

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Pirc, J., 2014. Študija kakovosti zraka v montažno in klasično grajenem vrtcu. Diplomaska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Krainer, A., somentorici Kristl, Ž., Dovjak, M.): 68 str.

Datum arhiviranja: 03-07-2014

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Pirc, J., 2014. Študija kakovosti zraka v montažno in klasično grajenem vrtcu. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljani, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Krainer, A., co-supervisors Kristl, Ž., Dovjak, M.): 68 pp.

Archiving Date: 03-07-2014

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM GRADBENIŠTVO  
KONSTRUKCIJSKA SMER

Kandidat:

**JURE PIRC**

**ŠTUDIJA KAKOVOSTI ZRAKA V MONTAŽNO IN  
KLASIČNO GRAJENEM VRTCU**

Diplomska naloga št.: 3398/KS

**STUDY OF INDOOR AIR QUALITY IN  
PREFABRICATED AND CLASSICALLY BUILT  
KINDERGARTEN**

Graduation thesis No.: 3398/KS

**Mentor:**

prof. dr. Aleš Krainer

**Predsednik komisije:**

izr. prof. dr. Janko Logar

**Somentorici:**

dr. Živa Kristl

asist. dr. Mateja Dovjak

**Član komisije:**

doc. dr. Dušan Žagar

Ljubljana, 30. 06. 2014

## STRAN ZA POPRAVKE

**Stran z napako**

**Vrstica z napako**

**Namesto**

**Naj bo**

Ta stran je namenoma prazna.

## IZJAVE

Podpisani Jure Pirc izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Primerjalna študija parametrov kvalitete zraka med klasičnim in montažno zgrajenim vrtcem«.

Izjavljam, da je elektronska različica v vsem enaka tiskani različici.

Izjavljam, da dovoljujem objavo elektronske različice v digitalnem repozitoriju.

Ljubljana,

Jure Pirc

Ta stran je namenoma prazna.

## BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN Z IZVLEČKOM

**UDK:** 697.9(043.2)  
**Avtor:** Jure Pirc  
**Mentor:** prof. znan. sv. dr. Aleš Krainer  
**Somentor:** dr. Živa Kristl in asist. dr. Mateja Dovjak  
**Naslov:** Študija kakovosti zraka v montažno in klasično grajenem vrtcu  
**Tip dokumenta:** diplomsko delo – univerzitetni študij  
**Obseg in oprema:** 68 str., 37 graf., 16 sl., 40 pregl.  
**Ključne besede:** kvaliteta notranjega zraka, koncentracija CO<sub>2</sub>, prezračevanje, vrtec

### Izvleček

Kvaliteta notranjega zraka postaja vse pomembnejši aspekt pri snovanju objektov. Vse novogradnje težijo k temu, da bi bile energetsko kar se da učinkovite in neodvisne. V ta sklop prištevamo tudi učinkovit sistem prezračevanja. Ob nepravilnem načrtovanju prezračevanja lahko pride do problema slabe kakovosti notranjega zraka, kar se posledično odrazi v nezadovoljstvu in s tem povezanim sindromom bolne stavbe.

Namen diplomskega dela je izvesti primerjalno študijo kakovosti notranjega zraka med montažno in klasično grajenim vrtcem v Grosuplju. Objektivna ocena je podana z meritvami koncentracij CO<sub>2</sub>, temperature in relativne vlažnosti zraka na izbrane merilne dni. Poleg terensko dobljenih podatkov sta koncentracija CO<sub>2</sub> v notranjem zraku in pretok zraka izračunana s pomočjo računalniškega programa CONTAM. Subjektivna ocena kvalitete notranjega zraka je izvedena s pomočjo anket.

Kakovost notranjega zraka je v obeh vrtcih slaba. Boljše vrednosti povprečne, maksimalne in minimalne koncentracije CO<sub>2</sub> so dosežene v novejšem, montažnem vrtcu. Računan pretok zraka v prostoru je boljši v klasično grajenem vrtcu. Simulirane in merjene koncentracije CO<sub>2</sub> so podobne. Subjektivni rezultati ocene kvalitete notranjega zraka se deloma ujemajo z rezultati objektivne ocene.

Karakteristične vrednosti koncentracij CO<sub>2</sub> redko dosežejo vrednosti, ki so zahtevane v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Pretok zraka pri nobeni meritvi ne doseže zakonske zahtevane vrednosti. Za boljšo kvaliteto notranjega okolja, bi bilo potrebno spremeniti prezračevalne navade ali spremeniti način prezračevanja z naravnega na mehanskega.

Ta stran je namenoma prazna.



## BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

**UDC:** 697.9(043.2)  
**Author:** Jure Pirc  
**Supervisor:** prof. sc. coun. Aleš Krainer, Ph. D.  
**Co – advisor:** Živa Kristl, Ph. D.; assist. Mateja Dovjak, Ph. D.  
**Title:** Study of indoor air quality in prefabricated and classically built kindergarten  
**Document type:** Graduation Thesis – University studies  
**Scope and tools:** 68 p., 37 graph., 16 fig., 40 tab.  
**Keywords:** indoor air quality, CO<sub>2</sub> concentration, ventilation, kindergarten

### Abstract

Indoor air quality is gaining on its significance when designing new buildings. Buildings have to be energy efficient and independent. One of the important aspects in this matter ventilation. Insufficient ventilation system can cause problems with poor indoor air quality, which can reflect in user dissatisfaction.

A comparative study of indoor air quality in prefabricated and classically built kindergarten is the forefront of this graduation thesis. Objective evaluation of indoor air quality was estimated by site measuring (CO<sub>2</sub> concentrations, relative air humidity and air temperature) and calculations. Subjective evaluation was conducted through questionnaires.

The results show that indoor air quality in both kindergartens is poor. Better values of CO<sub>2</sub> concentrations were obtained at prefabricated kindergarten. Air flow is better in classically built kindergarten. Calculated and measured CO<sub>2</sub> concentrations are comparative. The results of questionnaires partially confirmed the measures and calculated results.

Values of the CO<sub>2</sub> concentrations rarely reach required values of Ventilation and air-conditioning regulations for buildings. All measurements shows low and insufficient air flow. To improve indoor air quality in both kindergartens, the ventilation habits or ventilation type should be changed.

Ta stran je namenoma prazna.

## ZAHVALA

Rad bi se zahvalil mojemu mentorju prof. dr. Alešu Krainerju in somentoricama dr. Živi Kristl, ter asist. dr. Mateji Dovjak za pomoč in usmeritve pri nastajanju moje diplomske naloge.

Posebej bi se rad zahvalil asist. dr. Mateji Dovjak in viš. pred. mag. Katarini Kacjan Žgajner za tekoče in korektno sodelovanje ob upravljanju terenskih preiskav. Ob tej priložnosti bi se rad zahvalil tudi vzgojno varstvenemu zavodu Kekec za ponujeno priložnost opravljanja meritev.

Ta stran je namenoma prazna

## KAZALO VSEBINE

<b>1. UVOD</b> .....	<b>1</b>
<b>2. PREGLED ZAKONODAJE</b> .....	<b>2</b>
<b>3. METODOLOGIJA</b> .....	<b>8</b>
3.1 OBJEKTIVNA OCENA .....	8
3.2 MERILNI INSTRUMENTI .....	9
3.3 SUBJEKTIVNA OCENA.....	10
3.4 PROGRAMSKA OPREMA.....	13
<b>4. OPIS OBJEKTOV</b> .....	<b>14</b>
4.1 MONTAŽNO GRAJENI VRTEC (VVE MOJCA) .....	15
4.2 KLASIČNO GRAJENI VRTEC (VVE TINKARA) .....	18
<b>5. REZULTATI</b> .....	<b>21</b>
5.1 MONTAŽNI VRTEC (VVE MOJCA) .....	22
5.1.1 <i>Rezultati terenskih meritev, izračunov in anket dne, 24.5.2013</i> .....	22
5.1.2 <i>Rezultati meritev in anket, dne 31.5.2013</i> .....	25
5.1.3 <i>Rezultati meritev in anket, dne 7.6.2013</i> .....	28
5.1.4 <i>Rezultati meritev in anket, dne 14.6.2013</i> .....	31
5.1.5 <i>Rezultati meritev in anket, dne 21.6.2013</i> .....	34
5.1.6 <i>Rezultati meritev in anket, dne 28.6.2013</i> .....	37
5.1.7 <i>Primerjava rezultatov v montažnem vrtcu (VVE Mojca)</i> .....	40
5.2 KLASIČNO GRAJENI VRTEC (VVE TINKARA) .....	44
5.2.1 <i>Rezultati meritev in anket, dne 24.5.2013</i> .....	44
5.2.2 <i>Rezultati meritev in anket, dne 31.5.2013</i> .....	47
5.2.3 <i>Rezultati meritev in anket, dne 7.6.2013</i> .....	50
5.2.4 <i>Rezultati meritev in anket, dne 14.6.2013</i> .....	53
5.2.5 <i>Rezultati meritev in anket, dne 21.6.2013</i> .....	55
5.2.6 <i>Rezultati meritev in anket, dne 28.6.2013</i> .....	58
5.2.7 <i>Primerjava rezultatov v klasično grajenem vrtcu (VVE Tinkara)</i> .....	61
<b>6. RAZPRAVA</b> .....	<b>64</b>
<b>7. ZAKLJUČEK</b> .....	<b>67</b>
<b>VIRI</b> .....	<b>69</b>

## KAZALO GRAFIKONOV

<b>Grafikon 1:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 24.5.2013, v VVE Mojca.....	22
<b>Grafikon 2:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 24.5.2013, v VVE Mojca .....	23
<b>Grafikon 3:</b>	Primerjava izmerjenega in simuliranega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 24.5.2013, v VVE Mojca.....	24
<b>Grafikon 4:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 31.5.2013, v VVE Mojca.....	25
<b>Grafikon 5:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti zraka [%], dne 31.5.2013, v VVE Mojca.....	26
<b>Grafikon 6:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 31.5.2013, v VVE Mojca.....	27
<b>Grafikon 7:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 7.6.2013, v VVE Mojca.....	28
<b>Grafikon 8:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti [%], dne 7.6.2013, v VVE Mojca.....	29
<b>Grafikon 9:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 7.6.2013, v VVE Mojca.....	30
<b>Grafikon 10:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 14.6.2013, v VVE Mojca.....	31
<b>Grafikon 11:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti [%], dne 14.6.2013, v VVE Mojca.....	32
<b>Grafikon 12:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 14.6.2013, v VVE Mojca.....	32
<b>Grafikon 13:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 21.6.2013, v VVE Mojca.....	34
<b>Grafikon 14:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti [%], dne 21.6.2013, v VVE Mojca.....	35
<b>Grafikon 15:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 21.6.2013, v VVE Mojca.....	36
<b>Grafikon 16:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 28.6.2013, v VVE Mojca.....	37
<b>Grafikon 17:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 28.6.2013, v VVE Mojca.....	38
<b>Grafikon 18:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 28.6.2013, v VVE Mojca.....	39
<b>Grafikon 19:</b>	Povprečne, maksimalne in minimalne koncentracije CO <sub>2</sub> na merilne dni v VVE Mojca.....	40
<b>Grafikon 20:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 24.5.2013, v VVE Tinkara.....	44
<b>Grafikon 21:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti v prostoru, dne 31.5.2013, v VVE Tinkara.....	45
<b>Grafikon 22:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 24.5.2013, v VVE Tinkara.....	46
<b>Grafikon 23:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 31.5.2013, v VVE Tinkara.....	47
<b>Grafikon 24:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 31.5.2013, v VVE Tinkara.....	48
<b>Grafikon 25:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 31.5.2013, v VVE Tinkara.....	49

<b>Grafikon 26:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 7.6.2013, v VVE Tinkara.....	50
<b>Grafikon 27:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 7.6.2013, v VVE Tinkara.....	51
<b>Grafikon 28:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 7.6.2013, v VVE Tinkara.....	52
<b>Grafikon 29:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 14.6.2013, v VVE Tinkara.....	53
<b>Grafikon 30:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 14.6.2013, v VVE Tinkara.....	54
<b>Grafikon 31:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 21.6.2013, v VVE Tinkara.....	55
<b>Grafikon 32:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 21.6.2013, v VVE Tinkara.....	56
<b>Grafikon 33:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 21.6.2013, v VVE Tinkara.....	57
<b>Grafikon 34:</b>	Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 28.6.2013, v VVE Tinkara.....	58
<b>Grafikon 35:</b>	Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 28.6.2013, v VVE Tinkara.....	59
<b>Grafikon 36:</b>	Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm], dne 28.6.2013, v VVE Tinkara.....	60
<b>Grafikon 37:</b>	Povprečne, maksimalne in minimalne koncentracije CO <sub>2</sub> na merilne dni v VVE Tinkara.....	61

## KAZALO SLIK

<b>Slika 1:</b>	Hierarhičen prikaz pravnih aktov na obravnavanem področju.....	<b>2</b>
<b>Slika 2:</b>	Merilni instrument Testo 535 (RS Components Branch Network, 2014).....	<b>9</b>
<b>Slika 3:</b>	Merilni instrument Testo 445 z obema sondama (RS Components Branch Network, 2014).....	<b>9</b>
<b>Slika 4:</b>	Satelitski prikaz lokacije obeh VVE (Google Earth, 2014).....	<b>14</b>
<b>Slika 5:</b>	Tloris VVE Mojca in lokacija igralnice skupine Sončki (A.Šabec, 2013).....	<b>15</b>
<b>Slika 6:</b>	Oris tlorisa igralnice skupine Sončki v VVE Mojca.....	<b>16</b>
<b>Slika 7:</b>	Oris prereza A – A igralnice skupine Sončki v VVE Mojca.....	<b>16</b>
<b>Slika 8:</b>	Oris prereza B – B igralnice skupine Sončki v VVE Mojca.....	<b>16</b>
<b>Slika 9:</b>	Pogled z zunanjega igrišča na zahodno fasado VVE Mojca (VVZ Kekec, 2014)	<b>17</b>
<b>Slika 10:</b>	Igralnica s pogledom iz vhodnih vrat VVE Mojca (A.Šabec, 2013).....	<b>17</b>
<b>Slika 11:</b>	Pogled na VVE Tinkara iz južne strani (VVZ Kekec, 2014).....	<b>18</b>
<b>Slika 12:</b>	Oris tlorisa stavbe z označeno igralnico skupne Zvezdice (A.Šabec, 2013).....	<b>19</b>
<b>Slika 13:</b>	Prostor v VVE Tinkara (A.Šabec, 2013).....	<b>19</b>
<b>Slika 14:</b>	Tloris igralnice skupine Zvezdice.....	<b>20</b>
<b>Slika 15:</b>	Prerez A – A igralnice skupine Zvezdice.....	<b>20</b>
<b>Slika 16:</b>	Prerez B – B igralnice skupine Zvezdice.....	<b>20</b>



## KAZALO PREGLEDNIC

<b>Preglednica 1:</b>	Število otrok v vrtcih v občini Grosuplje.....	1
<b>Preglednica 2:</b>	Pregled nadzorovanih parametrov za izpolnjevanje tretje osnovne zahteve...	3
<b>Preglednica 3:</b>	Kriteriji vrednotenja rezultatov koncentracij CO <sub>2</sub> .....	7
<b>Preglednica 4:</b>	Kronološki pregled merenj po VVE.....	8
<b>Preglednica 5:</b>	Tehnične specifikacije Testo 445.....	10
<b>Preglednica 6:</b>	Potrebni povprečni pretoki zraka na posamezen merilni dan v VVE Mojca in VVE Tinkara.....	13
<b>Preglednica 7:</b>	Parametri zunanjega okolja.....	21
<b>Preglednica 8:</b>	Število oseb v prostoru oddelka Sončki v VVE Mojca.....	22
<b>Preglednica 9:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 24.5.2013 v VVE Mojca.....	22
<b>Preglednica 10:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 24.5.2013 v VVE Mojca.....	24
<b>Preglednica 11:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 31.5.2013 v VVE Mojca.....	25
<b>Preglednica 12:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 31.5.2013 v VVE Mojca.....	27
<b>Preglednica 13:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 7.6.2013 v VVE Mojca.....	28
<b>Preglednica 14:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 7.6.2013 v VVE Mojca.....	30
<b>Preglednica 15:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 14.6.2013 v VVE Mojca.....	31
<b>Preglednica 16:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 14.6.2013 v VVE Mojca.....	33
<b>Preglednica 17:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 21.6.2013 v VVE Mojca.....	34
<b>Preglednica 18:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 21.6.2013 v VVE Mojca.....	36
<b>Preglednica 19:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 28.6.2013 v VVE Mojca.....	37
<b>Preglednica 20:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 28.6.2013 v VVE Mojca.....	39
<b>Preglednica 21:</b>	Povprečne, maksimalne in minimalne izmerjene koncentracije CO <sub>2</sub> , temperature notranjega zraka in relativne vlažnosti notranjega zraka na izbrane merilne dni v VVE Mojca.....	40
<b>Preglednica 22:</b>	Primerjava rezultatov anket o kakovosti zraka na izbrane merilne dni v VVE Mojca in izmerjen cCO <sub>2,ave</sub> .....	42
<b>Preglednica 23:</b>	Primerjava rezultatov simuliranih karakterističnih vrednosti pretoka zraka v VVE Mojca.....	43
<b>Preglednica 24:</b>	Število oseb v prostoru oddelka Zvezdica VVE Tinkara.....	44

<b>Preglednica 25:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 24.5.2013 v VVE Tinkara.....	44
<b>Preglednica 26:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 31.5.2013 v VVE Tinkara.....	46
<b>Preglednica 27:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 31.5.2013 v VVE Tinkara.....	47
<b>Preglednica 28:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 31.5.2013 v VVE Tinkara.....	49
<b>Preglednica 29:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 7.6.2013 v VVE Tinkara.....	50
<b>Preglednica 30:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 7.6.2013 v VVE Tinkara.....	52
<b>Preglednica 31:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 14.6.2013 v VVE Tinkara.....	53
<b>Preglednica 32:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 14.6.2013 v VVE Tinkara.....	54
<b>Preglednica 33:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 21.6.2013 v VVE Tinkara.....	55
<b>Preglednica 34:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 21.6.2013 v VVE Tinkara.....	57
<b>Preglednica 35:</b>	Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO <sub>2</sub> , dne 28.6.2013 v VVE Tinkara.....	58
<b>Preglednica 36:</b>	Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 28.6.2013 v VVE Tinkara.....	60
<b>Preglednica 37:</b>	Povprečne, maksimalne in minimalne izmerjene koncentracije CO <sub>2</sub> , temperature notranjega zraka in relativne vlažnosti notranjega zraka na izbrane merilne dni v VVE Tinkara.....	61
<b>Preglednica 38:</b>	Primerjava rezultatov anket o kakovosti zraka na izbrane merilne dni v VVE Tinkara.....	63
<b>Preglednica 39:</b>	Primerjava rezultatov izračunanih/simuliranih karakterističnih vrednosti pretoka zraka v VVE Tinkara in cCO <sub>2,ave</sub> .....	63
<b>Preglednica 40:</b>	Primerjava koncentracije CO <sub>2</sub> , temperature zraka, relativne vlažnosti zraka v prostoru in pripadajočih povprečnih, maksimalnih ter minimalnih vrednosti v VVE Tinkara in VVE Mojca po posameznih merilnih dnevih.....	65

### Okrajšave in simboli:

ARSO	Agencija Republike Slovenije za okolje
ASHRAE	Ameriško združenje za ogrevanje, hlajenje in klimatizacijo (ang. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)
$cCO_{2,ave}$	povprečna vrednost koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm]
$cCO_{2,max}$	maksimalna vrednost koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm]
$cCO_{2,min}$	minimalna vrednost koncentracije CO <sub>2</sub> [ppm]
$cCO_{2,oa}$	koncentracija CO <sub>2</sub> v zunanjem zraku [ppm]
$RH_{oa}$	relativna vlažnost zunanjega zraka [%]
$RH_{ia,ave}$	povprečna vrednost relativne vlažnosti v notranjem zraku [%]
$RH_{ia,max}$	maksimalna vrednost relativne vlažnosti v notranjem zraku [%]
$RH_{ia,min}$	minimalna vrednost relativne vlažnosti v notranjem zraku [%]
$T_{ao}$	temperatura zunanjega zraka [°C]
$T_{ia,ave}$	povprečna temperatura notranjega zraka [°C]
$T_{ia,max}$	maksimalna temperatura notranjega zraka [°C]
$T_{ia,min}$	minimalna temperatura notranjega zraka [°C]
$v_{ao}$	hitrost gibanja zraka v zunanjem zraku [m/s]
VVE	vzgojno varstvena enota
VVE Mojca	vzgojno varstvena enota Mojca (montažni vrtec)
VVE Tinkara	vzgojno varstvena enota Tinkara (klasično zgrajen vrtec)



## 1. UVOD

Namen diplomske naloge je izvesti primerjavo kvalitete zraka med montažnim in klasično zgrajenim vrtcem. Predmet analize sta izbrana vrtca v Grosuplju, ki sta različnega tipa gradnje. Novejši vrtec Mojca je grajen iz modularnih enot, ki so sestavljene iz profilirane pločevine in toplotne izolacije v jedru. Grajen je bil za potrebe hitre rasti števila otrok v Grosuplju in s tem povečane potrebe po vzgojno-varstvenih zavodih. Drugi starejši vrtec Tinkara je grajen klasično iz opeke in armiranega betona. Z vidika zraka se izvede primerjalna študija med enotama. V ta namen je narejena objektivna in subjektivna ocena kvalitete zraka v obeh objektih. En od namenov študije je tudi ozaveščanje o problematiki nekvalitetnega bivalnega okolja in opozarjanje na morebitne posledice v primeru, da se stanje ne izboljša.

Bližina glavnega mesta in delovnih mest ustvarjata v Grosuplju primerno okolje za mlade družine. Po podatkih Statističnega urada RS (2013) je povprečna starost prebivalcev v Grosuplju 38,4 let, medtem ko je starost na nacionalni ravni 41,6 let. S priseljevanjem mladih družin se pojavi tudi problematika prostora za otroke v varstveno vzgojnih centrih, oziroma vrtcih. Povprečno število otrok na vzgojno varstveno enoto (VVE) v Grosupljem je 93. V Sloveniji je to število 85. Gnečo v vrtcih pokaže tudi podatek o številu otrok na strokovnega delavca. V Grosuplju na enega strokovnega delavca odpade 8,9 otroka, medtem ko v Sloveniji 7,9 otroka. Najbolj nazorno se višanje števila otrok v občini Grosuplje, pokaže pri večanju števila otrok v vrtcih. Podatki o številu otrok v vrtcih od leta 2006 do leta 2013 so prikazani v preglednici 1.

