, pokrývající 1,5 denní odstávku vody bez redukcí – 6 300 l. Tato zásoba by byla použita v případě požáru na hašení v kombinaci se zásobou dešťové vody. Dle dostupnosti jednotlivých velikostí na trhu je volen tank s objemem 7 500 l.

MODELO	CAPACIDAD (Lts)	PESO (Kg)	ANCHO	ALTO	ESPESOR (mm)
TANQUE CL	2700	50	152	180	11
TANQUE CL	3500	70	179	190	12
TANQUE CL	5000	110	187	223	13
TANQUE CL	7500	190	220	255	15
TANQUE CL	10000	270	238	260	18
TANQUE CL	20000	450	300	325	22

Obrázek 81 - Dostupné rezervní tanky na vodu

(Zdroj: <http://www.plasticoscarmen.com/linea-campeon/tanque-campeon/>)

Zásobní tank musí být vždy vyvýšen nad úroveň podlaží. Pro čerpání vody do tanku se počítá s čerpadlem podobných parametrů:

- Maximální sací výška 8m
- Maximální průtok: 50 l/min
- Příkon: 650 W

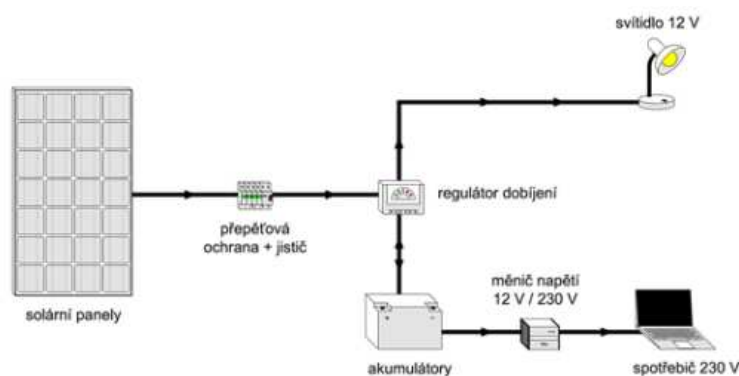
Pravidelné kontroly a dezinfekce vody by měly probíhat minimálně jednou do roka. Revizní vstup je svrchu s rozměry 600 x 600 mm. Tank je větrán vyvedeným větracím potrubím chráněným milimetrovou sítinou proti hmyzu. Z hygienických důvodů by se měla zásoba vody minimálně jednou do měsíce spotřebovat a napustit nová.

#### 5.9.4 Požární rezerva

Požární rezerva má zabezpečit hašení po dobu 30 min 1 – 2 hydranty v závislosti na velikosti stavby, jejím využití a možných rizicích. Minimální zásoba vody je 7 500 l, což odpovídá jednomu hydrantu s výtokovou rychlostí 250 l/min. Do této kategorie spadají i školy. Požární rozvody mají být samostatné a oddělené od ostatních. Napájené mohou být buď samostatnou rezervou určenou pouze pro případy požáru, nebo společnou rezervou s užitkovou vodou. Hydrant se svým příslušenstvím má být umístěn 90 cm od podlahy v chodbách a spojovacích komunikacích budov. Jednotlivá odběrná místa by neměla být od sebe vzdálena více než 50m. Tlak v hydrantu by měl být 10 m vodního sloupce (~100 kPa). Požadovaný objem bude zajištěn spojením zásobní užitkové a dešťové vody.