Preglednica 1: Število otrok v vrtcih v občini Grosuplje (Statistični urad RS, 2014)

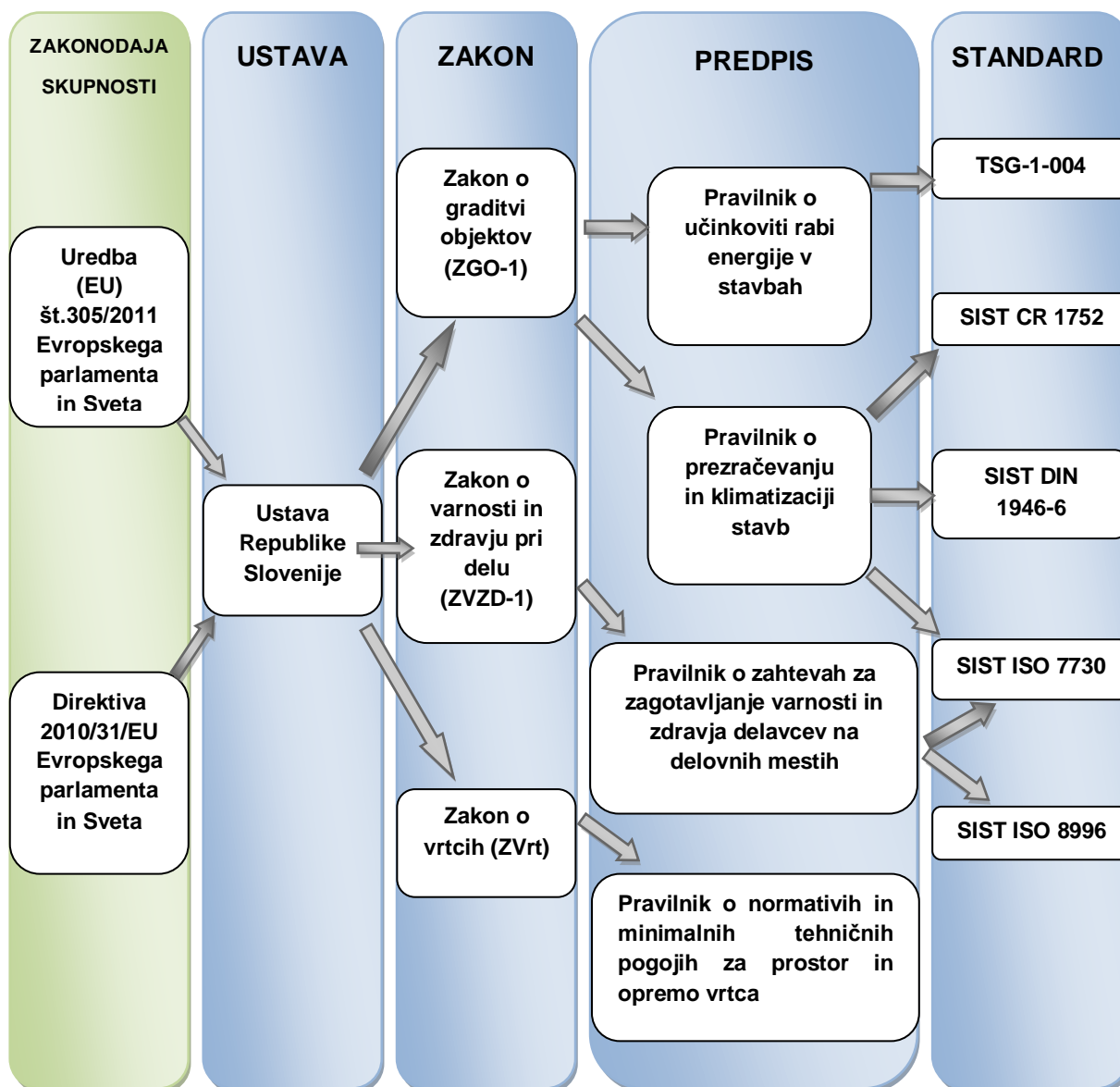
Leto	Javni vrtci	Zasebni vrtci	Št. oddelkov v občini
2006/2007	543	-	29
2007/2008	555	-	29
2008/2009	634	-	34
2009/2010	657	-	35
2010/2011	745	-	39
2011/2012	777	49	43
2012/2013	780	110	48

Iz preglednice 1 je razvidno, da se število otrok v vrtcih v Grosuplju povečuje s prirastkom približno 40 otrok na leto. Zaradi tega je občina primorana hitro graditi nove vrtce. Poleg same gradnje in velikosti delovnega prostora je pomembno tudi kakovostno bivalno okolje. Kakovost bivalnega okolja ocenjujemo z vidika toplotnega, svetlobnega in zvočnega udobja, ter kakovosti zraka. Primerjavo toplotnega in svetlobnega udobja med obema načinoma gradnje obravnava diplomska naloga z naslovom Primerjalna študija svetlobnega in toplotnega udobja med montažnim in klasično zgrajenim vrtcem, avtorja Andreja Šabca (A.Šabec, 2013). Primerjava kakovosti notranjega zraka med obema načinoma gradnje je tema te diplomske naloge.

Predpostavljam, da bo kvaliteta zraka boljša v montažno grajenem vrtcu kot v klasičnem. Pričakovane povprečne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so na podlagi predhodnih študij izvedenih v podobnih okoljih (Pejtersen s sod., 1991; Daneault s sod., 1992) v rangu 1500ppm z odstopanjem 200ppm.

## 2. PREGLED ZAKONODAJE

Poglavje zakonodaje vključuje mednarodne in nacionalne pravne akte, priporočila in smernice na področju prezračevanja in klimatizacije stavb. Na sliki 1 je prikazana hierarhična razdelitev posameznih pravnih aktov, ki bodo uporabljeni za namen diplomske naloge.



Slika 1: Hierarhičen prikaz pravnih aktov na obravnavanem področju

**Direktiva 2010/31/EU** evropskega parlamenta in Sveta o energetske učinkovitosti stavb, govori o zmanjšanju emisij CO<sub>2</sub>, uporabi obnovljivih virov energije in boljši energetske učinkovitosti stavb. Direktiva 2010/31/EU je zamenjala direktivo 2002/91/EC in še nekoliko zaostri nekatere zahteve. Približno 40% celotne energije v EU porabijo stavbe. Odstotek bo v prihodnosti le naraščal, zato je razmišljanje o boljšem energetske pristopu smiselna. Spodbujanje uporabe energetske učinkovitejših in obnovljivih virov energije, bo sovisno prineslo tudi zmanjšanje emisije CO<sub>2</sub> in izpolnjevanje Kyotskega sporazuma. Do leta 2020 je potrebno zmanjšati porabo primarne energije za 20%, zmanjšati emisije CO<sub>2</sub> za 20% in povečati uporabo obnovljivih virov energije za 20%. Poraba letne energije v stavbah bo izračunana po enotni metodologiji, z dovoljenimi spremembami na nacionalni ravni. Uvaja se energetska izkaznica, ki bo nekakšna osebna izkaznica stavbe. Tako bo vsakemu posamezniku omogočen vpogled v energetske učinkovitost nepremičnine, pred odločitvijo o nakupu ali najemu le-te. Omogočene so tudi določene finančne spodbude za novogradnje, oziroma za stavbe potrebne energetske prenove.

**Uredba (EU) št. 305/2011** evropskega parlamenta in Sveta z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS, govori o harmoniziranju lastnosti gradbenih proizvodov na evropskem nivoju. Nadgradnja Direktive 89/106/EGS je vidna predvsem v bolj poudarjeni skrbi za kakovostnejše notranje in zunanje okolje, veliko bolj se poudarja emisije toplogrednih plinov, ustaljen termin postane celoten življenjski cikel gradbenega proizvoda. Pomembna sprememba se zgodi tudi med samimi osnovnimi zahtevami, ki jim more gradbeni proizvod ustrezati. Dodana je sedma osnovna zahteva, ki opredeljuje trajnostno rabo naravnih virov. Vse bistvene zahteve so predstavljene v prilogi 1 Uredbe 305/2011. Osnovni zahtevi, ki se najbolj nanašata na mojo diplomsko nalogo sta 3. Higiena, zdravje in okolje, ter 6. Varčevanje z energijo in ohranjanje toplote. Tretja bistvena zahteva govori o ustreznosti gradbenega proizvoda na področju higiene, zdravja in okolja, skozi celoten cikel. Celotno življenjsko dobo proizvod ne sme ogroziti uporabnikov ali sosedov in ne sme povzročati prekomernih posledic za okolje. Ključni parametri, ki morajo biti posebej nadzorovani za izpolnjevanje tretje osnovne zahteve so predstavljeni v preglednici 2.

Preglednica 2: Pregled nadzorovanih parametrov za izpolnjevanje tretje osnovne zahteve

a) sproščanje strupenih plinov
b) emisije nevarnih snovi, hlapnih organskih spojin, toplogrednih plinov ali nevarnih delcev v zraku v zaprtih prostorih ali zraku na prostem
c) emisije nevarnega sevanja
d) izpust nevarnih snovi v podzemno vodo, morsko vodo, površinske vode ali zemljo
e) izpust nevarnih snovi v pitno vodo ali snovi, ki imajo drug negativen vpliv na pitno vodo
f) napačno odvajanje odpadnih voda, emisije izpušnih plinov ali napačnega odstranjevanja trdnih ali tekočih odpadkov
g) vlaga v delih objekta ali na površinah znotraj objekta

Šesta osnovna zahteva govori o varčevanju z energijo in ohranjanju toplote. Vsa oprema, ki služi namenu hlajenju, ogrevanja, razsvetljevanja ali zračenja mora biti projektirana na način, da je poraba energije majhna.

**Zakon o graditvi objektov** (ZGO-1, Uradni list RS, št. 110/2001 s spr.) je temeljni dokument na področju gradnje. Je veznik med evropsko in nacionalno zakonodajo. Ureja pogoje za graditev vseh objektov in izpolnjevanje lastnosti objektov, glede na določene osnovne zahteve. Prav tako opredeljuje pogoje za opravljanje vseh dejavnosti v zvezi z projektiranjem, gradnjo in vzdrževanjem objektov. V 9. členu se zakon opredeli o gradbenih predpisih. Predpisuje uporabo predpisov za določitev tehničnih značilnosti posameznih vrst objektov. Morajo izpolnjevati eno, več ali vse bistvene zahteve, ki so določene v Uredbi (EU) št.305/2011.

**Pravilnik o učinkoviti rabi energije** (PURES, Uradni list RS, št. 52/2010 s spr.) določa tehnične smernice, ki morajo biti izpolnjene za učinkovito rabo energije. Uporablja se v stavbah na področju:

- toplotne zaščite;
- ogrevanja;
- hlajenja;
- prezračevanja;
- kombinacije zgoraj naštetih;
- priprave tople vode;
- razsvetljave;
- zagotavljanja lastnih obnovljivih virov energije za delovanje sistemov.

Izračun energijskih lastnosti stavbe je določen skladno z metodologijo, ki je v skladu z Direktivo 31/2010/EU Evropskega parlamenta in Sveta z dne 19. maja 2010 o energetski učinkovitosti stavb. Če je tehnično izvedljivo, se pravilnik uporablja pri vseh novogradnjah in rekonstrukcijah, kjer se posega v najmanj 25% površine toplotnega ovoja. Gradbene ukrepe in rešitve za doseganje zahtev iz tega pravilnika določa tehnična smernica za graditev **TSG-1-004 Učinkovita raba energije**. Smernica prav tako določa metodologijo izračuna energijskih lastnosti stavbe. Uporaba je obvezna. Področje prezračevanja pravilnik obravnava v 12.členu. Določa uporabo sistema hibridnega ali mehanskega prezračevanja, če ni mogoče izvesti naravnega prezračevanja za doseganje kakovosti zraka v prostorih v skladu s predpisi, ki urejajo prezračevanje in klimatizacijo. Energijsko učinkovitost prezračevalnega sistema se zagotovi z izborom učinkovitih naprav, razvoda, najmanjšo potrebno količino zraka, uravnoteženjem sistema ter z regulacijo kakovosti zraka v stavbi. Hibridni oziroma mehanski sistemi prezračevanja morajo imeti urejeno ustrezno učinkovitost vračanja toplote zraka.

Tehnične zahteve za prezračevanje in klimatizacijo stavb ter tehnične zahteve za mehanske prezračevalne sisteme, ob vgradnji v stavbo določa **Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb** (Uradni list RS, št 42/2002 s spr.). Pravilnik temelji in se sklicuje na standarde SIST CR 1752, SIST ISO 7730 in SIST DIN 1946-6, ki obravnavajo dotično področje. Tehnične zahteve so določene na podlagi kakovosti notranjega okolja, natančneje na podlagi kakovosti zraka in toplotnega okolja.

Kakovost zraka je opredeljena v členih 7-10. 7. člen opredeljuje zrak v prostoru kot svežega in prijetnega, brez vonjav ter ne sme ogroziti zdravja ljudi v prostoru. Tekom projektiranja in gradnje stavbe je potrebno da sta v stavbi dve vrsti vira onesnaženja:

- a) stavba kot celota – gradbeni material, pohištvo, prezračevalni sistem, oprema;
- b) onesnaženje povezano z uporabniki prostora.

Najmanjši vtoki in minimalne potrebne izmenjave zraka v prostorih so predpisane v 8. členu pravilnika. Najmanjši potrebni pretok v javnih prostorih, oziroma v prostorih kjer kajenje ni



dovoljeno znaša  $15\text{m}^3/\text{h}$  na osebo. Ko so v prostorih stavbe navzoče osebe, je potrebno poskrbeti za minimalno volumsko izmenjavo zraka v višini  $n=0,5\text{h}^{-1}$ . Kadar v stavbi ni prisotnih oseb, ki bi povzročale onesnaženje, stavba še vedno oddaja škodljive emisije, zato je takrat potrebno poskrbeti za minimalno volumsko izmenjavo  $n=0,2\text{h}^{-1}$ . Količino zunanjega zraka, ki minimalno vstopa v stavbo lahko izrazimo tudi s pomočjo talne površine v prostoru. Takrat minimalna količina znaša  $1,5\text{m}^3/\text{h}$  na kvadratni meter površine. Kakovosten zrak dosegamo tudi z vzdrževanjem koncentracije notranjih onesnaževalcev pod določenimi vrednostmi.

Toplotno okolje je razdelano v členih 11-15. V 12. členu so začrtane smernice za zagotavljanje ugodne relativne vlažnosti. Relativna vlažnost mora biti takšna, da ne vpliva na ugodje in zdravje ljudi ter ne povzroči nastanka površinske kondenzacije. Ko je temperatura med  $20^\circ\text{C}$  in  $26^\circ\text{C}$ , mora biti relativna vlažnost med 30% in 70%. Priporočljiva zgornja meja relativne vlažnosti v stanovanjskih prostorih je 60%, kar zmanjšuje rast organizmov. Ko je prostor klimatiziran se zgornja meja dopustne relativne vlažnosti premakne na 60%. 13. člen razlaga toplotno okolje z vidika hitrosti gibanja zraka. Dopustne srednje hitrosti se določijo skladno s standardom SIST CR1752. V stavbah z mehanskim prezračevanjem in kjer je volumska izmenjava večja od  $0,7\text{h}^{-1}$ , se vgradijo naprave za pridobivanje toplote zavrženega ali odtočnega zraka, oziroma naprave za rekuperacijo.

Prezračevalni sistemi in s tem povezano projektiranju mora stremeti k doseganju in uravnavanju predpisane ravni notranjega okolja v prostorih. Raba energije in izkaz energijskih karakteristik sistema mora biti navedena v priloženi prilogi 3 pravilnika in je kot taka obvezna del projektne dokumentacije. Parametri načrtovanja prostorov različnih namembnosti so:

- občutena temperatura, ki je po SIST CR 1752 odvisna od aktivnosti uporabnika in toplotnega upora obleke uporabnika;
- največja srednja hitrost zraka z upoštevanjem intenzitete turbulence 40%;
- najmanjše količine zraka zaradi emisije ljudi in z upoštevanjem nizko emisijskih stavb. V nenizko emisijskih stavbah je potrebno dodati dodatno količino zraka, zaradi emisij gradbenega materiala, pohištva, opreme;
- obremenjenost/zasedenost prostora;
- učinkovitost prezračevanja ena;
- v prostor vteka zunanji zrak odlične kakovosti.

Za nekatere namembnosti prostorov, s privzetimi parametri je količina določena v prilogi 1 pravilnika. Če vrednosti odstopajo od privzetih, je potrebno prezračevalni sistem projektirati po zgornji metodologiji.

Na koncu pravilnika so podane tehnične zahteve, vzdrževanje in obratovanje prezračevalnih sistemov.

Na podlagi petega odstavka 14. člena **Zakona o vrtcih** (Uradni list RS, št 12/96 in 44/00) je izdan pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Uradni list RS, št. 73/2000 s spr.). Določa normative in minimalne tehnične pogoje za opremo in prostor vrtca. Področje prezračevanja in z njim povezanimi parametre določa 51.člen. Prezračevanje mora biti urejeno skladno z veljavnimi tehničnimi predpisi, torej skladno s pravilnikom o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Uradni list RS, št 42/2002 s spr.). Pri tem hitrost gibanja zraka ne sme presegati  $0,2\text{ m/s}$ . Relativna vlaga mora biti v prostorih za otroke vzdrževana med 40% in 60%. Dodatno mehansko prezračevanje je potrebno pri garderobah in sanitarijah za otroke. V kuhinji, sanitarijah in prostorih za nego je prezračevanje načrtovati tako, da ustvarja podtlak, ki onemogoča širjenje vonjav v igralnico.

Mehansko prezračevanje je potrebno predvideti v kuhinji, pralnici in prostorih za čistila v uporabi.

Skladno s tretjim odstavkom 1. člena **Zakona o varnosti in zdravju pri delu** (Uradni list RS št. 56/99) je s strani ustreznega resornega ministrstva izdan **Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih** (Uradni list RS, št. 89/1999 s spr.). Določa zahteve za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev, ki jih mora delodajalec upoštevati pri načrtovanju, oblikovanju, opremljanju in vzdrževanju delovnih mest. Področje prezračevanja delovnih mest je obravnavano v členih 15-24. Delodajalec mora zagotoviti dovolj svežega zraka v delovnih prostorih in redno čistiti, vzdrževati vse naprave s katerimi prezračuje delovne prostore. Naravno prezračevanje je opredeljeno v 17. členu. Če imajo delovni prostori dovolj velika okna ali druge prezračevalne odprtine, lahko delodajalec prostore prezračuje naravno. Preseki odprtin morajo zadostiti kriterijem določenim v prilogi 1 pravilnika. Odprtine morajo biti dovolj umaknjena od zunanjih virov onesnaženja in opremljene s pripravami, ki zaposlenim omogočajo enostavno način uravnavanja velikosti prezračevalnih presekov. V primeru mehanskega prezračevanja mora delodajalec, zagotoviti:

- zrak mora biti ustrezno čist in brez vonjav;
- naprave morajo biti opremljene s filtri za prečiščevanje vstopnega zraka, ki morajo biti ustrezno vzdrževani, oziroma po potrebi zamenjani;
- delavci ne smejo biti izpostavljeni neposrednemu zračnemu toku, ki ga povzročajo prezračevalna ali klimatska naprava.
- 20-40m<sup>3</sup>/h na delavca, ki opravlja delo pretežno sede;
- 40-60m<sup>3</sup>/h na delavca, ki opravlja delo pretežno v stoje;
- Več kot 65m<sup>3</sup>/h na delavca, ki opravlja težko fizično delo;
- v kombinaciji s kajenjem in neprijetnimi vonjavami je potrebno upoštevati še 10m<sup>3</sup>/h, oziroma 20m<sup>3</sup>/h dodatne količine svežega zraka.

22. člen določa dovoljene maksimalne količine relativne vlažnosti. Vrednosti so v 2. odstavku podane v odvisnosti od temperature zraka.

Temperaturo v prostorih obravnava 25. člen. Slednja ne sme presegati +28°C.

Pri opravljanju meritev kvalitete notranjega zraka v obeh VVE se postavijo kriteriji vrednotenja rezultatov. Po predpisih v Pravilniku o klimatizaciji in prezračevanju stavb (Uradni list RS, št. 42/2002 s spr.) je maksimalna dovoljena koncentracija CO<sub>2</sub> v notranjem prostoru 1660ppm. Po ASHRAE (ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010) priporočilih je zadovoljiva raven koncentracije CO<sub>2</sub> odvisna od zunanje koncentracije CO<sub>2</sub>. Razlika med notranjo in zunanjo vrednostjo koncentracije CO<sub>2</sub> ne sme presegati 700ppm. Ob predpostavki, da so vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v zunanjem zraku 500ppm, mora biti v notranjem prostoru zagotovljena vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> pod 1200ppm. Priporočila ASHRAE so v tem pogledu mnogo ostrejša od slovenskih predpisov. Vrednosti med maksimalno dovoljenimi po Pravilniku o klimatizaciji in prezračevanju stavb, ter vrednostmi po priporočilih ASHRAE bodo obravnavane kot dopustne. V okviru diplomske naloge, sem si zastavil kriterij vrednotenja rezultatov. Upošteval sem ASHRAE priporočila in smatram, da bodo vse vrednosti izmerjene pod priporočenimi ASHRAE vrednostmi dobre. Vse vrednosti nad maksimalno dovoljenimi vrednostmi po Pravilniku o klimatizaciji in prezračevanju stavb bom smatral kot slabe. Kriteriji vrednotenja rezultatov so predstavljeni v preglednici 3.

Preglednica 3: Kriteriji vrednotenja rezultatov koncentracij CO<sub>2</sub> (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE)

Vrednotenje	Kriterij (X = izmerjena koncentracija [ppm])
Dobra kvaliteta zraka	$X < cCO_{2,oa} + 700\text{ppm}$
Primerna kvaliteta zraka	$cCO_{2,oa} + 700\text{ppm} < X < 1660\text{ppm}$
Slaba kvaliteta zraka	$X > 1660\text{ppm}$

Kriterij ustreznosti prezračevanja glede povprečnega pretoka zraka, oziroma količine dovedenega zunanega zraka so opredeljene v prilogi 1 Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stav. Za potrebe diplomske naloge sem naredil poenostavitev, saj za prostore vrtca ni eksplicitno izražena priporočena količina zunanega zraka za prezračevanje. Za namen vrednotenja rezultatov prezračevanja je predpostavljena količina zunanega zraka enaka kot za primer učilnice v osnovni šoli. Referenčna vrednost je 30m<sup>3</sup>/h na osebo (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb). Vrednosti nad referenčno mejo bodo opredeljene kot dobre in vrednosti pod njo kot slabe.

Relativna vlažnost je ovrednotena po Pravilniku o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca (Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca). Predpisano je, da mora biti relativna vlažnost notranjega zraka med 40% in 60%. Vrednosti izmerjene relativne vlažnosti bodo ovrednotene kot dobre, če bodo ustrezale temu pravilniku.

### 3. METODOLOGIJA

Oceno kvalitete notranjega zraka sem preučeval na objektivni in subjektivni ravni v dveh enotah vrtca Kekec v Grosuplju. V montažnem vrtcu, v igralnici skupine Sončki (VVE Mojca) in v klasično zgrajenem vrtcu, v igralnici skupine Zvezdice (VVE Tinkara). Objektivna raven je zajemala meritve na terenu in simulacijo s programsko opremo CONTAM 3.1. Subjektivna raven je zajemala podatke pridobljene z anketami, ki so jih izpolnile odrasle osebe prisotne v prostoru.

#### 3.1 Objektivna ocena

Objektivna raven je zajemala podatke pridobljene z meritvami na terenu. Meritve so potekale zaporedoma v montažnem vrtcu (VVE Mojca) in se nadaljevale v klasično zgrajenem (VVE Tinkara). Časovno so meritve potekale enkrat tedensko vsak petek od 24.5.2013 do vključno petka, 30.6.2013.

Merjeni parametri so bili koncentracija CO<sub>2</sub>, temperatura zraka v prostoru, relativna vlažnost zraka in hitrost gibanja zraka. Vzporedno sem beležil število oseb v prostoru, aktivnost oseb v prostoru in stanje odprtosti odprtin. Poleg notranjih parametrov sem meril tudi zunanjo temperaturo zraka, zunanjo relativno vlažnost, zunanjo hitrost gibanja zraka in zunanjo koncentracijo CO<sub>2</sub> v zraku.

Opravljenih je bilo 12 meritev, po 6 v vsaki VVE. Kronološki potek merjenj po posameznih vrtcih je prikazan v preglednici 4. Posamezno meritev sem opravljal v intervalu od 5 do 10 minut. Zunanji parametri so bili odčitani dvakrat na posamezen merilni dan. Izmerjene podatke sem primerjal s podatki, ki so avtomatsko izmerjeni na meteorološki postaji v Grosuplju. Razlike niso bile velike, zato sem v nadaljevanju analize rezultatov upošteval podatke s centra agencije Republike Slovenije za okolje (ARSO). Merilno mesto, kjer sem opravljal meritve je za posamezno VVE prikazan na sliki 6 oziroma na sliki 14. Meril sem v coni dihanja, kar pomeni na koti 1,00±0,1m nad finalno obdelavo tal. Vsi izmerjeni rezultati so služili kot osnova za modeliranje posameznih meritev in izračun pretoka zraka v programu CONTAM s katerim sem izvedel primerjavo računanih in merjenih vrednosti.

Preglednica 4: Kronološki pregled merjenj po VVE

Datum	Začetek	Konec	VVE
24.maj	8:00	10:00	Mojca
	10:00	12:00	Tinkara
31.maj	8:00	10:00	Mojca
	10:00	12:00	Tinkara
7.jun	8:00	10:00	Mojca
	10:00	12:00	Tinkara
14.jun	7:00	9:00	Mojca
	9:00	11:00	Tinkara
21.jun	8:00	9:30	Mojca
	9:30	11:00	Tinkara
28.jun	8:00	9:30	Mojca
	9:30	11:00	Tinkara

### 3.2 Merilni instrumenti

Instrument s katerim sem meril koncentracijo CO<sub>2</sub> je bil digitalni merilec koncentracije CO<sub>2</sub> Testo 535. Sestavljen je iz sonde, katera ima senzor za določevanje koncentracije CO<sub>2</sub>, ki je s kablom povezana s konzolo na kateri se izpisujejo rezultati. Z infrardečim senzorjem lahko določi raven koncentracije CO<sub>2</sub> v zraku. Deluje na principu absorpcije. Vrednosti prikazuje v enotah ppm ter v razponu od 1ppm do 9999ppm. Za določeno obdobje ima možnost prikaza maksimalne, minimalne in srednje vrednosti ter je tako primeren za merjenje v daljših časovnih obdobjih. Instrument je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Merilni instrument Testo 535 (RS Components Branch Network,2014)

Drugi instrument (Testo 445), ki sem ga uporabljal tekom meritev je merilec relativne vlažnosti, temperature zraka in hitrosti gibanja zraka. Sestavljen je iz sonde s senzorjem za zaznavanje in konzole za odčitavanje podatkov. Sonda in konzola sta povezani preko. Na konzolo je možno pritrditi več vrst sond, odvisno od podatkov, ki jih želimo izmeriti. Za moje potrebe sem uporabil sondo, ki izmeri temperaturo zraka, relativno vlažnost zraka in hitrost gibanja zraka. Instrument je prikazan na sliki 3, njegove tehnične specifikacije pa v preglednici 5.



Slika 3: Merilni instrument Testo 445 z obema sondama (RS Components Branch Network, 2014)

Preglednica 5: Tehnične specifikacije Testo 445 (RS Components Branch Network, 2014)

Količina	Meritveni interval	Natančnost merjenja
Temperatura zraka	od -20 do 70°C	±0,4°C (od 0 do 50°C) in ±0,5°C pri ostalih temperaturah
Relativna vlažnost zraka	od 0 do 100%	±2% RH (od +2 do +98% RH)
Hitrost gibanja zraka	od 0 do +10m/s	±0,03m/s oziroma ±5% pri srednji vrednosti hitrosti od 0 do 10m/s

### 3.3 Subjektivna ocena

Subjektivna raven ocene kvalitete notranjega zraka sem izvedel s pomočjo anketnega vprašalnika. Na ta način sem želel pridobiti subjektivno oceno o kakovosti notranjega zraka katere sem primerjal z objektivno oceno. Anketni vprašalnik je bil sestavljen iz vprašanj vezanih na kvaliteto notranjega okolja. V vprašalniku so bili različni sklopi vprašanj:

1. Osebni podatki anketiranca
  - a. Spol
  - b. Starost
  - c. Telesna teža in višina
2. Svetlobno udobje anketiranca
3. Toplotno udobje in kakovost zraka
  - a. Ocena relativne vlažnosti
  - b. Občutenje temperature zraka
  - c. Trenutno počutje zaradi temperature
  - d. Želja po spremembi temperature
  - e. Kakovost zraka v igralnici
  - f. Izbira stopnje izolativnosti oblačil
  - g. Izbira stopnje aktivnosti uro pred anketiranjem.

Tekom meritev so anketo izpolnjevale vse odrasle osebe v prostoru. Na vprašanja sva odgovarjala dva izvajalca meritev (pred izvedbo meritev) in vzgojiteljice v igralnici. Število anketiranih oseb je variiralo med 3 in 4. Anketiranci so bili tako ženske kot moški, ki so bili stari od 18 do 49 let. Vprašalnik je služil kot pripomoček za subjektivno oceno kvalitete notranjega zraka. Uporabljena anketa je enaka kot pri diplomskem delu Andreja Šabca (A.Šabec, 2013). Vzorec ankete je prikazan na naslednjih dveh straneh.



**12) Kakšna se vam zdi v tem trenutku temperatura v igralnici?**

Mrzlo	Hladno	Delno hladno	Normalno	Delno toplo	Toplo	Vroče
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**13) Kako se počutite v tem trenutku?**

Premrzlo	Mrzlo	Hladno	Udobno	Rahlo suho	Toplo	Prevroče
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**14) Trenutno si želim, da bi bilo...**

Hladneje	Brez sprememb	Topleje
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

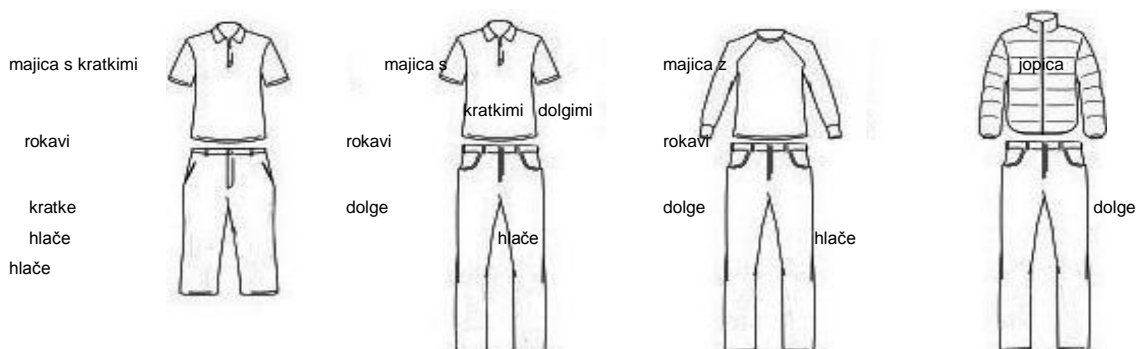
**15) Kakšen se vam zdi zrak v igralnici?**

Zatohel	Primeren	Svež
<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

**16) Kaj storite, ko imate občutek, da je zrak preveč zatohel?**

<input type="radio"/> Odprem okno na stežaj	<input type="radio"/> Nič
<input type="radio"/> Pripremem okno	<input type="radio"/> Drugo
<input type="radio"/> Odprem vrata	

**17) Obkrožite sliko z oblačili, ki je najbližja tistemu, kar imate trenutno oblečeno:**



**18) Katere dejavnosti ste počeli zadnje uro?**

Dejavnosti	Časovni interval			
	Zadnjih 15 minut	15-30 minut nazaj	30-45 minut nazaj	45-60 minut nazaj
Spal/-a	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Hodil/-a	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Sedel/-a	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Pel/-a	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Risal/-a	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Se igral/-a	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Drugo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>



### 3.4 Programska oprema

Za simulacijo prezračevanja sem uporabil programsko orodje CONTAM 3.1 (NIST, 2013). Računalniški program CONTAM je namenjen preučevanju kvalitete notranjega zraka in analizi prezračevanja prostora. S pomočjo program se lahko določi:

- Pretok zraka: infiltracija, ekfiltracija zraka, pretok zraka med prostori v sistemih z mehanskim prezračevanjem in določenimi stopnjami prezračevanja, pritisk vetra na zunanji ovoj objekta in vzgonski efekti zaradi temperaturnih razlik znotraj in zunaj;
- Koncentracija onesnaževalcev v zraku: razpršenost onesnaževalcev, ki nastanejo zaradi kemičnih oziroma radio kemičnih procesov, hlapenja plinov, ki zaradi proizvodnega procesa še več let hlapijo iz gradbenih proizvodov;
- Izpostavljenost uporabnikov prostora: napoved izpostavljenosti onesnaževalcem v zraku za ugotavljanje tveganja.

Možnost izračuna pretoka zraka v stavbah je uporabna za ugotovitev primernosti prezračevanja objekta.

Za potrebe diplomske naloge sem s programom iterativno določil potrebne prereze za ustrezno naravno prezračevanje. Naravno prezračevanje se v programu modelira z dvema odprtinama, saj ena pomeni gibanje zraka iz prostora v zunanost, medtem ko druga iz zunanje okolice v prostor. V prostoru sem predpostavil, da so bili kot edini vir onesnaževanja uporabniki s proizvodnjem CO<sub>2</sub>. Ustrezno stopnjo proizvodnje CO<sub>2</sub> sem določil iterativno. Ostale notranje vire, kot na primer naprave, sem zanemaril.

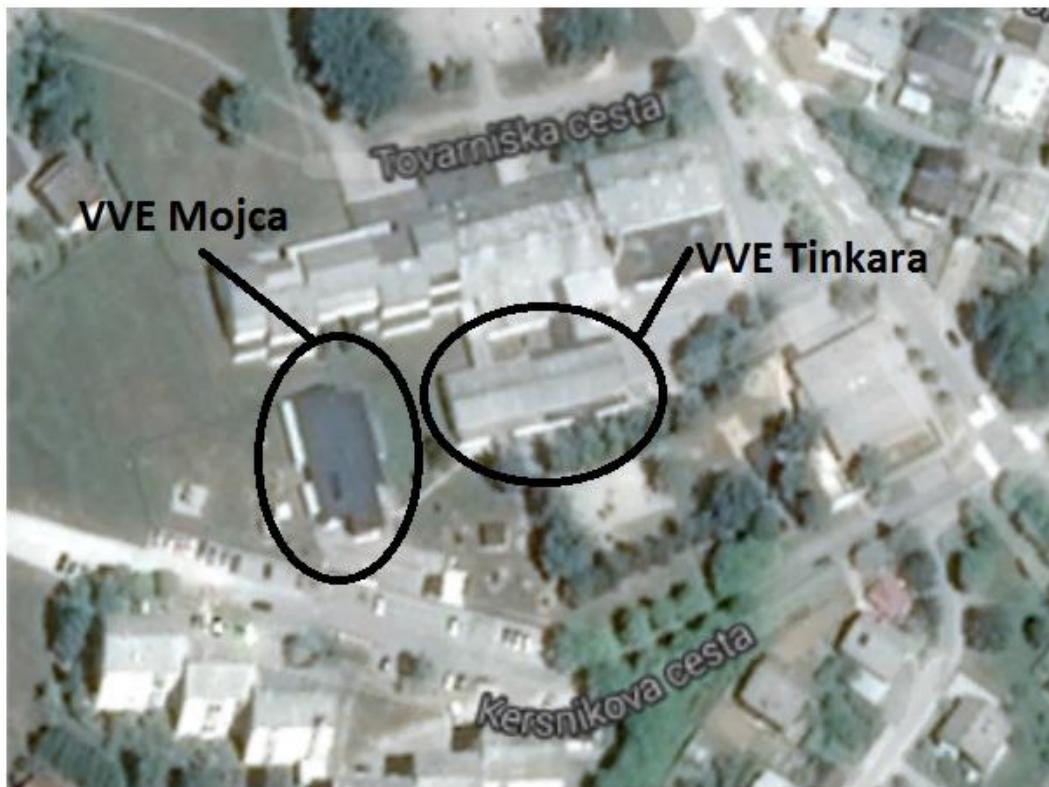
V preglednici 6 so predstavljene pričakovane povprečne vrednosti pretoka zraka, oziroma količine dovedenega zunanjega zraka v igralnicah po posameznih merilnih dnevih. Potrebni povprečni pretoki zraka so izračunani na podlagi predpisov Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Priporočena količina zunanjega zraka je po Pravilniku 30m<sup>3</sup>/h na osebo. Potreben povprečni pretok zraka v prostoru je preračunan glede na število otrok v igralnici.

Preglednica 6: Potrebni povprečni pretoki zraka na posamezen merilni dan v VVE Mojca in VVE Tinkara

Merilni dan	VVE	Potreben povprečni pretok zraka [m <sup>3</sup> /h]
24.5.2013	Mojca	600
	Tinkara	540
31.5.2013	Mojca	600
	Tinkara	600
7.6.2013	Mojca	570
	Tinkara	630
14.6.2013	Mojca	600
	Tinkara	600
21.6.2013	Mojca	480
	Tinkara	480
28.6.2013	Mojca	390
	Tinkara	390

#### 4. OPIS OBJEKTOV

Na sliki 4 sta prikazani mikrolokaciji obeh VVE v Grosupljem. Locirana sta v izobraževalnem delu Grosuplja, saj se poleg VVE, tam nahaja tudi osnovna šola Louisa Adamiča. Obe obravnavani VVE sta del varstveno vzgojnega zavoda Kekec (VVZ Kekec). Montažni je postavljen v neposredni bližini klasično grajenega. Povezuje ju pešpot, medtem ko je transportni dostop možen z dveh strani.



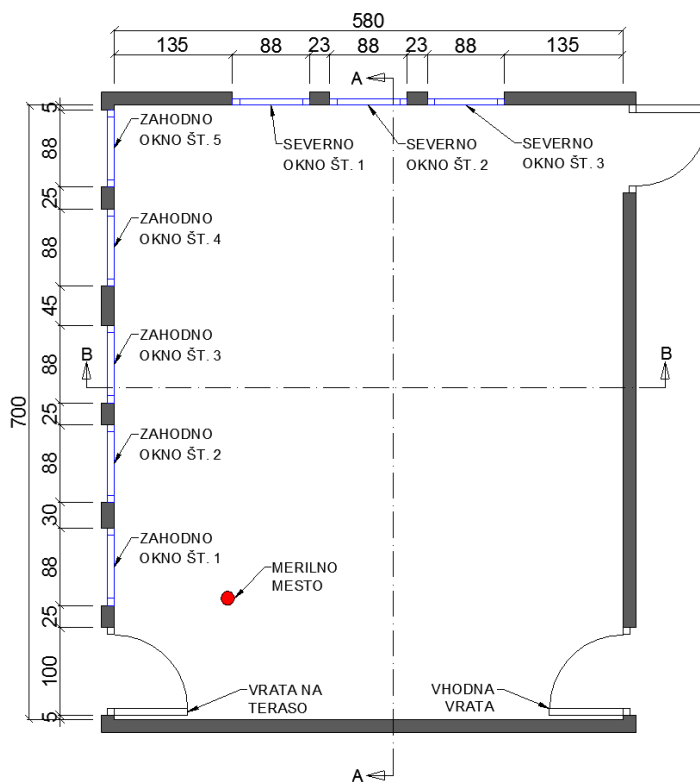
Slika 4: Satelitski prikaz lokacije obeh VVE (Google Earth, 2014)

#### 4.1 Montažno grajeni vrtec (VVE MOJCA)

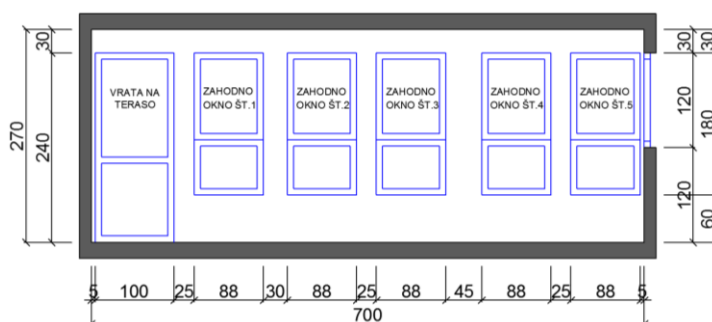
V montažno grajenem vrtcu se nahaja varstveno vzgojna enota Mojca (VVE Mojca). Enota stoji na Kersnikovi ulici 2a in je bila zgrajena leta 2010 zaradi vesplošnega pomanjkanja prostora v javnih vrtcih v Grosuplju. Na severu meji na osnovno šolo Louisa Adamiča, na vzhodu na varstveno vzgojni zavod Tinkara, na jugu ima parkirišče, na zahodni strani, kamor je odprt obravnavani prostor, je zunanje igrišče, kar je razvidno s slike 9. V okolici ni nobenih večjih proizvajalcev CO<sub>2</sub>, ki bi lahko vplivali na rezultate meritev. Objekt je sestavljen iz modularnih enot, izdelanih iz jeklene podkonstrukcije, profilirane pločevine in toplotne izolacije v jedru. Talna obloga je iz linoleja. Različne enote so povezane v zaključeno in funkcionalno celoto. Stavba je enonadstropna in ima skupno neto tlorisno površino 400 m<sup>2</sup>. V vrtcu je pet oddelkov, v katere so razporejeni otroci od enega leta starosti do odhoda v šolo, kar je približno pri petih letih. Za otroke skrbijo vzgojiteljice, pomočnice vzgojiteljic, kuharica in čistilka. Vsak oddelek ima svoje sanitarije, teraso in previjalnico v oddelkih z mlajšimi otroki. Znotraj objekta se nahaja tudi prostor za osebje, hodnik z garderobami, kuhinja, shramba, pisarna in kotlovnica.



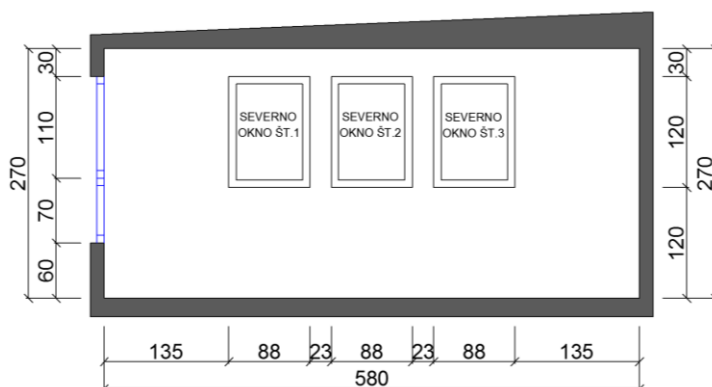
Slika 5: Tloris VVE Mojca in lokacija igralnice skupine Sončki (A.Šabec, 2013)



Slika 6: Oris tlorisa igralnice skupine Sončki v VVE Mojca



Slika 7: Oris prereza A – A igralnice skupine Sončki v VVE Mojca



Slika 8: Oris prereza B – B igralnice skupine Sončki v VVE Mojca





Slika 9: Pogled z zunanjega igrišča na zahodno fasado VVE Mojca (VVZ Kekec, 2014)



Slika 10: Igralnica s pogledom iz vhodnih vrat VVE Mojca (A.Šabec, 2013)

Prostor v katerem sem opravljal meritve se nahaja v severozahodnem delu objekta kot je prikazano na sliki 10. V njem je igralnica skupine Sončki, v kateri so otroci stari od 3 do 4 let. Slika 6, slika 7 in slika 8 orisujejo igralnico z vsemi dimenzijami odprtin. Lokacija merilnega mesta je prikazana na sliki 6. Vsa okna imajo bel PVC okvir, ter dvojno zasteklitev. Zunanje stene prostora so orientirane na zahod in sever. Na zahodni strani so vrata na teraso ter pet oken (slika 7). Zahodna okna so sestavljena iz spodnjega fiksne delu, ter zgornjega dela, ki ima možnost pripiranja, oziroma stranskega odpiranja. Na severni zunanji steni so tri okna, ki so nameščena 1,2m nad finalno obdelavo tal (slika 8). Vsa tri okna imajo možnost pripiranja, ter stranskega odpiranja. Notranji odprtini se nahajata na vzhodni steni igralnice. Ena vrata vodijo v majhne sanitarije in so odprta ves čas. Druga vrata vodijo na hodnik in se odpirajo občasno (slika 6). Položaj merilnega mesta je prikazan na sliki 6. Položaj merilne točke je izbran tako, da je zagotovljeno nemoteno opravljanje aktivnosti.

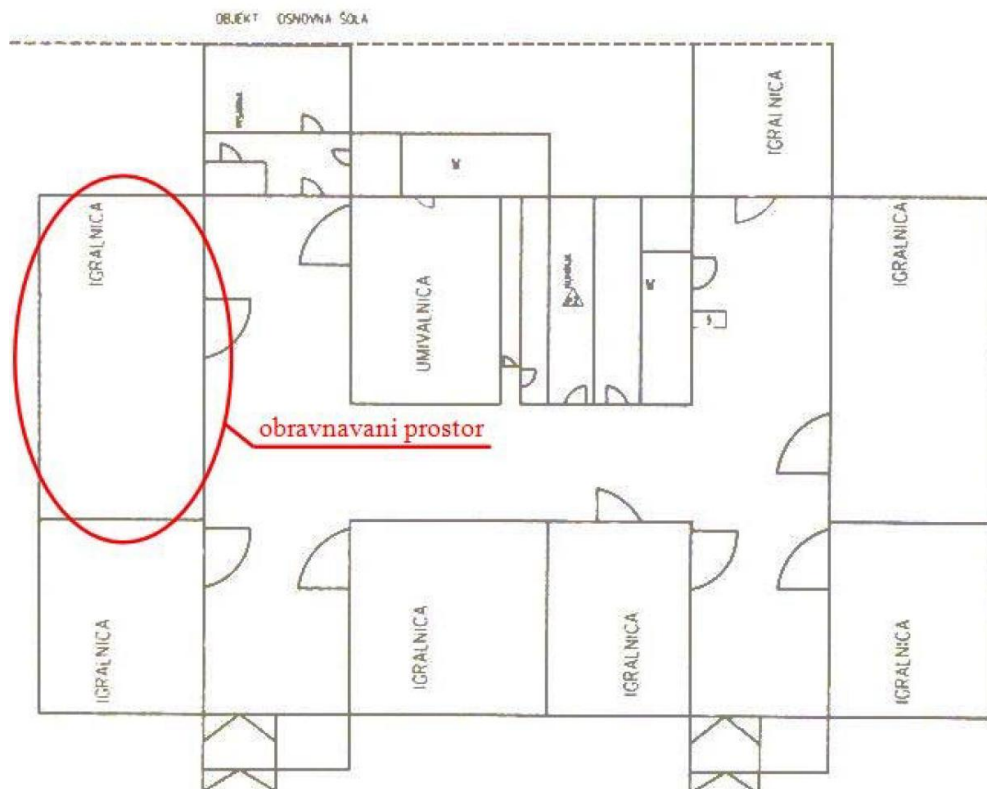
## 4.2 Klasično grajeni vrtec (VVE TINKARA)

V klasično grajenem vrtcu je nameščena vzgojno varstvena enota Tinkara (VVE Tinkara), ki je del VVZ Kekec. Objekt stoji na Tovarniški 12 v Grosupljem in je pozicioniran v neposredni bližini VVE Mojca. Na severu je povezan z osnovno šolo Louisa Adamiča, vendar prehoda med njima ni. Na jugu ima zunanje igrišče ter na vzhodu transportni dostop. Na zahodu preko travnatih površin meji na VVE Mojca. Ima 667m<sup>2</sup> neto tlorisne površine in je enonadstopen. Stene so zgrajne iz opeke in armiranega betona. Ostrešje je leseno in krito z vlakneno cementnimi ploščami. Notranje stene so obdelane s cementnim ometom, ter deloma z leseno zaščitno oblogo, ter deloma z zaključnim beležem. Objekt je star 40 let in ima 267m<sup>2</sup> več neto tlorisne površine kot VVE Mojca, kar pomeni, da ga lahko obiskuje več otrok. Skupno lahko vrtec sprejme do 157 otrok, za katere skrbi 17 zaposlenih delavcev. Znotraj VVE Tinkara je oblikovanih 7 oddelkov, ki imajo na voljo 8 igralnic. Starost otrok je od treh let do šest let. Prostorsko ima objekt 8 igralnic, pisarno, kuhinjo in sanitarije.