#### 5.9.5 Energie

V celé vesnici není zdroj elektrické energie, proto pro provoz školy se uvažuje s využitím alternativního zdroje a to s instalací solárních panelů na střeše části toalet. Panely budou natočeny na sever, odkud přichází nejvíce slunečního záření, ve sklonu přibližně 11° což odpovídá 5% sklonu střechy z trapézových či vlnitých plechů. Malý sklon panelů je v místech blízko rovníku je výhodný vzhledem k postavení slunce a přispívá k vysoké efektivnosti systému. Použití malých větrných turbín fungujících při větru od 2 m/s je sice možné, ale v porovnání ze solárními panely je jejich efektivnost pro toto konkrétní místo nízká. Zajímavé zisky nastávají až zhruba od rychlostí 4 m/s, které nastávají v lokalitě ojediněle. Získaná energie bude využita na osvětlení celého objektu a především tříd kombinací zářivek a LED žárovek a dále na provoz 2 elektrických čerpadel. Celý systém se skládá ze solárních panelů, přepětové ochrany a jističe, měniče napětí, regulátoru napájení akumulátoru a elektroměru výroby energie. Veškeré vybavení se bude nacházet v technické místnosti, odkud dále budou vycházet rozvody pro jednotlivé spotřebiče.



Obrázek 82- Schéma zapojení solárních panelů

(Zdroj: <https://www.solarniexperti.cz/jak-funguje-ostrovni-off-grid-fotovolticky-system/>)

## Předpokládaná spotřeba el. energie

			denní provoz [hod]	za měsíc [kWh]
<b>Osvětlení</b>				
třída	Svítidlo 2x 18W	36 x	4	108,86
	Svítidlo 1x 18W	4 x	4	6,05
<b>techn.</b>				
místnost	LED žárovka teplá 7W, 2700 K, 530 lm	2 x	0,2	0,06
sklad	LED žárovka teplá 7W, 2700 K	1 x	0,5	0,07
kuchyně	LED žárovka teplá 7W, 2700 K	4 x	3	1,76
jídlna	LED žárovka teplá 7W, 2700 K	4 x	0,5	0,29
sklad	LED žárovka teplá 7W, 2700 K	1 x	1	0,15
kabinet	LED žárovka teplá 7W, 2700 K	4 x	4	2,35
záchody	LED žárovka teplá 7W, 2700 K	16 x	9	21,17
<b>celkem</b>				
čerpadla	250W	1 x		1,88
	650W	1 x		1,30
<b>CELKEM</b>				<b>143,94</b>

Pro návrh jsem vybrala panely 295Wp dostupné na bolivijském trhu s přibližnými rozměry 1700 x 1000 mm, tloušťky 30 mm a váhou 18,6 kg. Možné zatížení od větru na panel je max. 2,4 kPa. Výpočet zisků solárních panelů v místě vesnice Santa Ana byl proveden za použití softwaru SolarGis<sup>14</sup>

Návrh:

- 8ks 255Wp panelů s celkovým výkonem 2,04 kWp
- Fixní střešní systém
- Materiál panelů: krystalický křemík
- Sklon: 11° , azimut 0° (sever)
- Plocha panelů:  $A_{panely} = 8 \cdot 1,7 \cdot 1 = 13,6 \text{ m}^2$

<sup>14</sup> © 2010-2017 Solargis s.r.o.



Měsíc	$E_{s_m}$	$E_{s_d}$	$E_{t_m}$	$E_{share}$	PR
led	116	3.73	236	8.5	75.0
úno	100	3.58	204	7.4	75.4
bře	119	3.85	244	8.8	75.6
dub	113	3.75	230	8.3	76.0
kvě	102	3.30	209	7.5	76.6
čen	95	3.15	193	7.0	76.9
čec	104	3.35	212	7.6	76.6
srp	121	3.92	248	8.9	75.2
zář	121	4.05	248	8.9	74.2
říj	127	4.11	260	9.4	73.9
lis	121	4.04	247	8.9	74.3
pro	119	3.83	242	8.7	74.8
<b>rok</b>	<b>1359</b>	<b>3.72</b>	<b>2772</b>	<b>100.0</b>	<b>75.3</b>