Slika 11: Pogled na VVE Tinkara iz južne strani (VVZ Kekec, 2014)

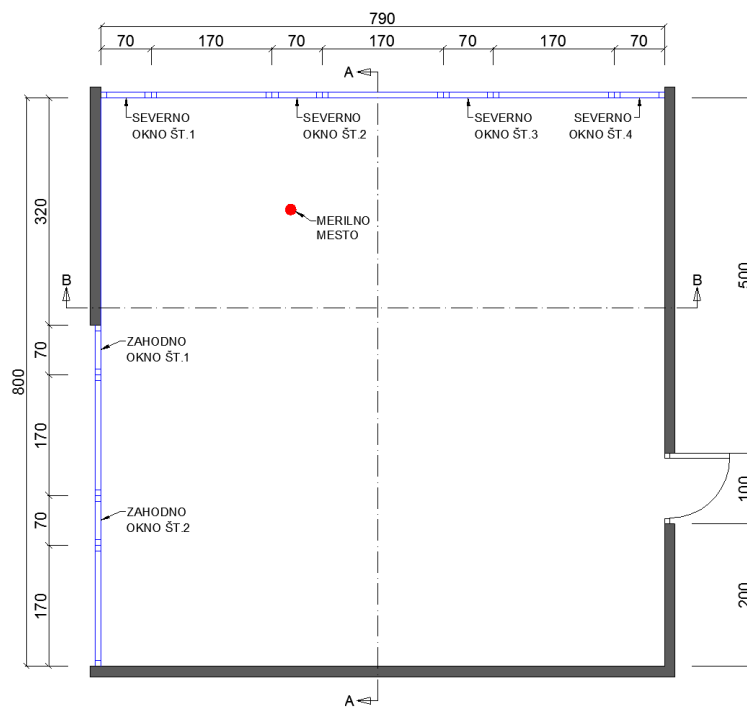
Igralnica v kateri sem opravljal meritve se nahaja v severozahodnem delu VVE Tinkara, kot je razvidno s slike 12. V igralnici je nameščena skupina Zvezdica, v kateri je maksimalno 21 otrok starih od 5 do 6 let. Prostor je dimenzij 7,9m x 8m in ima višino 2,4m na severnem delu, ter višino od 3m do 3,65 m na zahodnem delu. Na sliki 14 je orisan tloris igralnice z vrisanim merilnim mestom. Merilno mesto je umeščeno v bralni kotiček igralnice, da je zagotovljeno nemoteno izvajanje aktivnosti. Na slikah 15 in 16 sta prikazana prereza in vse odprtine prostora. Vse odprtine zunanjega ovoja imajo bel PVC okvir, ter dvojno zasteklitev. Zunanje stene so obrnjene na sever in zahod. Severna stena je v celoti zastekljena, vendar imajo možnost stranskega odpiranja in pripiranja le ožji deli oken. Okna na višji koti so fiksna in so namenjena le izboljšanju osvetljenosti. Na zahodni steni ima poleg dveh velikih fiksnih oken, dvoje oken možnost stranskega odpiranja in pripiranja. Vhodna vrata se nahajajo na vzhodni steni (slika 14).



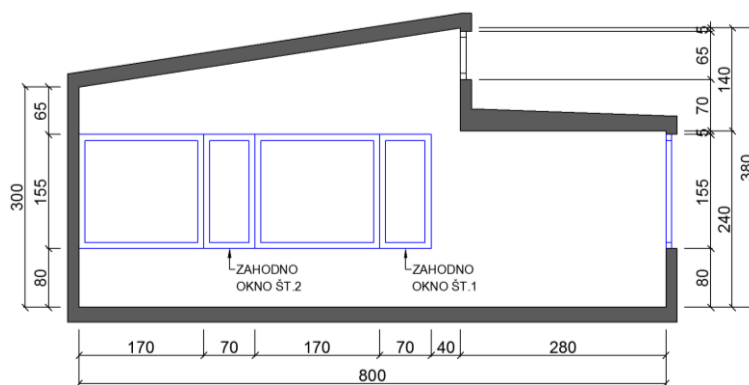
Slika 12: Oris tlorisa stavbe z označeno igralnico skupne Zvezdice (A.Šabec, 2013)



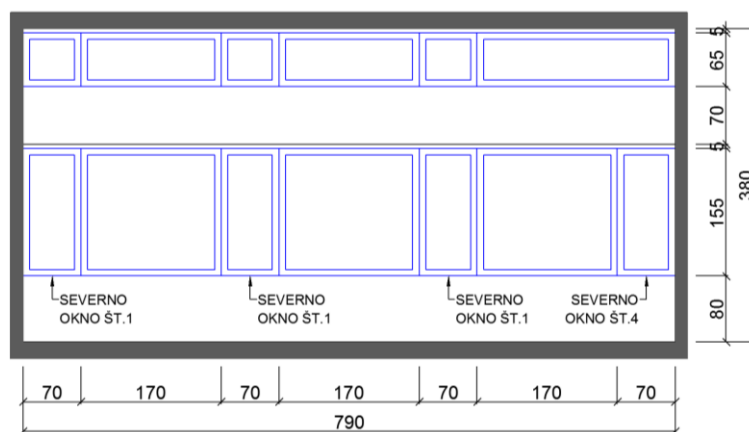
Slika 13: Prostor v VVE Tinkara (A.Šabec, 2013)



Slika 14: Tloris igralnice skupine Zvezdice



Slika 15: Prerez A – A igralnice skupine Zvezdice



Slika 16: Prerez B – B igralnice skupine Zvezdice



## 5. REZULTATI

Predstavljene so skupine rezultatov meritev, anket in izračunov za posamezen dan. Rezultati so prikazani v kronološkem vrstnem redu za posamezno VVE. V podpoglavjih 7.1.7 in 7.2.7 sta prikazani primerjavi med vsemi pridobljenimi rezultati meritev in izračuni posamezne VVE. V podpoglavju 7.3 je opravljena primerjava pridobljenih rezultatov meritev in izračunov med obema VVE. Znotraj vsakega podpoglavja so najprej prikazani vsi merjeni parametri in nato primerjava merjenih vrednosti in vrednosti pridobljenih na podlagi računalniške simulacije.

Preglednica 7 prikazuje vremenske podatke za posamezen datum v Grosupljem. Prikazana je za oris zunanjih razmer posameznega merjenja.

Preglednica 7: Parametri zunanjega okolja (Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014)

Geografska dolžina: 14,7° E Geografska širina: 46° N Nadmorska višina: 350m					
DATUM	URA	T <sub>ao</sub> [°C]	RH <sub>oa</sub> [%]	SMER VETRA	v <sub>ao</sub>
24.5.2013	7:00	7,7	98	SE	2,4
	14:00	8,3	92	C	0
	21:00	7,2	99	WNW	0,1
31.5.2013	7:00	9,4	98	C	0
	14:00	13,4	70	WNW	0,9
	21:00	10,4	95	C	0
7.6.2013	7:00	13,3	99	C	0
	14:00	24	43	SE	0,9
	21:00	16,8	91	SSE	0,9
14.6.2013	7:00	15,8	90	C	0
	14:00	27,3	36	SE	2,4
	21:00	19,3	74	C	0
21.6.2013	7:00	22,1	81	C	0
	14:00	32,2	30	SW	2,4
	21:00	21,8	64	C	0
28.6.2013	7:00	11,9	85	C	0
	14:00	18,9	37	SE	2,4
	21:00	14	74	NNW	0,9

## 5.1 Montažni vrtec (VVE Mojca)

V preglednici 8 so predstavljeni podatki o zasedenosti oddelka Sončki v VVE Mojca. Predstavljeni so v odvisnosti od datuma, vsebuje pa tudi podatke o številu odraslih oseb v prostoru.

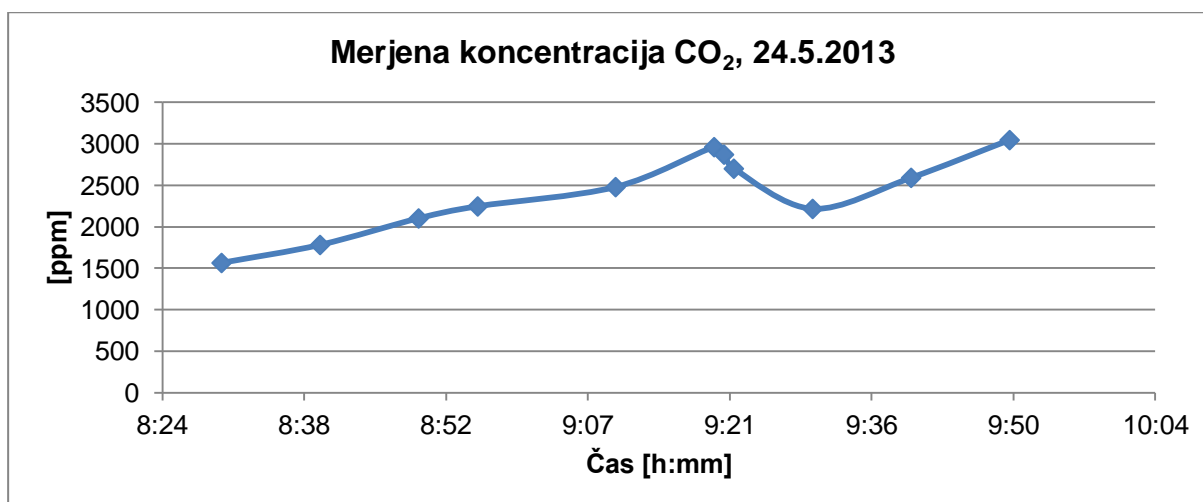
Preglednica 8: Število oseb v prostoru oddelka Sončki v VVE Mojca.

Datum		24.maj	31.maj	7.jun	14.jun	21.jun	28.jun
Število otrok		14	16	15	17	12	10
MAX število otrok		19	19	19	19	19	19
Zasedenost [%]		74	84	79	89	63	53
Število odraslih	M	2	2	2	2	2	2
	Ž	4	2	2	1	2	1

### 5.1.1 Rezultati terenskih meritev, izračunov in anket dne, 24.5.2013

Meritve parametrov kvalitete notranjega zraka so se začele ob 8:30 uri in so se zaključile ob 9:50 uri. Zasedenost prostora glede na prisotnost otrok je bila 74% (preglednica 8). V prostoru je bilo prisotnih tudi 6 odraslih oseb. Začetna izmerjena zunanja vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> je bila 485ppm. Dopustne vrednosti notranje koncentracije CO<sub>2</sub>, glede na zunanje so bile med 1200ppm in 1660ppm (vir: Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Zunanja vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> se ni spreminjala, zato je kriterij tekom celotne meritve enak. Zunanja temperatura zraka je znašala 8,3°C, medtem ko je bila zunanja relativna vlažnost 78%.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 1: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 24.5.2013, v VVE Mojca

Preglednica 9: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 24.5.2013 v VVE Mojca

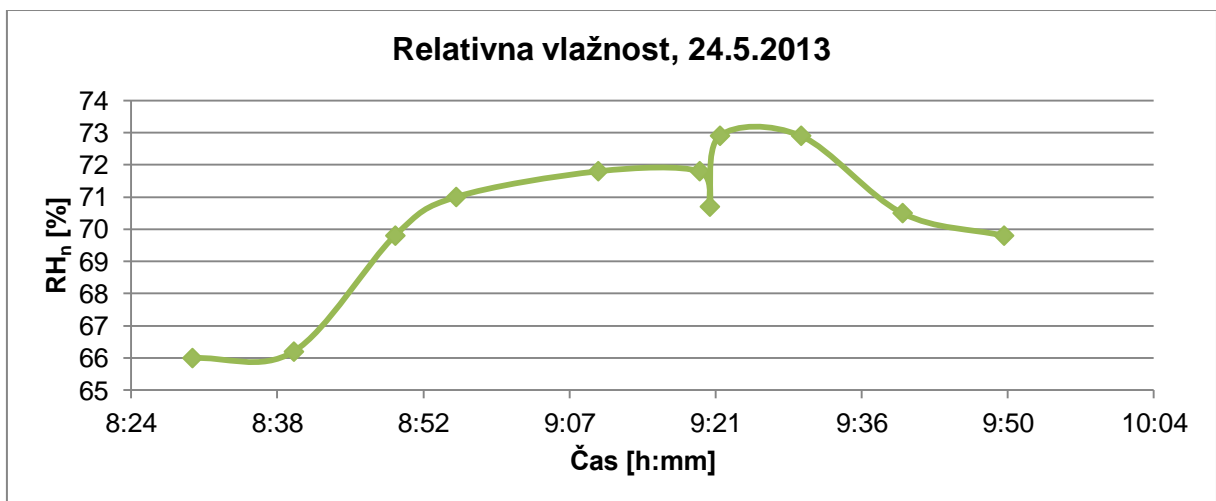
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Mojca	24.5.2013	2400ppm	3050ppm	1550ppm

Na merilni dan 24.5.2013 sem med 8:30 in 9:50 uro opravil 11 meritev, v časovnih intervalih od 1 minute do 10 minut. V začetku meritev, ko igralnica še ni bila povsem zasedena, je bila koncentracija CO<sub>2</sub> v zraku 1550ppm. V naslednji uri so vrednosti rasle s približno linearno tendenco in dosegle koncentracijo CO<sub>2</sub> 3000 ppm. Ob 9:21 je vzgojiteljica na stežaj odprla okna in vrednosti CO<sub>2</sub> je začela naglo padati. Padala je do 9:30, ko je dosegla vrednost 2200 ppm (Grafikon 1). Ob 9:30 uri je vzgojiteljica zaprla okno in vrednost CO<sub>2</sub> je pričela naraščati s približno linearno tendenco, ter je ob 9:50 uri dosegla maksimalno vrednost meritve 3050 ppm. V času od 9:30 do 9:50 so bila okna zaprta in takrat koncentracija CO<sub>2</sub> narašča z 28% višjo tendenco kot v intervalu od 8:30 do 9:20. Hitro naraščanje koncentracije CO<sub>2</sub> si lahko razlagamo s tem, da je bila aktivnost otrok v drugem delu meritev nekoliko povečana, saj so se intenzivno igrali, medtem ko so na začetku meritev zajtrkovali in je bila aktivnost manjša. Koncentracija CO<sub>2</sub> je bila v mejah dopustnih vrednosti le v prvi meritvi dneva in je znašala 1550ppm. Vse ostale izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> so presegale mejo 1650ppm Pravilnika o prezračevanju in kimatizaciji stavb.

### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka, relativna vlažnost zraka:

Povprečna vrednost temperature zraka v prostoru je bila 18,9°C, z maksimalnim odstopanjem ±1,2°C.

Hitrost gibanja zraka je bila 0,05m/s, z absolutno napako 0,04m/s.

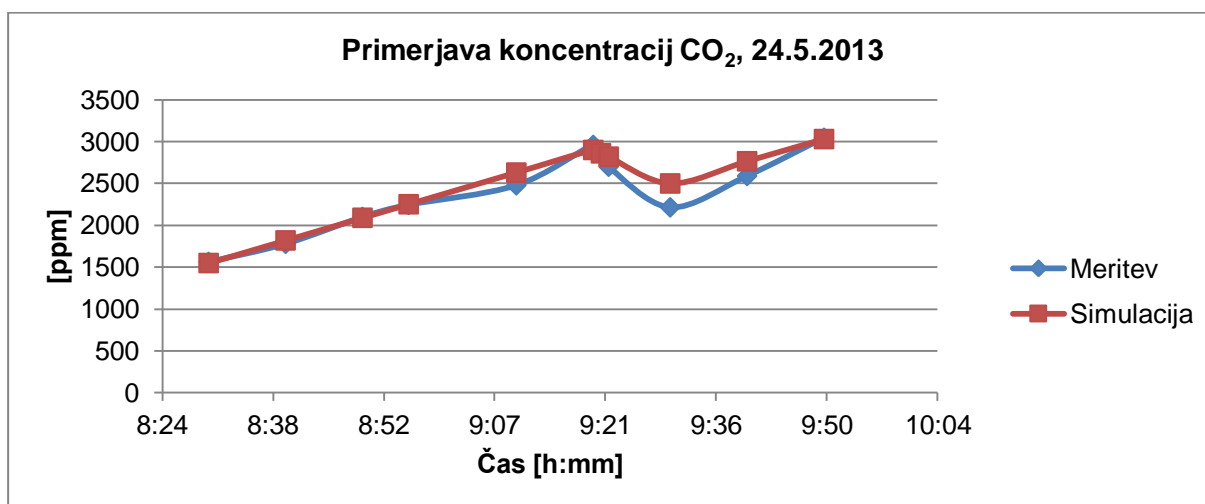


Grafikon 2: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 24.5.2013, v VVE Mojca

Relativna vlažnost zraka je ves čas visoka, kar je posledica visoke relativne vlažnosti v zunanem zraku. Relativna vlažnost zunanjega zraka se je gibala okoli 80%, zato visoka notranja relativna vlažnost od 9:10 do 9:30 ne preseneča. Relativna vlažnost zraka se rahlo poveča tudi zaradi izdihane vlage oseb v prostoru.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtín, sem s programom CONTAM simuliral meritve prvega merilnega dne v VVE Mojca.



Grafikon 3: Primerjava izmerjenega in simuliranega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 24.5.2013, v VVE Mojca

Na grafikonu 3 je prikazana primerjava rezultatov med merjenimi in izračunanimi vrednostmi koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru dne 24.5.2013. Pri simulaciji so bile po postopku iteracije ugotovljene vrednosti proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,2 l/min na osebo. Na podlagi vnesenih parametrov in iterativnem načinu razvoja simulacije sem s programom izračunal vrednosti pretoka zraka skozi odprtine. Karakteristične vrednosti pretoka zraka izračunane s programom so prikazane v preglednici 10. Povprečni pretok zraka (22,2m<sup>3</sup>/h) je manjši kot je predpisan po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (600m<sup>3</sup>/h na osebo). Glede na to, da so bila okna večino časa zaprta je rezultat pričakovan. Edini čas, ko se v prostoru izmenjuje zrak je v času med 9:21 in 9:30, ko je vzgojiteljica odprla vrata na teraso. Takrat je bil dosežen pretok zraka (89m<sup>3</sup>/h).

Preglednica 10: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 24.5.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Mojca	24.5.2013	22,2 m <sup>3</sup> /h	89m <sup>3</sup> /h	600m <sup>3</sup> /h

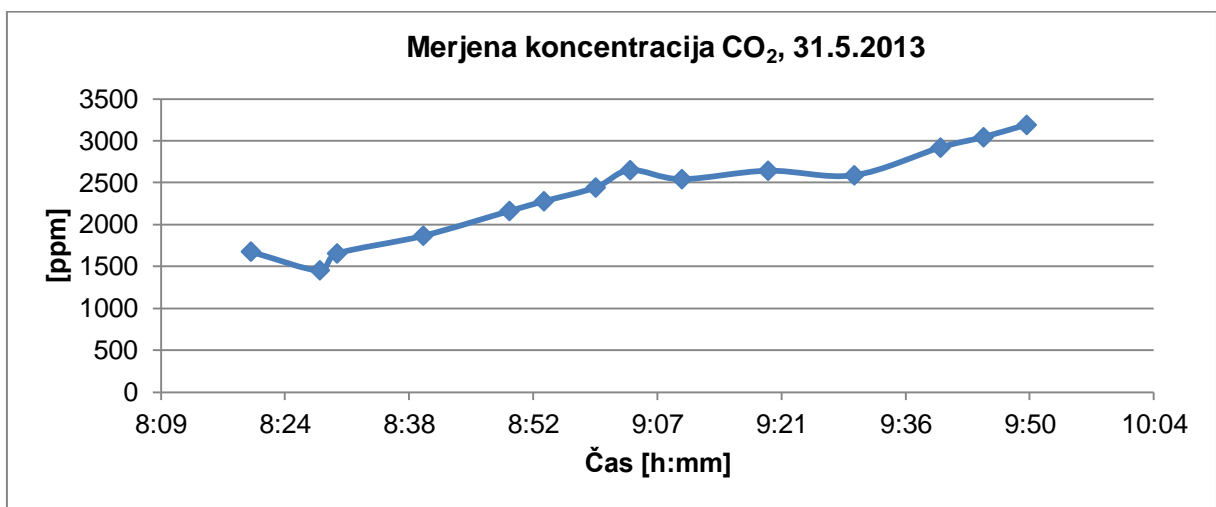
### Subjektivna ocena(anketa):

Pri izpolnjevanju anket je sodelovalo 6 odraslih oseb, od tega dva moška in štiri ženske. Na vprašanje vezano na kakovost zraka je pet oseb zrak označilo kot primeren in ena kot svež.

### 5.1.2 Rezultati meritev in anket, dne 31.5.2013

Drugo merjenje je potekalo pri deževnem vremenu in temperaturami zunanjega zraka med 9 in 11°C. Relativna vlažnost zunanjega zraka se giba med 70 in 80%. Koncentracija zunanjega CO<sub>2</sub> je 450 ppm in tekom meritve zraste do vrednosti 550 ppm. Dopustne vrednosti notranje koncentracije CO<sub>2</sub> so na začetku meritve med 1150ppm in 1660ppm, medtem ko so ob koncu meritve med 1250ppm in 1660ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Prisotnih je bilo 16 od 19 otrok, kar pomeni, da je bil prostor glede na število otrok 84% zaseden (preglednica 8). Poleg otrok so bili v prostoru prisotni tudi štirje odrasli.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 4: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 31.5.2013, v VVE Mojca

Preglednica 11: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 31.5.2013 v VVE Mojca

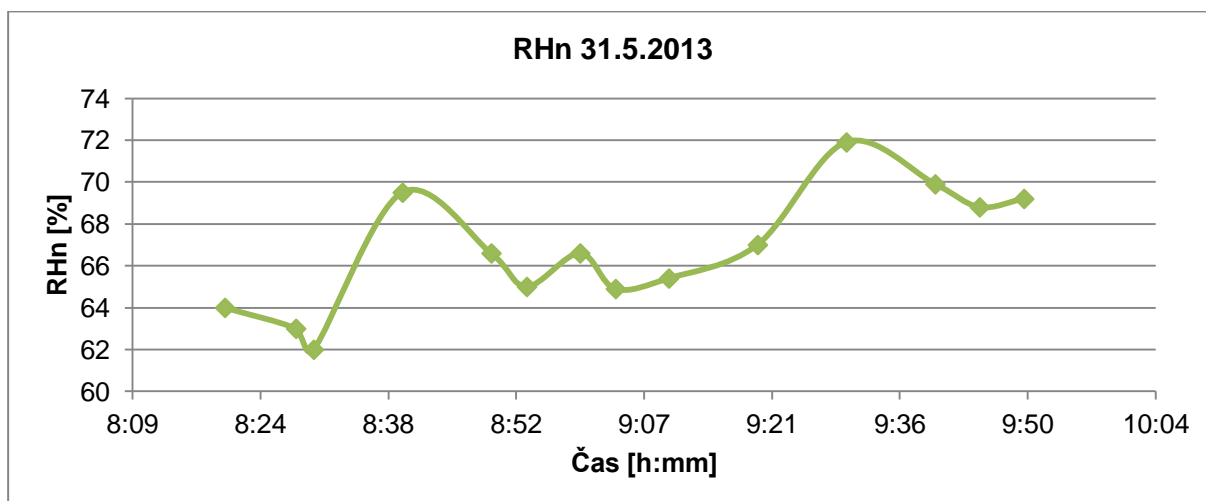
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Mojca	31.5.2013	2400ppm	3200ppm	1450ppm

Na merilni dan 31.5.2013 je bilo med 8:20 in 9:50 uro opravljenih 14 meritev. Časovni intervali med posameznimi meritvami so bili dolgi od 2 do 10 minut. Koncentracija CO<sub>2</sub> v zraku je na začetku merjenja (8:20) znašala 1675ppm. Meritev se je začela z negativno tendenco. Trend padanja je posledica na stežaj odprtih vrat. Količina CO<sub>2</sub> v zraku pada do 8:28 in pade do vrednosti 1450 ppm. Po zaprtju odprtih ob 8:28 se koncentracija začne povečevati. Do 9:04 doseže koncentracijo 2600 ppm, nakar je vzgojiteljica priprla okno. Nadalje vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> nihajo okoli 2500 ppm in začno ponovno rasti, ko se okno zapre (9:30). Tendenco naraščanja je v obeh intervalih približno linearna, ter približno enako strma. Smerni koeficient obeh se razlikuje zgolj za 3%. Posledica podobne rasti koncentracije CO<sub>2</sub> je v aktivnosti otrok, saj so v obeh intervalih igrali. Vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so dopustne v času med 8:20 in 8:30, medtem ko so v vsem preostalem času presegale mejo 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE).

### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna temperatura v prostoru tekom meritev je bila  $21,1 \pm 1,7^\circ\text{C}$ .

Hitrost gibanja zraka je bila nizka in je v povprečju znašala  $0,05\text{m/s}$ . Najvišja vrednost je znašala  $0,08\text{ m/s}$ .

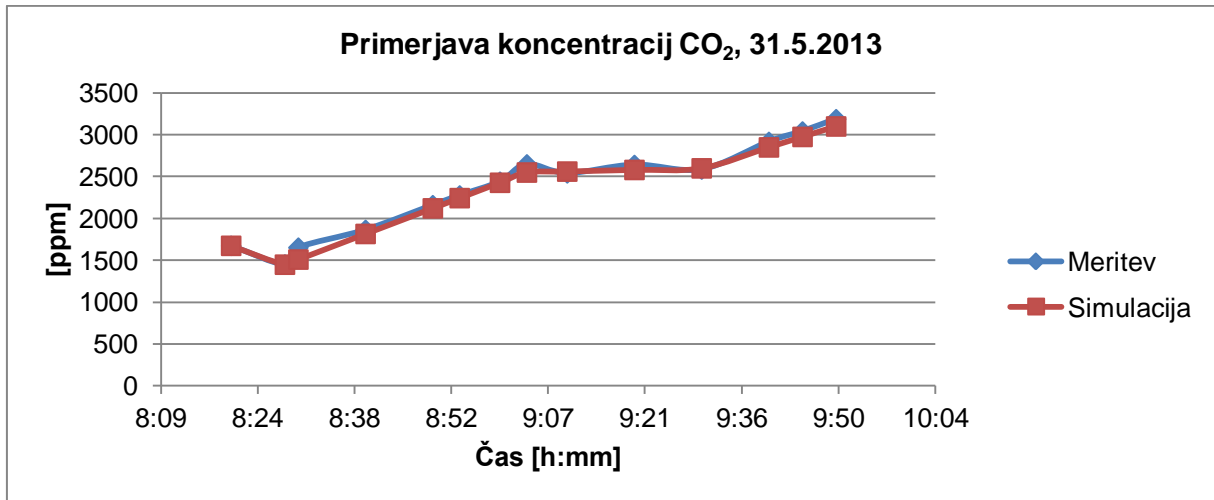


Grafikon 5: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti zraka [%], dne 31.5.2013, v VVE Mojca

V zunanosti je tekom meritve padal dež, zato je bilo pričakovati visoke vrednosti relativne vlažnosti. Kot se je izkazalo so zunanje razmere vplivale na razmere v notranosti. Povprečna vrednost relativne vlažnosti je znašala  $66,7\%$ . Vrednosti so tekom meritve precej nihale, kar je posledica pogostega odpiranja vrat in oken. Najmanjša izmerjena vrednost relativne vlažnosti je bila  $62\%$  (8:30), medtem ko najvišja izmerjena vrednost  $72\%$  (9:30).

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih sem s programom CONTAM simuliral meritve drugega merilnega dne v VVE Mojca.



Grafikon 6: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 31.5.2013, v VVE Mojca

Na grafikonu 6 je predstavljena primerjava med rezultati meritve in simulacijo meritve dne, 31.5.2014. Iterativno so bili izračunani pretoki zraka v prostoru. Rezultati meritev predstavljajo odsekoma linearen graf, kar je z vidika modeliranja simulacije ugodno. V preglednici 12 so prikazane vrednosti povprečnega pretoka zraka in maksimalnega pretoka zraka v prostoru dne, 31.5.2013. Maksimalni pretok zraka je dosežen v začetni fazi simulacije (8:28). Takrat se odprejo vrata na teraso in takrat je tudi edini čas, ko vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> padajo. Edini časovni interval, ko vrednosti ne naraščajo je med 9:00 in 9:30 uro. V tistem obdobju je priprto okno, skozi katerega se zrak menja z jakostjo 40m<sup>3</sup>/h. Povprečni pretok je nekje vmes med vrednostima pretoka skozi odprta vrata in pretoka skozi priprto okno. Krivulji merjenih in izračunanih vrednosti se dobro ujemata. Povprečni pretok zraka v prostoru (50,4m<sup>3</sup>/h) ne zadošča predpisanim količinam po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb (600m<sup>3</sup>/h).

Preglednica 12: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 31.5.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zrak
Mojca	31.5.2013	50,4 m <sup>3</sup> /h	159m <sup>3</sup> /h	600m <sup>3</sup> /h

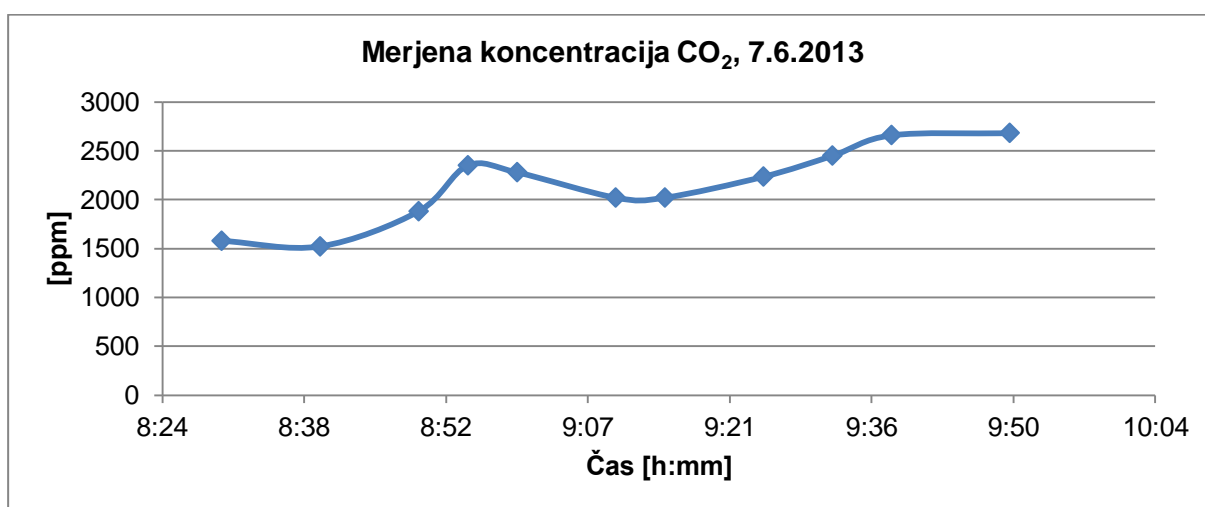
### Subjektivna ocena (anketa):

Anketo sta reševali dve odrasli ženski in dva odrasla moška, torej štiri osebe. Odgovori na vprašanje o kakovosti notranjega okolja so bili razdeljeni na dva dela. Ena ženska oseba in ena moška oseba sta odgovorili, da je zrak zatehel, medtem ko sta preostali dve osebi odgovorili, da je zrak primeren.

### 5.1.3 Rezultati meritev in anket, dne 7.6.2013

Tretje merjenje je potekalo v oblačnem vremenu. Jutranje temperature zunanega zraka so se vrtele okoli 13°C. Zaradi jutranje rose in oblačnega vremena je zunanja relativna vlažnost zraka znašala 90%. Občutiti je bilo tudi močnejše gibanje zraka. Dosegel je hitrost 0,7 m/s. Zunanja koncentracija CO<sub>2</sub> je znašala 500ppm. Dopustne vrednosti meritev notranje koncentracije CO<sub>2</sub> morajo biti znotraj intervala od 1200ppm do 1650 ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). V učilnici je bilo prisotnih 16 otrok, kar pomeni 79% zasedenost glede na maksimalno število otrok (preglednica 8). Poleg otrok so bili v prostoru prisotni tudi štirje odrasli.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 7: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 7.6.2013, v VVE Mojca

Preglednica 13: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 7.6.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Mojca	7.6.2013	2150ppm	2680ppm	1500ppm

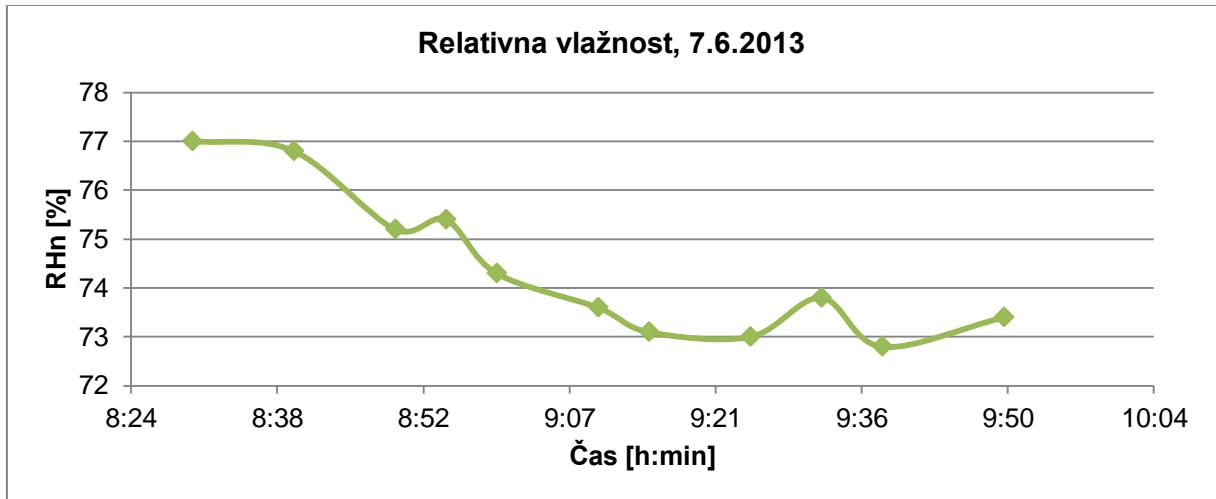
Na merilni dan 7.6.2013 je bilo med 8:30 in 9:50 opravljenih 11 meritev. Časovni intervali med posameznimi meritvami so bili dolgi od 5 do 10 minut. Koncentracija na začetku merjenja (8:30) je znašala 1500ppm. Konstantno vrednost prvih dveh meritev (8:30 in 8:40) so povzročili otroci, s svojim prihodom. Takrat so se odpirala vrata na hodnik in kratkoročno razbremenila zrak v notranjosti učilnice. Vrednosti strmo naraščajo do 8:55 in dosežejo vrednost 2350ppm. Zaradi odprtja okna ob 8:55 je koncentracija CO<sub>2</sub> rahlo padla. Počasno padanje je pogojeno z oddaljenostjo merilne točke od odprtine. Koncentracija CO<sub>2</sub> je do 9:15 padla na 2020ppm. Po zaprtju okna ob 9:15 je koncentracija CO<sub>2</sub> ponovno začela naraščati. Narastla je do maksimalne vrednosti 2680ppm, ki je dosežena v zadnji meritvi merilnega dne (9:50). Koncentracija CO<sub>2</sub> je bila tekom celotnih meritev tretjega merilnega dne nad predpisano mejo 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb). Vse meritve so znotraj diferenčnega intervala 1100ppm, kar je posledica relativno majhne zasedenosti prostora in s posledično počasnejšim naraščanjem koncentracije.



### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna temperatura v prostoru je bila  $21,1 \pm 1,5^\circ\text{C}$ .

Povprečna hitrost gibanja zraka je znašala  $0,04 \pm 0,02$  m/s.



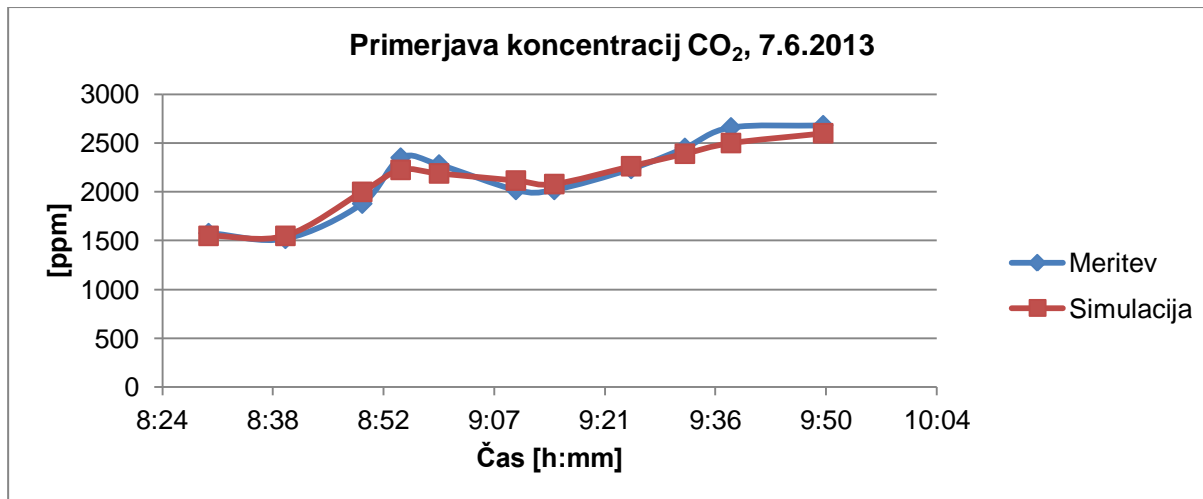
Grafikon 8: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti [%], dne 7.6.2013, v VVE Mojca

Relativna vlažnost tretje meritve je imela povprečno vrednost 74,4%, maksimalno 77%, ter minimalno 72,8%.

Globalno gledano vlažnost tekom merjenja pada. Začetni odčitki relativne vlažnosti so prikazali relativno visoko vrednost 77%. Odprtine v učilnici so do prihoda prvih otrok na stežaj odprte, zato je v prostoru visoka vlažnost. Zunaj je bilo deževno vreme in 100% vlaga. Kmalu po prvih meritvah (od 8:55 naprej) je prenehalo deževati in vrednost zunanje relativne vlažnosti je začela padati. Spreminjanje zunanjih razmer vpliva na razmere v notranjem okolju. Okna in vrata so bila odprta do 9:15 in v tem intervalu vlažnost vseskozi pada. Po zaprtju oken in vrat se trend padanja ustavi in se ostali okoli minimalne vrednosti 73% do konca meritev (9:50).

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih sem s programom CONTAM simuliral meritve tretjega merilnega dne v VVE Mojca.



Grafikon 9: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 7.6.2013, v VVE Mojca

Primerjava med rezultati meritev in izračunanimi vrednostmi koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru dne 7.6.2013 je prikazana na grafikonu 9. Zaradi različnih aktivnosti otrok sem v simulaciji uporabljal različne koeficiente proizvodnje CO<sub>2</sub>. V začetni fazi od 8:30 do 8:50 sem uporabljal koeficient 0,35l/min in v nadaljevanju od 8:50 do 9:50 koeficient 0,15l/min. Ujemanje rezultatov meritve in izračunanih vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> je dobro. V preglednici 14 so prikazani rezultati karakterističnih vrednosti pretoka zraka tretjega merilnega dne v VVE Mojca. Med meritvijo se okno odpre le enkrat zato je vrednost povprečnega pretoka zraka nizka. Poleg tega se odpre le manjša okno. Ob odprtju okna (8:55) je dosežen maksimalen pretok zraka v prostoru. Tudi v primeru odprtega okna se vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> na znižuje bistveno. Količina zunanjega zraka tretjega merilnega dne ne zadostujejo predpisom po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji prostorov (570m<sup>3</sup>/h).

Preglednica 14: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 7.6.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Mojca	7.6.2013	28,2 m <sup>3</sup> /h	44m <sup>3</sup> /h	570m <sup>3</sup> /h

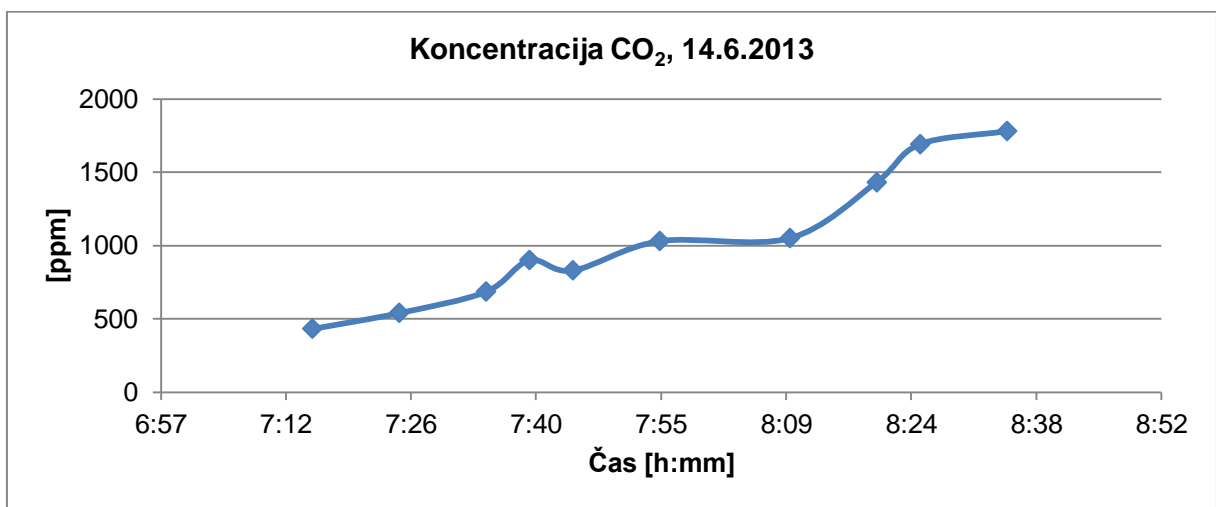
### Subjektivna ocena (anketa):

Pri izpolnjevanju ankete tretjega merilnega dne so sodelovale štiri odrasle osebe, dve ženski in dva moška. Kakovost zraka so vsi ocenili kot primerno.

#### 5.1.4 Rezultati meritev in anket, dne 14.6.2013

Četrto merjenje je potekalo v sredini meseca junija. Vreme je bilo jasno ter sončno. Temperatura zjutraj ob 7:00 je bila 16,6°C, medtem ko je zunanja relativna vlažnost zraka znašala 75%. Jutro je bilo precej vlažno in nekoliko vetrovno, s hitrostjo vetra 0,36m/s. Zunanja koncentracija CO<sub>2</sub> je bila 420ppm. Interval dopustnih vrednosti notranje koncentracije je od 1100ppm do 1600ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Zasedenost učilnice glede na maksimalno število otrok je bila 89% (preglednica 8). V prostoru so poleg otrok prisotne tudi 3 odrasle osebe. Meritve so se začele izvajati nekoliko prej kot običajno.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 10: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 14.6.2013, v VVE Mojca

Preglednica 15: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 14.6.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Mojca	14.6.2013	1050ppm	1780ppm	450ppm

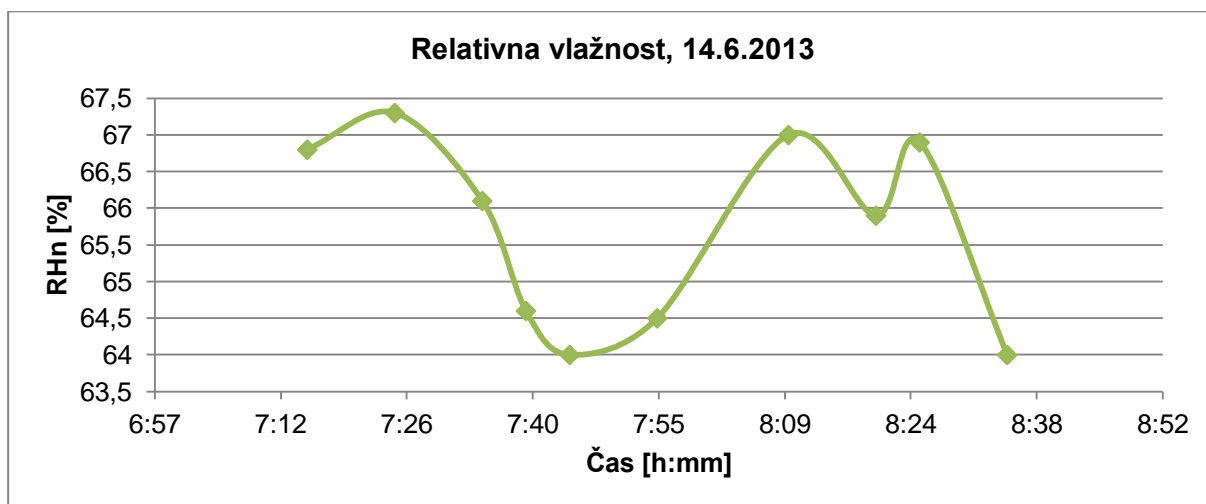
Na četrti merilni dan v VVE Mojca, je bilo med 7:15 in 8:35 opravljenih 10 meritev. Časovni interval med posameznimi meritvami je bil dolg od 5 do 10 minut. Začetne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so bile zelo podobne vrednostim zunanje koncentracije CO<sub>2</sub>. Podobnost notranje in zunanje koncentracije CO<sub>2</sub> je posledica odprtih oken in vrat v prostoru. Pred prihodom otrok v igralnico je bil prostor prezračen. Od 7:25 naprej so otroci prihajali v igralnico. Takrat so se zaprle vse odprtine. Koncentracija CO<sub>2</sub> je naraščala do vrednosti 900ppm. V obdobju od 7:40 do 8:10 so se ponovno za krajši čas odprla zunanja vrata, kar je ustavilo nadaljnje naraščanje. V času do 7:45 so v učilnico prišli že vsi otroci. Koncentracija CO<sub>2</sub> je v tem času še vseeno rahlo naraščala (1050ppm). Ko so se vrata zaprla, je koncentracija CO<sub>2</sub> ponovno začela hitreje naraščati. Narastla je do vrednosti 1450ppm (8:25), nato pa se je rast ponovno ustavila, ker se je ob 8:25 odprlo eno okno. Zadnja meritev koncentracija CO<sub>2</sub> ob 8:35 je najvišja četrtega merilnega dne (1780ppm). Opazna je različna strmina rasti koncentracije CO<sub>2</sub> v dveh različnih časovnih intervalih. Začetna rast (od 7:15 do 7:35) je trikrat počasnejša, kot je rast proti koncu meritev. Tolikšna razlika je razumljiva, saj je bilo v začetnem času od 7:15 do 7:35 prisotnih malo otrok, medtem ko so bili v časovnem

intervalu od 8:10 do 8:35 prisotni vsi. Povprečna koncentracija CO<sub>2</sub> ustreza tako predpisom Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb, kot tudi priporočilom ASHRAE.

### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna temperatura v prostoru je bila 20,1°C z maksimalnim odstopanjem ±2,3°C.

Najvišja hitrost gibanja zraka v prostoru je bila 0,04m/s, minimalna 0m/s.

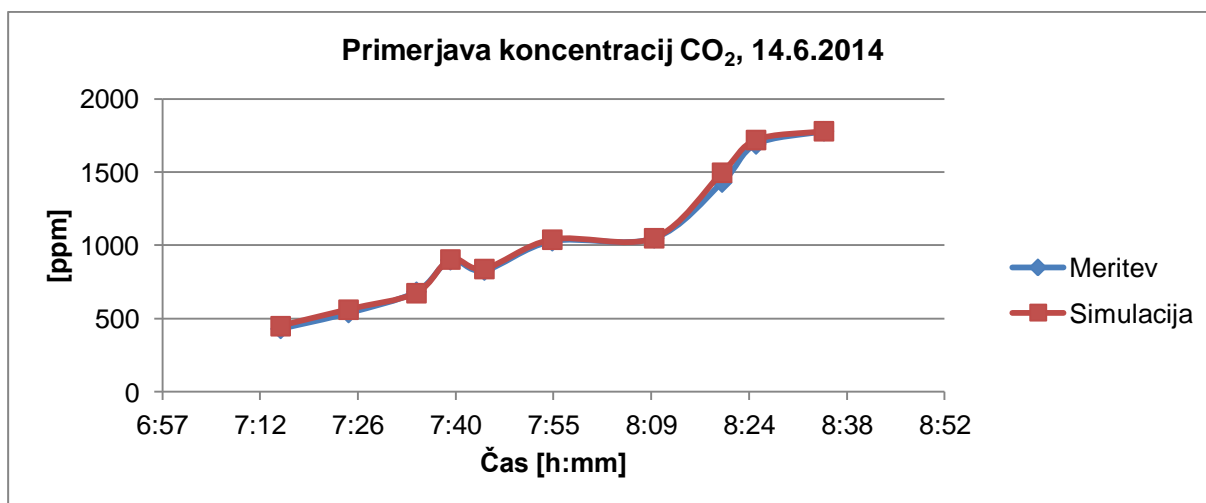


Grafikon 11: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti [%], dne 14.6.2013, v VVE Mojca

Povprečna vrednost notranje relativne vlažnosti je znašala 65,7%, maksimalna 67,3% in minimalna 64%. Razlika med maksimalno in minimalno doseženo vrednostjo relativne vlažnosti je 3,3%. Nihanja tekom meritve so posledica odpiranja oken in vrat, ter naraščanja temperature v prostoru.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih sem s programom CONTAM simuliral meritve četrtega merilnega dne v VVE Mojca.



Grafikon 12: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 14.6.2013, v VVE Mojca

Na grafikonu 12 je prikazana primerjava med izmerjeno in izračunano koncentracijo CO<sub>2</sub> na četrti merilni dan v VVE Mojca. Za različne časovna obdobja sem uporabil različne koeficiente proizvodnje CO<sub>2</sub>. V času od 7:15 do 7:35 sem uporabil vrednost 0,1l/min, saj igralnica še ni bila v celoti zasedena. V nadaljevanju, ko se je igralnica napolnila je bila uporabljena vrednost 0,29l/min. Ujemanje med izmerjeno in izračunano koncentracijo je zelo dobro. Karakteristične vrednosti pretoka zraka so prikazane v preglednici 16. Tekom celotnega merjenja se je prostor deloma prezračeval le v obdobju med 7:40 in 7:55. V tem času se odpirajo vhodna vrata in takrat se pojavi maksimalni pretok zraka (88m<sup>3</sup>/h) v prostoru. Količina zunanjega zraka ne ustreza zahtevam (88m<sup>3</sup>/h) Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb (600m<sup>3</sup>/h).

Preglednica 16: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 14.6.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Mojca	14.6.2013	15,1 m <sup>3</sup> /h	88m <sup>3</sup> /h	600m <sup>3</sup> /h

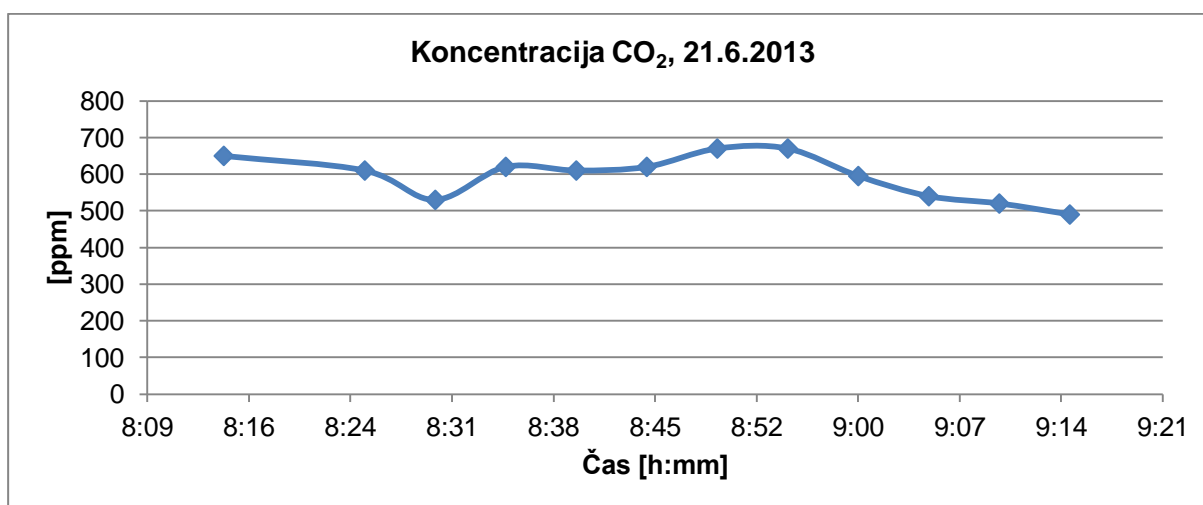
#### Subjektivna ocena(anketa):

V anketi o kakovosti notranjega okolja so na četrti merilni dan sodelovale tri odrasle osebe. Vsi so kakovost notranjega zraka označili kot primerno.

### 5.1.5 Rezultati meritev in anket, dne 21.6.2013

Predzadnje merjenje je potekalo v vročem, sončnem poletnem dnevu. Že ob 8:20 je bilo 25°C, čez dan pa so se temperature dvignile do 32,2°C. Jutranja relativna vlažnost zunaj je znašala 65,4%. Zunanja koncentracija CO<sub>2</sub> je bila 420ppm. Dopustne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru so znotraj intervala od 1120ppm do 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Prisotnih je bilo 12 otrok, oziroma je bila učilnica 63% zasedena (preglednica 8). V prostoru bile prisotne tudi 4 odrasle osebe. Polovico časa meritve otrok ni bilo prisotnih.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 13: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 21.6.2013, v VVE Mojca

Preglednica 17: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 21.6.2013 v VVE Mojca

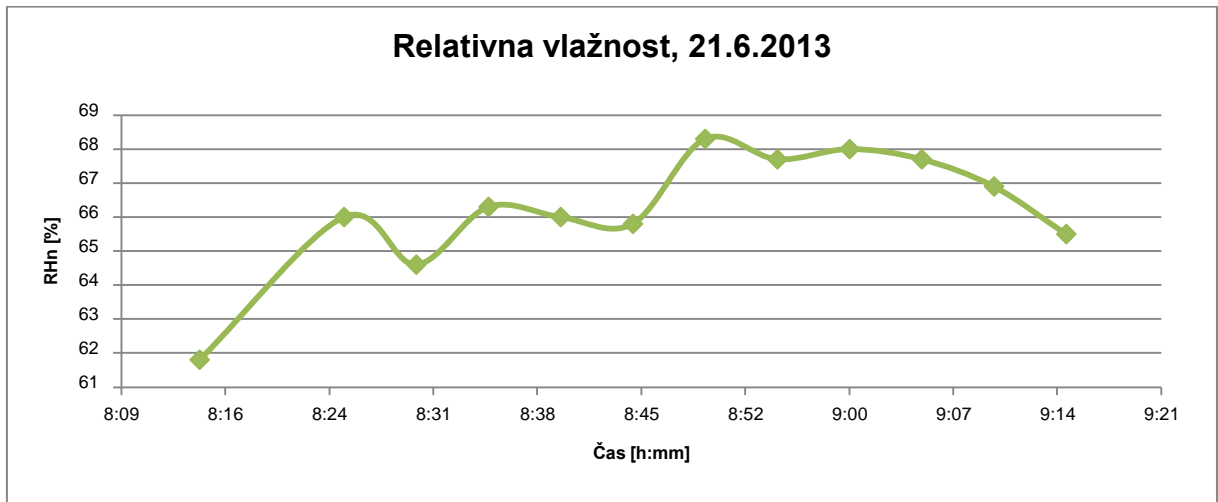
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Mojca	21.6.2013	600ppm	670ppm	490ppm

Na merilni dan 21.6.2013 je bilo med 8:15 in 9:15 opravljenih 12 meritev. Izvajale so se na časovni interval 5 minut. Nizke začetne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so posledica odprtih oken in vrat. Potreba po odprtih oknih in vratih je posledica izredno visokih temperatur zunanjega zraka. Začetni rahel padec je posledica odprtja vhodnih vrat (8:30). Takrat je merjenje doseglo svoj prvi minimum pri 530ppm. Naprej so vrednosti rahlo rastle do maksimalne vrednosti meritve, ki je znašala 670ppm. Do 8:50 so bili v učilnici prisotni otroci; kasneje odidejo, prav tako so se odprla vsa okna in vrata v prostoru. V nadaljevanju so vrednosti padle do minimalne vrednosti meritve petega merilnega dne v VVE Mojca (490ppm). Če bi se meritve izvajale še nekoliko dlje, bi se vrednosti še bolj približale zunanjim vrednostim koncentracije CO<sub>2</sub> (420ppm). Globalno gledano je raztros rezultatov meritve dokaj majhen. Vse vrednosti so znotraj intervala 180ppm. Majhen raztros je posledica odprtih oken in vrat in je tako notranja koncentracija CO<sub>2</sub> zelo podobna zunanji. Vrednosti notranje koncentracije CO<sub>2</sub> so dobre, ter ustrezajo predpisom in priporočilom (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE).

### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna vrednost temperature je 26,1°C, maksimalna temperatura znaša 26,7°C, minimalna pa 25,7°C. Vrednosti so zares visoke (neskladje s pravilniki)

Hitrost gibanja zraka ima povprečno vrednost 0,03m/s, z odstopanjem  $\pm 0,02$ m/s.

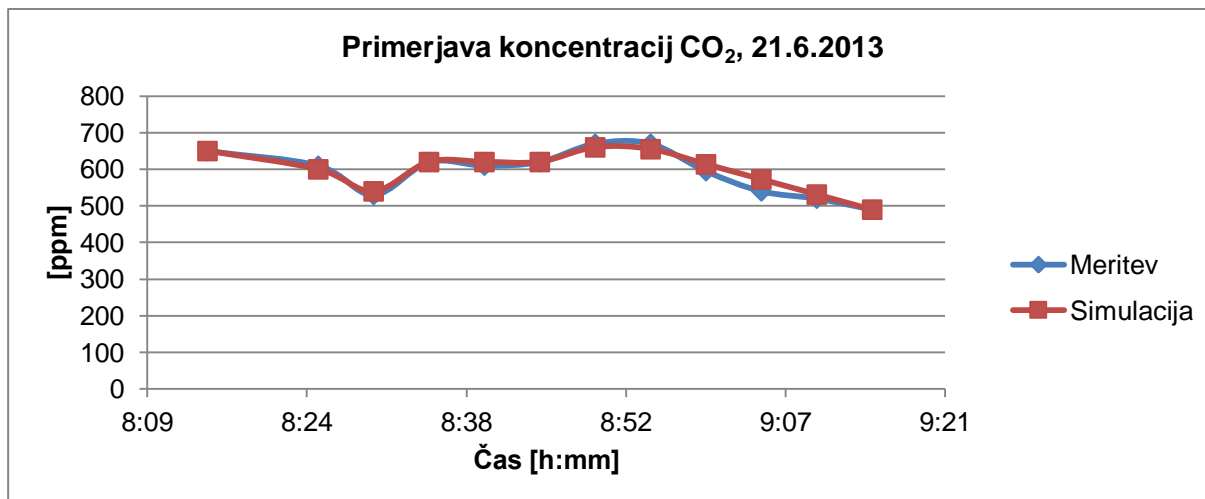


Grafikon 14: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti [%], dne 21.6.2013, v VVE Mojca

Povprečna vrednost relativne vlažnosti zraka v prostoru znaša 66,2%, maksimalna 68,3% in minimalna 61,8%. V prvi polovici meritve od 8:15 do 8:50 vrednosti relativne vlažnosti zraka v prostoru naraščajo. Ko iz prostora odidejo vse osebe in se odprejo vsa okna začne relativna vlažnost zraka padati in se izenačevati z zunanjo.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih sem s programom CONTAM simuliral meritve petega merilnega dne v VVE Mojca.



Grafikon 15: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 21.6.2013, v VVE Mojca

Na grafikonu 15 je prikazana primerjava meritve in simulacije spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> v VVE Mojca na merilni dan, 21.6.2013. Glede na zunanje razmere in aktivnost otrok v prostoru je iterativno dobljena in uporabljena stopnja proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,12l/min upravičena. Vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so bile nizke, saj so bile poleg nizke zasedenosti prostora, odprta tudi vsa okna in vrata. Razlike med izmerjeno in izračunano koncentracijo CO<sub>2</sub> so majhne. V preglednici 18 so predstavljene karakteristične vrednosti pretoka zraka. Zunanje okolje je bilo izredno vroče, kar se je poznalo na razmerah znotraj. Prostor je bilo potrebno temeljito in ves čas prezračevati. Ker je bilo tekom meritev odprtih več odprtih je povprečni pretok zraka visok (178m<sup>3</sup>/h). Maksimalen pretok zraka (280m<sup>3</sup>/h) v prostoru je dosežen v času od 8:25 do 8:30, ko so odprta tudi vhodna vrata in tako ustvarjajo pretok prečno skozi prostor. Vrednosti pretoka zraka glede na veliko število odprtih odprtih niso visoke. Relativno nizke vrednosti pretoka zraka so posledica naravnega gibanja zraka, ki se giblje zaradi temperaturnih razlik med prostoroma, oziroma zaradi vetra v zunanjem okolju. Razlike v temperaturi zunaj in znotraj prostora so majhne, zato nastane relativno nizek povprečni pretok zraka. Povprečni pretok zraka oziroma količina zunanjega zraka (178m<sup>3</sup>/h) ne ustreza predpisanim (480m<sup>3</sup>/h) po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb, četudi so vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru dobre.

Preglednica 18: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 21.6.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Mojca	21.6.2013	178 m <sup>3</sup> /h	280m <sup>3</sup> /h	480m <sup>3</sup> /h

### Subjektivna ocena (anketa):

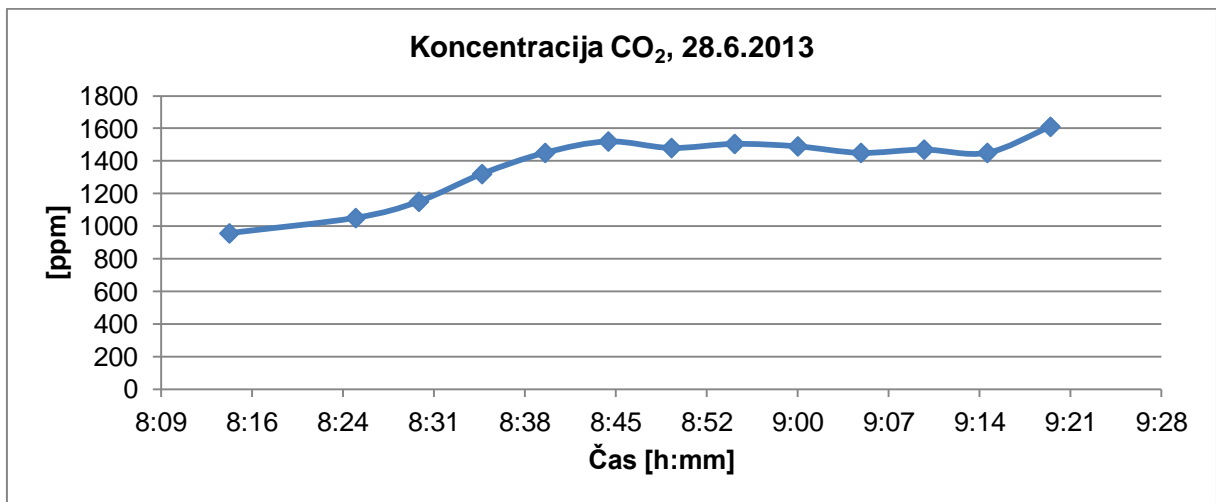
Pri izpolnjevanju ankete o kvaliteti notranjega okolja so sodelovale štiri odrasle osebe. Ponovno so vse osebe na vprašanje o kvaliteti notranjega zraka odgovorile z odgovorom primerno.



### 5.1.6 Rezultati meritev in anket, dne 28.6.2013

Merjenje zadnjega merilnega dne je potekalo v delno oblačnem vremenu, s prvo izmerjeno temperaturo 15°C. Zunanja relativna vlažnost zraka je bila v jutranjih urah 64,5%. Zrak se je gibal s hitrostjo 0,4m/s. Vrednosti zunanje koncentracije CO<sub>2</sub> so bile 400ppm. Dopustne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru so od 1100ppm do 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Učilnica je bila polovično zasedena, saj je bilo prisotnih le 10 otrok, kar pomeni 53% zasedenost učilnice (Preglednica 8). Poleg otrok so bile v prostoru prisotne tudi 3 odrasle osebe.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 16: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 28.6.2013, v VVE Mojca

Preglednica 19: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 28.6.2013 v VVE Mojca

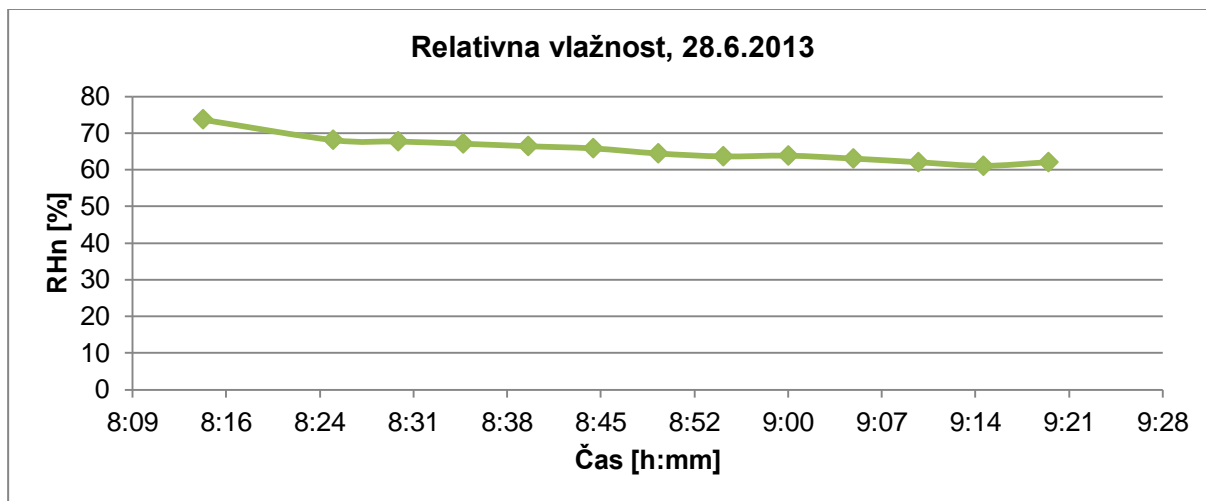
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Mojca	28.6.2013	1400ppm	1610ppm	1000ppm

Na zadnji merilni dan v VVE Mojca je bilo med 8:15 in 9:20 opravljenih 13 meritev. Časovni interval med posameznimi meritvami je bil 5 minut. Začetne izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru so bile najmanjše tekom celotne meritve in so se znašale 1000ppm. Izmerjene vrednosti v času od 8:15 do 8:25 so ravno pod spodnjo mejo dopustnih vrednosti (1100ppm), kar je po kriterijih primerna, oziroma dobra koncentracija (ASHRAE). V nadaljevanju vrednosti naraščajo. Začetni trend rasti se ustavi pri času 8:40, ko se je na pol odprlo eno izmed oken. Od časa 8:45 do 8:15 so vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> nihale okoli vrednosti 1500ppm. Na koncu se je okno zaprlo in vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so ponovno naraščale do maksimalne izmerjene koncentracije 1610ppm. Rast koncentracije CO<sub>2</sub> je bila skozi celotno meritev relativno počasna. Povprečna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru je znotraj intervala dopustnih vrednosti (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE).

### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Temperaturno povprečje zadnje meritve znaša 19,8°C, z maksimalnim odstopanjem 3,2°C.

Povprečna hitrost gibanja zraka je 0,02m/s, z odstopanjem prav tako  $\pm 0,02$ m/s.