$E_{s_m}$  Měsíční součty specif. výroby elektřiny [kWh/kWp]  
 $E_{s_d}$  Denní součty specif. výroby elektřiny [kWh/kWp]  
 $E_{t_m}$  Měsíční součty celkové výroby elektřiny [kWh]  
 $E_{share}$  Měsíční percent. podíly výroby elektřiny [%]  
 PR Účinnost systému [%]

Obrázek 83 - Výroba elektřiny na počátku provozu - Výstup ze softwaru Solargis

Etapa proměny energie	Energ. výkon	Energet. ztráta	Energet. ztráta	Účinnost systému	
	[kWh/kWp]	[kWh/kWp]	[%]	[relat. %]	[kumul. %]
1. Globální záření na plochu panelu (příkon)	1804	-	-	100.0	100.0
2. Globální záření snížené zastíněním reliéfem	1801	-3	-0.2	99.8	99.8
3. Globál. záření snížené úhlovou odrazivostí	1742	-59	-3.3	96.7	96.6
4. Proměna na jednosměrný proud	1512	-230	-13.2	86.8	83.8
5. Jiné ztráty v jednosměrném okruhu	1429	-83	-5.5	94.5	79.2
6. Měniče (převod na střídavý proud)	1393	-36	-2.5	97.5	77.2
7. Transformátor a ztráty v kabeláži	1372	-21	-1.5	98.5	76.1
8. Snížená dostupnost	1359	-14	-1.0	99.0	75.3
<b>Celkový výkon systému</b>	<b>1359</b>	<b>-446</b>	<b>-24.7</b>	<b>-</b>	<b>75.3</b>

Obrázek 84 – Ztráty systému a účinnost - Výstup ze softwaru Solargis

Počet panelů je navržen tak, aby i v měsících s nejslabší výrobou energie a účinností 75%, stále pokryly předpokládanou spotřebu. Přebytky se budou ukládat pro případ potřeby či pro občasné využití celou vesnicí.

## 6. Závěr

Psaní této práce mě bavilo. Zajímavé na ní bylo propojení všech aspektů návrhu, které jsou běžně rozděleny mezi více lidí či subjektů (obec či komunita jako zadavatel, architekt, stavař, technolog, apod.). Od stanovení otázky “co, proč a kde”, přes architektonické řešení až po samotný návrh konstrukce a technického zařízení pro komplexní provoz školy v pro nás odlišném klimatu a kulturních zvyklostech. To vyvolávalo otázky ať už socio-kulturní např. nutnost zamykání školy v indiánské komunitě či zřízení ubytování pro školníka, nebo problém dostupnosti různých podkladů, ačkoliv jsem zemi i konkrétně tuto oblast několikrát navštívila a myslím si, že mám jistou představu o fungování věcí. Navrhování na dálku rozhodně není snadnou disciplínou.

V oblasti navrhování staveb v Bolívii chybí některé normy, které jsou buď zatím připravovány (vycházející často z norem okolních států či norem amerických), a nebo se používají společné, platící pro více států najednou (Andská skupina). Proto ve své práci kombinuji oba přístupy. V případě, že jsem měla k dispozici podklady používané v Bolívii, navrhovala jsem podle nich, v opačném případě jsem se řídila českými normami. U některých věcí bylo zajímavé pozorovat a srovnávat přístupy či požadavky v obou zemích. Někdy se až překvapivě velmi podobaly, naopak zejména v oblasti zdravotnických instalací jsou v Bolívii možné alternativní přístupy, které v České republice patří spíše do dob našich babiček a prababiček. To souvisí především se stupněm rozvoje obou zemí a jejich rozlehlostí. Výsledný návrh je třeba posuzovat optikou místních podmínek, jelikož je určený pro indiánskou komunitu a tudíž by v naší zemi nevyhověl.

## Reference

1. Organización territorial. *Embajada de Estado Plurinacional de Bolivia en República de Colombia*. [Online] 19. 3 2014. <http://www.embajadaboliviacolombia.org/2014/03/19/organizacion-territorial/>.
2. Základní informace o Bolívii. *Ministerstvo zahraničních věcí*. [Online] [2010]. [Citace: 3. 15 2017.] [http://www.mzv.cz/santiago/cz/vzajemne\\_vztahy/bolivie/zakladni\\_informace\\_o\\_peru.html](http://www.mzv.cz/santiago/cz/vzajemne_vztahy/bolivie/zakladni_informace_o_peru.html).
3. Ministerio de educación. *Educación en Bolivia. Indicadores, cifras y resultados*. La Paz : Artes Gráficas Sagitario, 2004. 99905-3-271-0.
4. TAKANA. *Biblioteca Virtual de Pueblos Indígenas*. [Online] Universidad Mayor de San Andrés. <http://pueblosindigenas.bvsp.org.bo/php/level.php?lang=es&component=50&item=32>.
5. Gobierno Municipal de San Buenaventura. *Plan municipal de ordenamiento territorial*. San Buenaventura : Molina&Asociados, 2009.
6. Municipios - Acerca de San Buenaventura. *Mancomunidad de Municipios de Norte Paceyño Tropical*. [Online] c2017. <http://www.nortepaceno.org/municipios/san-buenaventura>.
7. Mapas de municipios. *Mancomunidad de Comunidades de Norte Paceyño Tropical*. [Online] c2017. <http://www.nortepaceno.org/mapas-de-municipios>.
8. Climate San Buenaventura Municipality. *Meteoblue*. [Online] c2006 - 2017. <https://content.meteoblue.com/en/legal/imprint>.
9. Medina, Lic Hernani Silva. *Plan de desarrollo municipal 2008 - 2012*. místo neznámé : Gobierno Municipal Autonomo de San Buenaventura, 2005 -2009.
10. Junta del Acuerdo de Cartagena. *Manual de diseño para maderas del grupo andino : proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales PADT-REFORT*. Lima : Junta del Acuerdo de Cartagena, 1984.
11. Maria Lindholm, Sara Palm. Guadua chacoensis in Bolivia. *Diva - Portal*. [Online] prosines 2007. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:17115/FULLTEXT01.pdf>.
12. Žabičková, Ivana. *Hliněné stavby*. Brno : ERA, 2002. 80-86517-21-7.
13. Barrenechea, Gonzalo. Cemento Viacha. *SCRIBD*. [Online] <https://www.scribd.com/doc/49785207/CEMENTO-VIACHA>.
14. Asociación Latinoamericana del Acero. *Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero*. Santiago de Chile : Asociación Lationamericana del Acero, 2010.
15. Doc. Ing. Petr Kuklík, CSc. *Dřevěné konstrukce*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2005.
16. Patti Stouter, ASLA. Shaping buildings for the Humid Tropics. <http://www.naturalbuildingblog.com/shaping-buildings-for-the-humid-tropics/>. [Online] 2008.
17. Ministerio de educación. *Normas técnicas para el diseño de locales escolares de primaria y secundaria*. Lima : Ministerio de educación, 2006.

18. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. *Guía Técnica de Diseño y Ejecución de Proyectos de Agua y Sanamiento con Tecnologías Alternativas*. místo neznámé : Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2010.
19. Maixner, Ing. Tomáš. Zdravé světlo- školy. [Online] TZB- INFO, prosinec 2012. <http://elektro.tzb-info.cz/osvetleni/9397-zdrave-svetlo-skoly>.
20. Pihan, Ing. Roman. Vše o světle. [Online] Ing. Roman Pihan, 2012. <http://www.fotoroman.cz/tech2/svetlo15photometry.htm>.
21. Pokorný, Marek. *Požární bezpečnost staveb - Sylabus pro praktickou výuku*. [internet] Praha : autor neznámý, 2010.
22. Depledge, Derrick. *Design examples of waterless composting toilets*. místo neznámé : SOPAC ( SOUTH PACIFIC APPLIED GEOSCIENCE COMMISSION), 1997.
23. Wigberto, Rivero Pinta. Pueblos Indígenas - Tacana. *Portal de la Amazonia Boliviana*. [Online] 2013. [http://www.amazonia.bo/indigena\\_completa.php?codigo\\_enviado=DI0iF/qlODH0fUwslO5S/7r2XLEEawfO4FnDdjiEILk=](http://www.amazonia.bo/indigena_completa.php?codigo_enviado=DI0iF/qlODH0fUwslO5S/7r2XLEEawfO4FnDdjiEILk=).
24. Potencial forestal de Bolivia. *Cámara forestal de Bolivia*. [Online] c2017. <http://www.cfb.org.bo/>.
25. Schröder, Stéphane. Bamboo Species of Bolivia. *Guadua Bamboo*. [Online] 28. Zář 2009. <https://www.guadubamboo.com/distribution/bamboo-species-of-bolivia>.
26. Minke, Gernot. Building with Bamboo: Design and technology of a Sustainable Architecture Second and revised edition. *books google*. [Online] <https://books.google.cz/books?id=7hJBDAAAQBAJ&pg=PA10&lpg=PA10&dq=Guadua+paniculata+bolivia&source=bl&ots=TUJlUL19w3&sig=Sveqa2DN6VNo9arSwOPq-VIelwE&hl=cs&sa=X&ved=0ahUKEwjO58Gm6tnWAhXDQZoKHXD0DOs4ChDoAQgmMAA#v=onepage&q=Guadua%20paniculata%20bolivia&f=fa>.
27. ENERSOL. PANELES FOTOVOLTAICOS TRINA SOLAR. *ENERSOL - SA*. [Online] 2017. <http://www.enersol-sa.com/paneles-solares/15-cuadro-energia-solar/cuadro-paneles-solares/178-paneles-trina-solar>.
28. Petr Fajman, Jaroslav Kruis. *Zatížení a spolehlivost*. Praha : ČVUT, 2008.
29. Dvořáková, Ing. Denisa. Využívání dešťové vody (II) - možnosti použití dešťové vody a části zařízení. *tzb info*. [Online] 12. březen 2007. <http://voda.tzb-info.cz/destova-voda/3962-vyuzivani-destove-vody-ii-moznosti-pouziti-destove-vody-a-casti-zarizeni>.
30. Ministerio de Medio Ambiente y Agua. *Reglamento Nacional de Instalaciones Sanitaria Domiciliarias*. La Paz : Ministerio de Medio Ambiente y Agua, 2011.

#### Seznam příloh:

- Půdorys (1:50)
- Řez AA'(1:50)
- Řez BB'(1:50)
- Výkres krovu (1:100)
- Výkres základů (1:100)
- Detaily (1:20)
- Pohled jižní a východní (1:100)
- Pohled severní a západní (1:100)

#### Seznam použitých norem:

- ČSN EN 1991-1-1: Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Objemové tíhy, vlastní tíha a užitná zatížení pozemních staveb
- ČSN EN 1991-1-4: Zatížení konstrukcí – Obecná zatížení – Zatížení větrem
- ČSN EN 335-1 a ČSN EN 355-2: Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Definice tříd. Ohrožení biologickým napadením
- ČSN EN 1990: Zásady navrhování konstrukcí
- ČSN EN 338: Konstrukční dřevo - Třídy pevnosti
- ČSN EN 1995-1-1: Navrhování dřevěných konstrukcí
- ČSN 731001: Zakládání staveb. Základová půda pod plošnými základy
- ČSN 730532: Akustika - Ochrana proti hluku v budovách a posuzování akustických vlastností stavebních výrobků – Požadavky
- ČSN EN 12464-1: Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory

#### Seznam použitého softwaru:

- Scia Engineer
- NEPrůzvučnost
- Velux Daylight Visualizer
- Meteonorm
- SolarGis