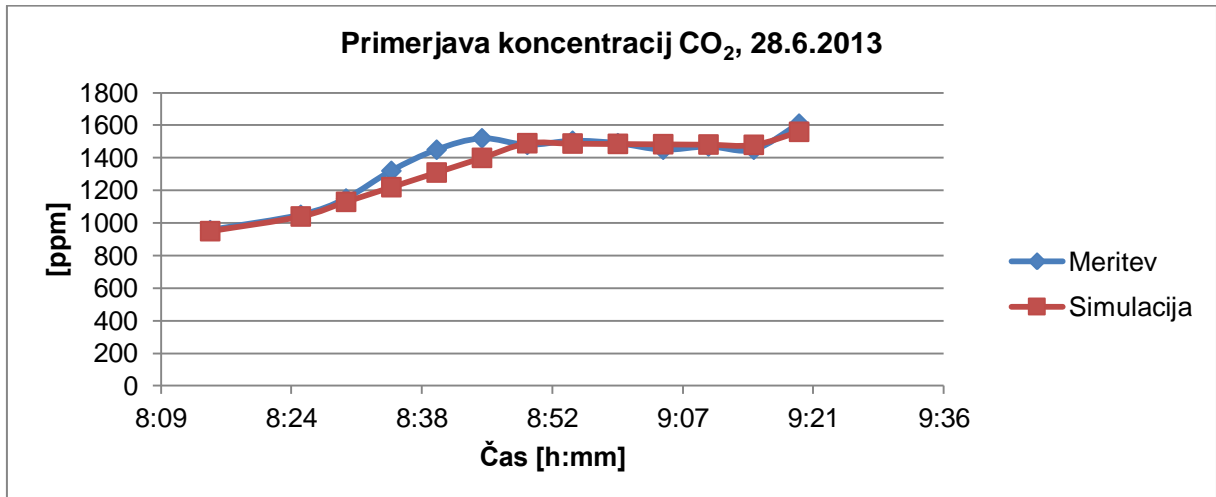
Grafikon 17: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 28.6.2013, v VVE Mojca

Povprečna vrednost relativne vlažnosti zraka tekom meritev zadnjega merilnega dne je bila 65,3%, maksimalna izmerjena je bila 73,7%, medtem ko je minimalna znašala 61%.

Relativna vlažnost zraka tekom vseh meritev pada. Padanje je posledica odprtih oken in vrat, skozi katere se relativna vlažnost notranjega zraka izenačuje z relativno vlažnostjo zunanjega zraka. Zunanja vrednost relativne vlažnosti pada od visoke vlažnosti zjutraj, do nižje relativne vlažnosti popoldne. Z grafikona 17 se vidi, da vrednost relativne vlažnosti zraka pade za približno 10% v dobri uri, kar ob podobnem trendu prinese vrednost 40% relativne vlažnosti ob popoldanskem času (ARSO, 2014).

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtin sem s programom CONTAM simuliral meritve zadnjega, šestega merilnega dne v VVE Mojca.



Grafikon 18: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 28.6.2013, v VVE Mojca

Na grafikonu 18 je predstavljena primerjava izmerjenih in izračunanih koncentracij CO<sub>2</sub> v VVE Mojca. Pri simulaciji sem uporabil iterativno dobljen koeficient proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,17l/min na osebo. Na začetku simulacije vrednosti približno linearno naraščajo. Ob 8:50 uri se je v igralnici na pol odprlo eno okno. Vrednosti od tu naprej niso več naraščale vse do 9:15 ure, ko se je okno ponovno zaprlo. Vrednosti simulacije in dejanske meritve se dobro ujemajo. V času od 8:50 do 9:15 se je zrak menjal z maksimalnim doseženim pretokom meritve, ki je prikazan v preglednici 20 (69m<sup>3</sup>/h). Povprečni pretok program izračuna na način, da vse pretoke zraka tekom meritve razporedi po celotnem času trajanja meritev. Povprečne vrednosti pretoka zraka oziroma količina zunanega zraka (26,8m<sup>3</sup>/h) v prostoru ne ustreza zahtevam (390m<sup>3</sup>/h) Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

Preglednica 20: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 28.6.2013 v VVE Mojca

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Mojca	28.6.2013	26,8 m <sup>3</sup> /h	69m <sup>3</sup> /h	390m <sup>3</sup> /h

### Subjektivna ocena (anketa):

Pri anketi zadnjega merjenja v VVE Mojca so sodelovale tri odrasle osebe. Dve sta kvaliteto notranjega zraka označili kot primerno in ena kot svežo

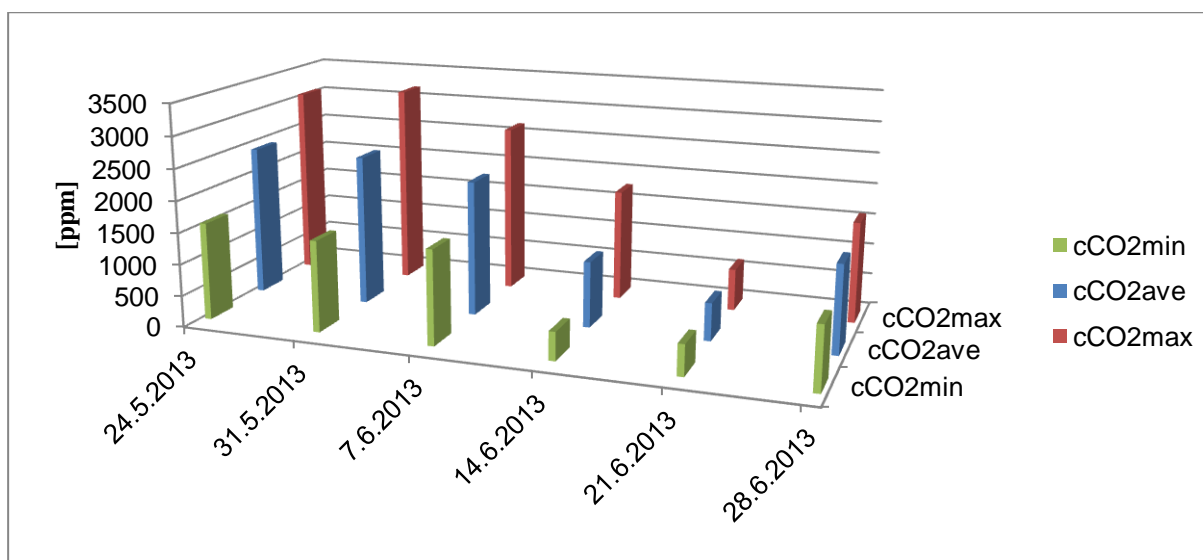
### 5.1.7 Primerjava rezultatov v montažnem vrtcu (VVE Mojca)

V preglednici 21 so prikazane merjene koncentracije CO<sub>2</sub> (max, min, avg), temperatura notranjega zraka (max, min, avg) in relativna vlažnost notranjega zraka (max, min, avg) po posameznih merilnih dnevih v VVE Mojca.

Preglednica 21: Povprečne, maksimalne in minimalne izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub>, temperature notranjega zraka in relativne vlažnosti notranjega zraka na izbrane merilne dni v VVE Mojca

Merilni dan	24.5.2013	31.5.2013	7.6.2013	14.6.2013	21.6.2013	28.6.2013
Zasedenost [%]	74	84	79	89	63	53
cCO <sub>2,ave</sub> [ppm]	2400	2400	2150	1050	600	1400
cCO <sub>2,max</sub> [ppm]	3050	3200	2680	1780	670	1610
cCO <sub>2,min</sub> [ppm]	1550	1450	1500	450	490	1000
Tia <sub>ave</sub> [°C]	18,9	21,2	21,1	20,1	26,1	19,8
Tia <sub>max</sub> [°C]	19,6	22,1	22	22,4	26,7	20,8
Tia <sub>min</sub> [°C]	17,7	19,4	19,4	18,4	25,7	16,2
RHia <sub>ave</sub> [%]	70,3	66,7	74,4	65,7	66,2	65,3
RHia <sub>max</sub> [%]	72,9	71,9	77	67,3	68,3	73,7
RHia <sub>min</sub> [%]	66	62	72,8	64	61,8	61

**Koncentracija CO<sub>2</sub>:** v grafikonu 19 so prikazane povprečne, maksimalne in minimalne izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> po posameznih merilnih dnevih v VVE Mojca.



Grafikon 19: Povprečne, maksimalne in minimalne koncentracije CO<sub>2</sub> na merilne dni v VVE Mojca

Rezultati pokažejo, da se koncentracije CO<sub>2</sub> med merilnimi dnevi zelo razlikujejo. Na merilne dni, 24.5., 31.5. in 7.6.2013 so bile dosežene relativno visoke koncentracije CO<sub>2</sub>. Povprečne vrednosti na omenjene dni so si bile podobne in sicer je povprečna koncentracija CO<sub>2</sub> na prvi merilni dan (24.5.2013) znašala 2400ppm, na drugi merilni dan (31.5.2013) prav tako 2400ppm in na tretji merilni dan (7.6.2013) 2150ppm. Maksimalna izmerjena koncentracija

CO<sub>2</sub> (3200ppm) je bila izmerjana na drugi merilni dan, 31.5.2013. Najvišja koncentracija CO<sub>2</sub> (3200ppm) drugega merilnega dne (31.5.2013) je za 5% višja od maksimalne izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> (3050ppm) prvega merilnega dne (24.5.2013). Primerjava med minimalnimi izmerjenimi vrednostmi koncentracije CO<sub>2</sub> med merilnima dnevoma 24.5. in 31.5.2013 pokaže, da je minimalna vrednost (1550ppm) prvega merilnega dne (24.5.2013) za 7% višja od minimalne izmerjene koncentracije (1450ppm) drugega merilnega dne (31.5.2013). Predvidevamo, da so podobni rezultati posledica podobnih razmer v igralnici. Poleg podobne zasedenosti igralnice, ter podobnih aktivnosti so bile tudi vse odprtine pretežen del meritev zaprte. Na merilna dneva 24.5.2013 in 31.5.2013 je bila dosežena najvišja povprečna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub>, ki znaša 2400ppm. Koncentracije CO<sub>2</sub> so bile na merilni dan 7.6.2013 nižje zaradi zračenja. Pri prvih treh meritvah na merilne dni, 24.5., 31.5. in 7.6.2013, se pokaže, da vzgojiteljice vselej zračijo prostor okoli devete ure. Pred tem vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> narastejo na 2300ppm do 3000ppm. Meritve na merilne dni 24.5., 31.5., 7.6. in 14.6.2013 imajo podoben raztros maksimalne in minimalne vrednosti okoli povprečne vrednosti. Na merilne dneve 14.6, 21.6. in 28.6.2013 so bile izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> bistveno nižje in so se gibale med 450ppm in 1780ppm. Meritve četrtega merilnega dne, 14.6.2013, so se začele izvajati prej, zato so vse vrednosti za 1000ppm nižje od prvih treh. Ko se je začela izvajati četrta meritev je bilo prostor prezračen in začetne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> podobne zunanjim. Takrat je bila izmerjena nanižja vrednost koncentracije CO<sub>2</sub>, ki je znašala 450ppm. V primerjavi med meritvama z dne 7.6.2013 in 28.6.2013 sem opazil, da metabolna stopnja osebe ni odvisna le od aktivnosti, temveč tudi od zasedenosti prostora. Na primer; otroci so pri igri bolj živahni, če jih je več in obratno. Posledica tega je nižji raztros maksimalne in minimalne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> okoli povprečne vrednosti pri zadnji meritvi. Najbolj izstopajoča meritev je meritev merilnega dne, 21.6.2013. Nizki rezultati so posledica povsem prezračenega prostora zaradi vročega vremena in polovične zasedenosti prostora zaradi odhoda otrok na igrišče v drugi polovici meritve. Dosežena je bila najnižja povprečna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> (600ppm) glede na vse meritve.

Povprečne in maksimalne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> na merilne dneve 24.5., 31.5. in 7.6.2013, presegajo zahtevane vrednosti Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Tudi njihove minimalne dosežene vrednosti so blizu zgornje meje dopustnih vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub>. Prav tako povprečna koncentracija na merilni dan 14.6.2013 ne ustreza zahtevam Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Povprečni koncentraciji CO<sub>2</sub> na merilna dneva 21.6. in 28.6.2013 sta v intervalu dopustih koncentracij.

### **Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:**

Povprečne temperature zraka v prostoru se gibljejo med 18,9°C in 21,2°C. Izjema je meritev z dne 21.6.2013, ko je bila dosežena najvišja povprečna temperatura zraka v prostoru in sicer 26,1°C. Meritev je potekala v vročem in soparnem vremenu, saj so prve merjene vrednosti temperature zraka ob 8:15 uri znašale nad 26°C. Tekom meritve so bile vrednosti skoraj konstantne, saj so nihale le z amplitudo ±0,5°C. Največje razlike med minimalno in maksimalno izmerjeno temperaturo zraka se pojavijo pri meritvah z dne 14.6. in 28.6.2013. Razlika znaša 4°C za meritev dne 14.6.2013 in 4,6°C za meritev dne 28.6.2013. Razlog je v tem, da sta se meritvi začeli prej kot ostale meritve. Takrat so bili prostori prezračeni in je bila temperatura zraka v prostoru enaka zunaj. S prihodom otrok so se okna in vrata zaprla in temperatura zraka v prostoru je začela naraščati.

Relativna vlažnost zraka v prostoru je bila tekom vseh meritev visoka. Visoka povprečna relativna vlažnost v prostoru zavisi od zunanjih razmer, načina odpiranja odprtih in od uporabnikov v prostoru (zasedenost, aktivnost, ipd). Meritve so se v VVE Mojca začele v jutranjih urah. Pred prihodom v igralnico imajo vzgojiteljice navado temeljito prezračiti prostor. Visoka relativna vlažnost zraka v prostoru je posledica visoke relativne vlažnosti zunanjega zraka v jutranjem času. Z zaprtjem oken se relativna vlažnost zraka v prostoru ne znižuje. Najvišja povprečna vrednost relativne vlažnosti je bila izmerjena 7.6.2014 in je znašala 77%. Igralnica je bila takrat relativno dobro prezračena. Poleg tega je bilo zunaj oblačno vreme. Najnižje vrednosti relativne vlažnosti v prostoru so bile izmerjene 21.6. in 28.6.2014 in so znašale 61%. Tista dneva sta bila tudi najbolj topla v primerjavi z ostalimi merilnimi dnevi.

**Subjektivna ocena (anketa):** v preglednici 22 je prikazana primerjava rezultatov anket po posameznih merilnih dnevih.

Preglednica 22: Primerjava rezultatov anket o kakovosti zraka na izbrane merilne dni v VVE Mojca in izmerjen  $cCO_{2,ave}$

VVE	Merilni dan	Število anketirancev	Svež [%]	Primeren [%]	Zatohel [%]	$cCO_{2,ave}$ [ppm]
Mojca	24.5.2013	6	16,7	83,3	0	2400
Mojca	31.5.2013	4	0	50	50	2400
Mojca	7.6.2013	4	0	100	0	2150
Mojca	14.6.2013	3	0	100	0	1050
Mojca	21.6.2013	4	0	100	0	600
Mojca	28.6.2013	3	33,3	66,7	0	1400

V preglednici 22 je po odstotkih prikazan odgovor oseb na vprašanje o kakovosti zraka. Število anketirancev variira med številom 3 in 6. Povprečno število anketirancev je 4. Kot najpogostejši odgovor se je pojavil odgovor, da je zrak v igralnici primeren. Zrak je bil ocenjen kot svež le v treh primerih, medtem ko je bil ocenjen kot zatohel le v dveh. Glede na izmerjene rezultate vrednosti koncentracije  $CO_2$  je bila kakovost zraka slabša, vendar se izkaže, da so bili uporabniki s kakovostjo zraka zadovoljni, oziroma se jim je zdel primeren.

Na merilni dan 24.5.2013 je 16,7% anketirancev odgovorilo, da se jim zdi zrak svež, čeprav je bila povprečna koncentracija  $CO_2$  na ta dan je nad predpisanimi v Pravilniku. Temperatura zraka na merilni dan 24.5.2013 je najnižja izmed vseh merilnih dni in poleg tega je tudi povprečna relativna vlažnosti zraka visoka.

Anketiranci merilnega dne, 31.5.2013 so v 50% ocenili zrak kot zatohel. Povprečna koncentracija  $CO_2$  je bila nad dopustnim vrednostmi koncentracij po Pravilniku. Povprečna temperatura zraka je bila 21,2°C, ter povprečna relativna vlažnost 66,7%. V primerjavi z meritvijo merilnega dne 24.5.2013, ko je bila dosežena enaka povprečna koncentracija  $CO_2$  je dosežena temperatura zraka višja in relativna vlažnost zraka nižja. Predvidevam, da subjektivna ocena kakovosti zraka ni neposredno odvisna od doseženih koncentracij  $CO_2$ . Odvisna je tudi od drugih parametrov v kombinaciji z temperaturo in relativno vlažnostjo zraka.

## Simulacija

Preglednica 23: Primerjava rezultatov simuliranih karakterističnih vrednosti pretoka zraka v VVE Mojca

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka [m <sup>3</sup> /h]	Maksimalni pretok zraka [m <sup>3</sup> /h]	Zahtevan pretok zraka [m <sup>3</sup> /h]	Povprečna koncentracija cCO <sub>2,ave</sub> [ppm]
Mojca	24.5.2013	22,2	89	600	2400
Mojca	31.5.2013	50,4	159	600	2400
Mojca	7.6.2013	28,2	44	570	2150
Mojca	14.6.2013	15,1	88	600	1050
Mojca	21.6.2013	178	280	480	600
Mojca	28.6.2013	26,8	69	390	1400

V zgornji preglednici 23 so prikazani rezultati primerjave med simuliranimi vrednostmi pretoka zraka v VVE Mojca po posameznih merilnih dnevih. Med povprečnimi vrednostmi pretoka zraka najbolj izstopa pretok z dne, 21.6.2013, ki je znašal 178m<sup>3</sup>/h. Tistega dne je bilo zunaj zelo vroče vreme (temperatura zunanjega zraka je bila 28°C). Posledica visokih zunanjih temperatur je bila visoka temperatura v prostoru, tako da so bila okna in vrata tekom celotne meritve odprta. Zaradi tega je bila tistega dne zabeležena tudi najnižja povprečna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> (600ppm). Preostali povprečni pretoki zraka v VVE Mojca so bistveno nižji in imajo vrednosti od 15,1 do 50,4 m<sup>3</sup>/h. Na noben merilni dan pretok zraka ne ustreza zahtevanim vrednostim po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Maksimalni pretoki so proporcionalno od tri do štirikrat višji od povprečnih. Tipično se pojavijo v primerih, ko se odprtina samo za kratek čas odpre in tako poveča pretok zraka. Izjemi sta tretja in predzadnja meritev. V teh dveh primerih sta sicer različni odprtini odprti za daljše časovno obdobje, kar povzroči, da se povprečne in maksimalne vrednosti ne razlikujejo preveč.

## 5.2 Klasično grajeni vrtec (VVE Tinkara)

V preglednici 24 so predstavljeni podatki o zasedenosti oddelka Zvezdica v VVE Tinkara. Predstavljeni so v odvisnosti od merilnega dne, vsebuje pa tudi podatke o številu odraslih oseb in otrok v prostoru.

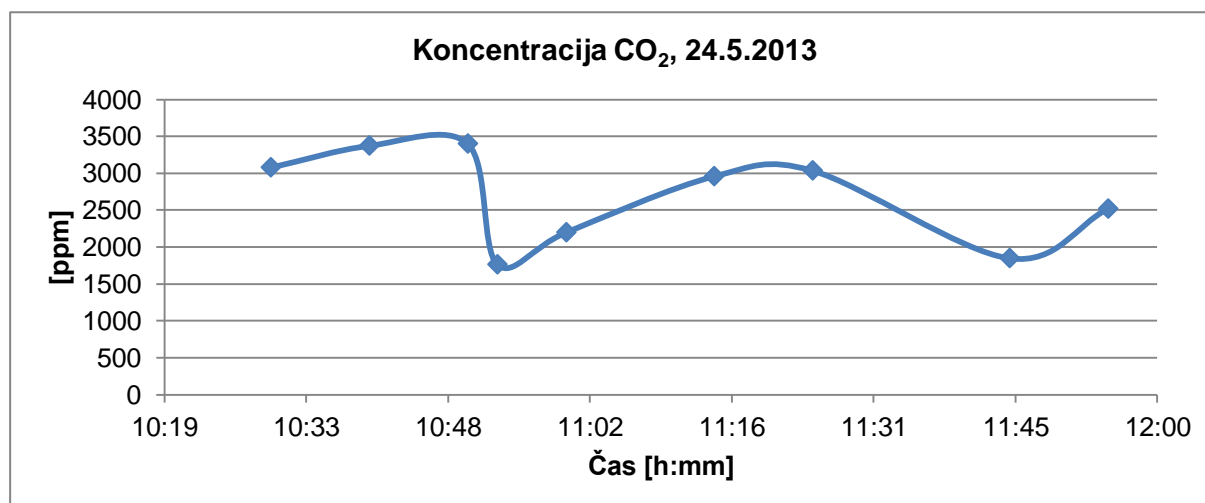
Preglednica 24: Število oseb v prostoru oddelka Zvezdica VVE Tinkara

Datum		24.maj	31.maj	7.jun	14.jun	21.jun	28.jun
Število otrok		14	16	17	16	12	9
MAX število otrok		21	21	21	21	21	21
Zasedenost [%]		67	76	81	76	57	43
Število odraslih	M	2	2	2	2	2	2
	Ž	2	2	2	2	2	2

### 5.2.1 Rezultati meritev in anket, dne 24.5.2013

Merjenje parametrov kvalitete notranjega zraka se je začela ob 10:30 in zaključila ob 11:55 uri. Potekala je v deževnem vremenu pri temperaturi zunanjega zraka 14°C. Zunanja relativna vlažnost zraka je bila ob deževnem vremenu 100%. Prav tako je bilo prisotnega nekaj vetra, ki je pihal s hitrostjo 0.36m/s. Vrednost zunanje koncentracije CO<sub>2</sub> je bila 500ppm. Dopustne vrednosti (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji, ASHRAE) notranje koncentracije CO<sub>2</sub> so v intervalu med 1200ppm in 1650ppm. Igralnica je bila glede na maksimalno število otrok 67% zasedena (preglednica 24). V prostoru so bile prisotne tudi 4 odrasle osebe.

### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>



Grafikon 20: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 24.5.2013, v VVE Tinkara

Preglednica 25: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 24.5.2013 v VVE Tinkara

VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Tinkara	24.5.2013	2700ppm	3400ppm	1750ppm

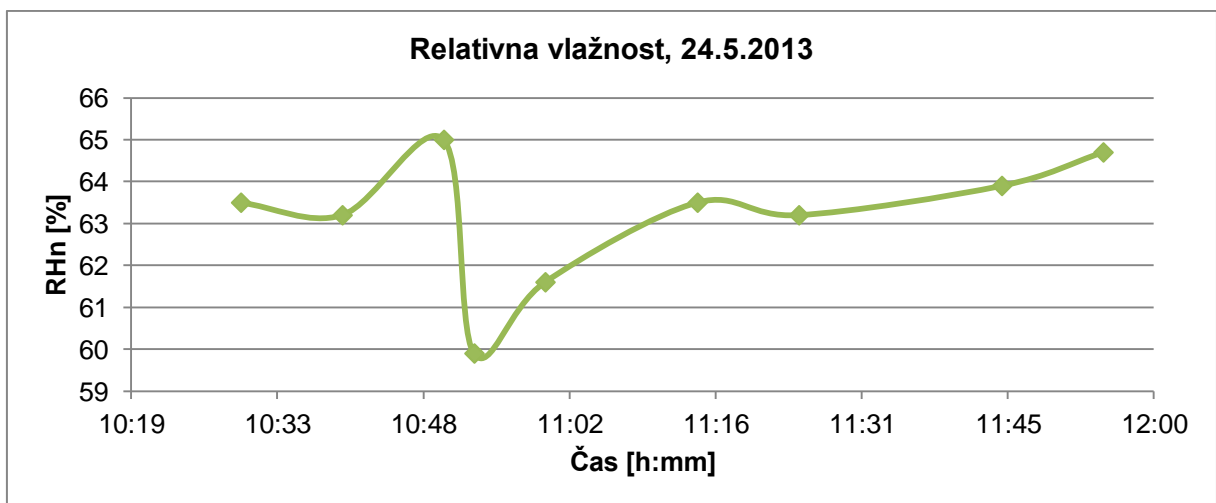


Na prvi merilni dan v VVE Tinkara je bilo med 10:30 in 11:55 opravljenih 9 meritev. Potekale so v časovnih intervalih od 3 do 20 minut. Koncentracija CO<sub>2</sub> je na začetku merjenja (10:30) znašala 3080ppm. To pomeni, da so bile vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> 2,06 krat višje kot najvišje dopustne. Koncentracija je naraščala do maksimalne dosežene vrednosti, ki je 3400ppm. Ob 10:50 je koncentracija CO<sub>2</sub> dosegla najvišjo raven in takrat je vzgojiteljica odprla okna na stežaj. Tačas so bili vsi otroci zunaj, da se je prostor prezračil. Odprtje oken v času od 10:50 do 10:53 je povzročilo padec koncentracije CO<sub>2</sub> na minimalno izmerjeno vrednost, ki je 1750ppm. Kasneje začnejo vrednosti rasti s približno linearno tendenco. V časovnem intervalu 10:53 do 11:25 koncentracija CO<sub>2</sub> naraste do vrednosti 3050ppm. Ob 11:25 so otroci ponovno zapustili prostor in vzgojiteljice so odprla okna. Koncentracija pade na 1850ppm. Po povratku otrok v prostor (11:45) se okna zaprejo in vrednosti začnejo ponovno rasti. Tendenci rasti koncentracije sta približno linearni, z majhno razliko v strmini. Višja strmina rasti v času od 10:50 do 11:25 je povezana z večjo aktivnostjo oseb v prostoru. Pri padcu koncentracije CO<sub>2</sub> sta najbolj opazna strmoglav padec v obdobju od 10:50 do 10:53 in bolj počasen padec v obdobju od 11:25 do 11:45. Razlika je posledica tega, da so bila v prvem primeru, poleg vseh odprtih oken, odprta tudi vhodna vrata. Tako je nastal preprih, ki je pospešil menjavanje zraka. V drugem primeru je bilo odprto le eno okno, zato vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> padajo počasneje. Vse izmerjene vrednosti so nad dopustnimi vrednostmi po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb in priporočilih ASHRAE.

#### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Meritev prvega merilnega dne ima povprečno temperaturo zraka 23,1°C, maksimalno 24,2°C in minimalno 21,8°C.

Povprečna hitrost gibanja zraka je 0,06m/s z odstopanjem ±0,05.



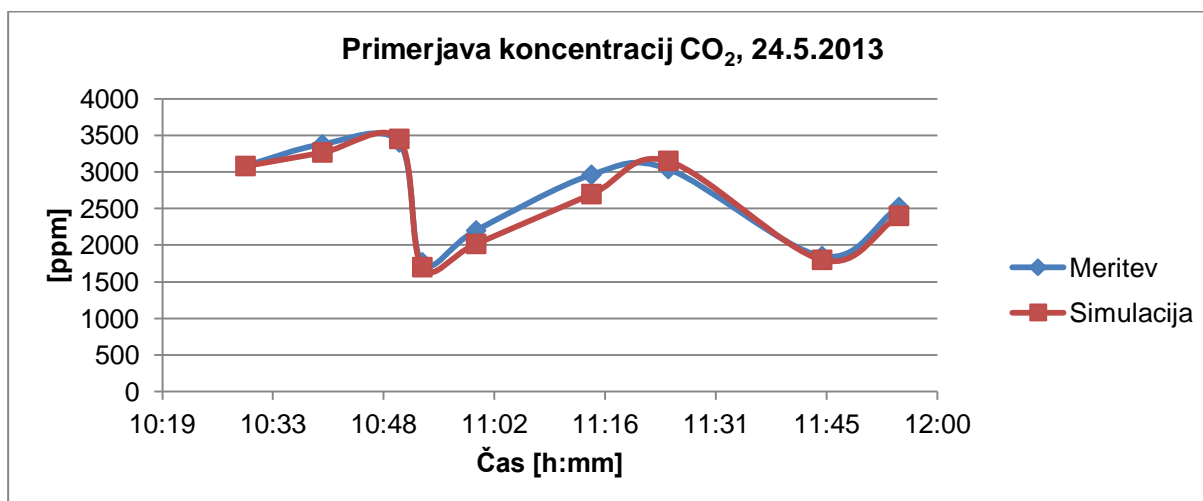
Grafikon 21: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti v prostoru, dne 31.5.2013, v VVE Tinkara

Na grafikonu 21 je prikazan kronološki potek spreminjanja relativne vlažnosti v prostoru. Najvišja relativna vlažnost zraka je bila dosežena ob 10:50 uri in je znašala 65%. Tri minute zatem (10:53) je bila izmerjena najnižja vrednost relativne vlažnosti in merila 60%. Razlog za tako hitro menjavo relativne vlažnosti zraka je v mešanju notranjega in zunanjega zraka ob

odprtju oken in vrat. Ko se zaprejo se stanje kmalu povrne na začetne vrednosti. Vse vrednosti so znotraj 5% intervala.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih sem s programom CONTAM simuliral meritve prvega merilnega dne v VVE Tinkara.



Grafikon 22: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 24.5.2013, v VVE Tinkara

Na zgornjem grafikonu 22 je prikazana primerjava med rezultati izmerjenih in izračunanih koncentracij CO<sub>2</sub> prvega merilnega dne v VVE Tinkara. V simulaciji so bile iterativno določene in uporabljene vrednosti proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,2l/min na osebo. Med meritvijo se v prostoru dvakrat odprejo odprtine in koncentracija CO<sub>2</sub> se prične naglo zmanjševati. Zelo izrazit padec nastane pri prvem odprtju odprtih ob 10:53 uri. To odprtje povzroči prepih v prostoru in s tem povečanje pretoka zraka v prostoru. V tem času v prostoru otroci niso prisotni, zato je v tem kratkem času koeficient proizvodnje CO<sub>2</sub> enak 0. Rezultati meritve in simulacije so podobni. Povprečni pretok zraka, oziroma količina zunanjega zraka (256m<sup>3</sup>/h) v igralnici VVE Tinkara kljub večkratnemu odpiranju oken in vrat ne zadošča zahtevam (540m<sup>3</sup>/h) Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

Preglednica 26: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 31.5.2013 v VVE Tinkara

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Tinkara	24.5.2013	256 m <sup>3</sup> /h	810m <sup>3</sup> /h	540m <sup>3</sup> /h

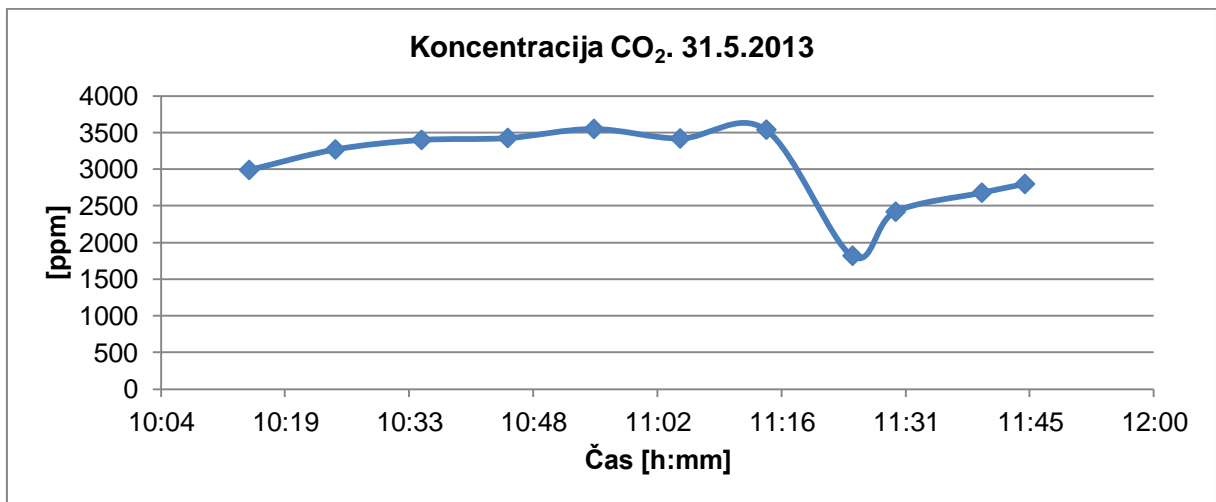
### Subjektivna raven (anketa)

Pri izpolnjevanju anket so sodelovale štiri odrasle osebe. Prav vse so kakovost notranjega zraka označile kot primerno.

## 5.2.2 Rezultati meritev in anket, dne 31.5.2013

Drugo merjenje na lokaciji VVE Tinkara je potekalo v deževnem vremenu, z 98% zunanjo relativno vlago. Temperature so se od začetnih 9°C dvignile do 11°C na koncu meritve. Poleg dežja je bil prisoten tudi veter, ki je pihal do 1,5m/s. Zunanje vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so znašale 600ppm. Dopustne vrednosti notranje koncentracije CO<sub>2</sub> so med intervalom 1300ppm in 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Učilnica je bila glede na maksimalno število otrok 76% zasedena (preglednica 24). Poleg otrok so bile v prostoru prisotne tudi 4 odrasle osebe.

### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 23:Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 31.5.2013, v VVE Tinkara

Preglednica 27: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 31.5.2013 v VVE Tinkara

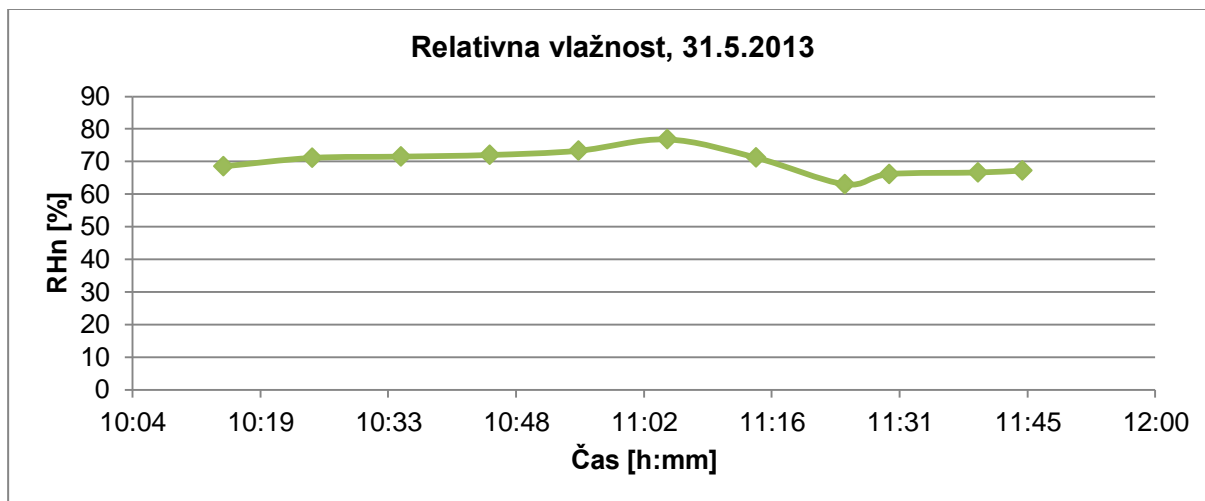
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Tinkara	31.5.2013	3030ppm	3550ppm	1820ppm

Na drugi merilni dan v VVE Tinkara je bilo med 10:15 in 11:45 izvedenih 11 meritev. Časovni interval med posameznimi meritvami je bil od 5 do 10 minut. Začetne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so bile nad 3000ppm. Vrednosti so naraščale do 11:15, ko je bila dosežena maksimalna koncentracija CO<sub>2</sub>, ki je znašala 3550ppm. Vmes je nastopil krajši padec, ki je posledica kratkotrajnega odprtja enega izmed oken. Ob 11:15 uri se je igralnica izpraznila in vzgojiteljice so odprle okna in vrata na stežaj. Ustvaril se je preprih, ki je do zaprtja oken in vrat, t.j. 11:25 ure vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> zmanjšal na minimalno doseženo vrednost (1820ppm). Ob 11:25 se je ustvaril zaprt sistem, kjer koncentracija CO<sub>2</sub> lahko le raste. Zadnja izmerjena vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> je znašala 2800ppm. Vse izmerjene vrednosti so nad dopustnimi (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Maksimalna izmerjena vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> je 2,15 krat višja od maksimalno dopustne po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

### Temperatura zraka; hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna vrednost notranje temperature je znašala 21,6°C z odstopanjem  $\pm 1,2^{\circ}\text{C}$ .

Hitrost gibanja zraka je bila  $0,04 \pm 0,02 \text{ m/s}$

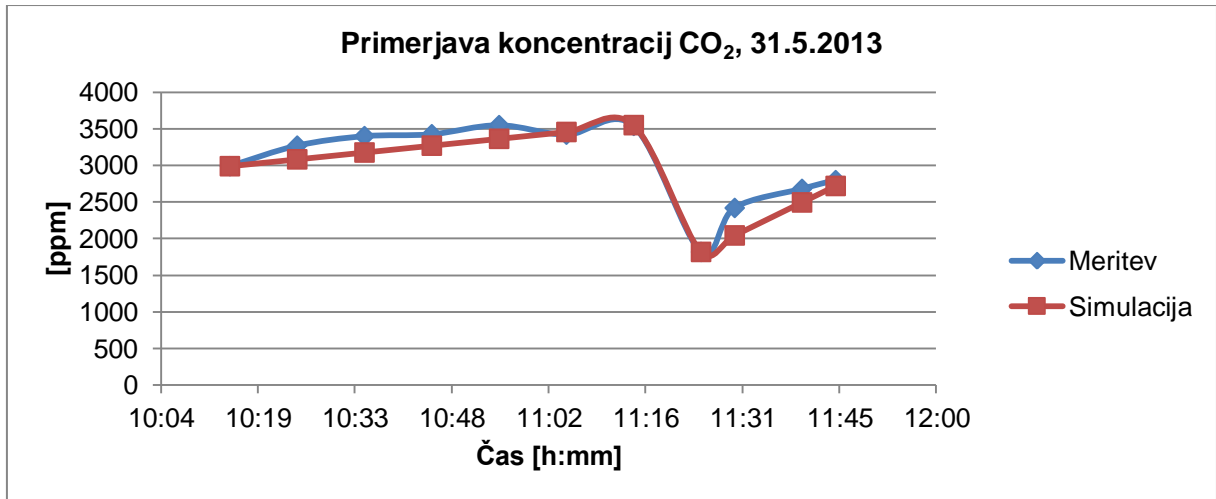


Grafikon 24: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 31.5.2013, v VVE Tinkara

Na zgornjem grafikonu 24 je prikaz kronološki potek spreminjanja relativne vlažnosti v VVE Tinkara, dne 31.5.2013. Zaradi aktivnosti otrok ob začetku merjenja, relativna vlažnost zraka rahlo narašča. Vrednosti relativne vlažnosti zraka v tem času se gibljejo med 69 in 76%. Maksimalna vrednost relativne vlažnosti zraka je bila dosežena tik pred odprtjem odprtín (11:05) in je znašala 77%. Ob zaprtju odprtín (11:30) in prenehanju mešanja notranjega zraka z zunanjim, je izmerjena minimalna dosežena vrednost relativne vlažnosti, ki meri 63%. V nadaljevanju so vrednosti relativne vlažnosti zraka konstantne in znašajo 66%.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih sem s programom CONTAM simuliral meritve drugega merilnega dne v VVE Tinkara.



Grafikon 25: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 31.5.2013, v VVE Tinkara

Na grafikonu 25 je primerjava med rezultati meritve in simulacije koncentracije CO<sub>2</sub>, drugega merjenja v VVE Tinkara. Za simulacijo sem uporabil dva koeficienta proizvodnje CO<sub>2</sub>. V prvi fazi (do 11:15) sem iterativno določil in uporabil koeficient proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,12l/min, saj so se otroci mirno igrali. Od 11:15 naprej sem uporabljal koeficient proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,3l/min, saj je bila aktivnost povišana. V vmesnem času je prostor prazen in se zračni. Rezultata meritve in simulacije sta podobna. V preglednici 28 so prikazane nekatere karakteristične vrednosti pretoka zraka v VVE Tinkara, pri drugi meritvi. Maksimalen pretok zraka (480m<sup>3</sup>/h) v prostoru se pojavi v času med 11:15 in 11:25, ko se odprejo okna. Vrednost povprečnega zračnega pretoka (105m<sup>3</sup>/h) ne ustreza zahtevam (600m<sup>3</sup>/h) Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

Preglednica 28: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 31.5.2013 v VVE Tinkara

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Tinkara	31.5.2013	105 m <sup>3</sup> /h	480m <sup>3</sup> /h	600m <sup>3</sup> /h

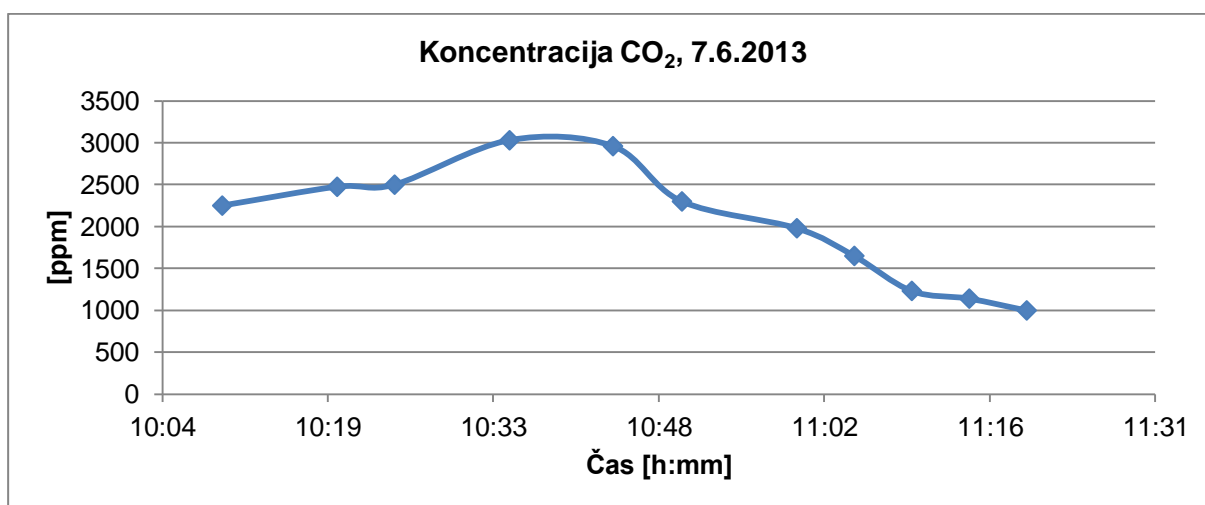
### Subjektivna ocena (anketa):

Anketo drugega merjenja v VVE Tinkara so reševale 4 odrasle osebe. Tri izmed njih so kakovost notranjega zraka označile kot primerno in ena kot zatóhlo.

### 5.2.3 Rezultati meritev in anket, dne 7.6.2013

Tretji merilni dan v VVE Tinkara je potekal v oblačnem vremenu, ter zunanji temperaturi 13°C. Pihal je zmeren veter s hitrostjo 0,7m/s. Zunanja relativna vlažnost zraka je v vlažnem in oblačnem jutru znašala 74,4% (preglednica 24). Učilnica je bila glede na maksimalno možno število otrok zasedena 81%. Poleg otrok so bile v prostoru prisotne tudi 4 odrasle osebe. Zunanja koncentracija CO<sub>2</sub> v zraku je bila 580ppm. V notranjosti so dopustne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> znotraj intervala od 1280ppm do 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE).

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 26: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 7.6.2013, v VVE Tinkara

Preglednica 29: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 7.6.2013 v VVE Tinkara

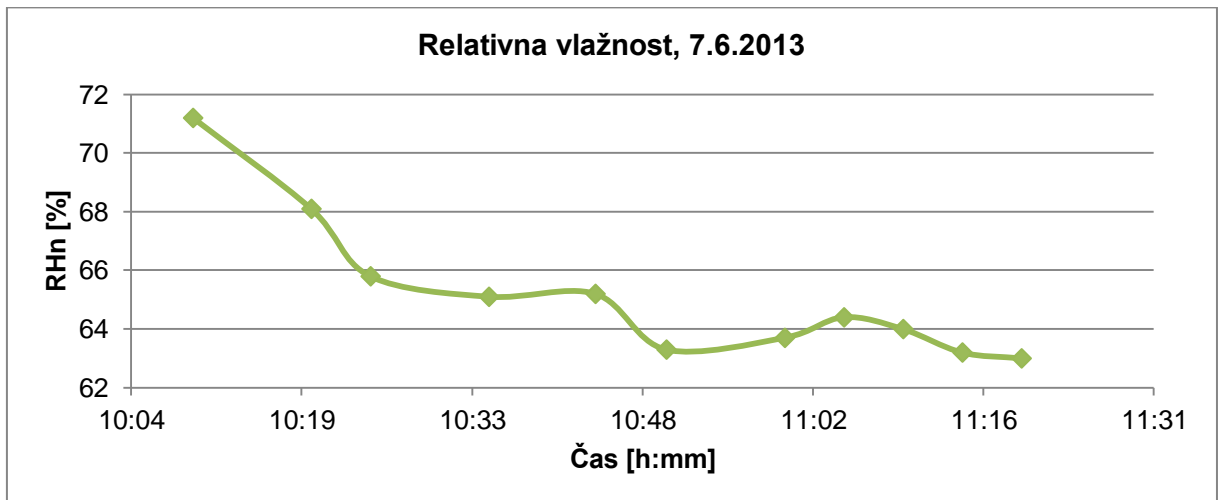
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Tinkara	7.6.2013	2050ppm	3030ppm	1000ppm

Na tretji merilni dan v VVE Tinkara je bilo med 10:10 in 11:20 izvedenih 11 meritev. Meritve so si sledile v časovnih intervalih od 5 do 10 minut. Na začetku meritev je znašala koncentracija CO<sub>2</sub> 2250ppm. V nadaljevanju je koncentracija rasla do maksimalne dosežene vrednosti (3030ppm). Začetna rast koncentracije CO<sub>2</sub> ni povsem linearna, saj se je vmes za kratek čas odprlo eno okno. Od dosežene maksimalne vrednosti (10:35) naprej, koncentracija pada. Kot je z grafikona 26 razvidno, pada s tremi različnimi strminami. Prvi odsek padanja od 10:45 do 10:50 je posledica odprtega enega severnega okna in odprtih vhodnih vrat, kar povzroči prepih in hitro izmenjavo zraka. V drugem odseku od 10:50 do 11:00 so vhodna vrata zaprta. Poleg tega je še vedno odprto severno okno. V tretjem odseku od 11:00 do 11:20 je poleg odprtega severnega okna, odprto še zahodno okno, kar ponovno povzroči prepih. Otroci od 10:45 ure naprej niso prisotni v igralnici. Vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so v času, ko so v igralnici prisotni otroci nad dopustnimi (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). V drugem delu meritve, ko je prostor prazen, pade koncentracija CO<sub>2</sub> na dopustno, oziroma sprejemljivo raven (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE).

### Temperatura zraka; hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna temperatura v prostoru je bila 23,8°C, maksimalna je bila 24,7°C, minimalna je znašala 22,2°C.

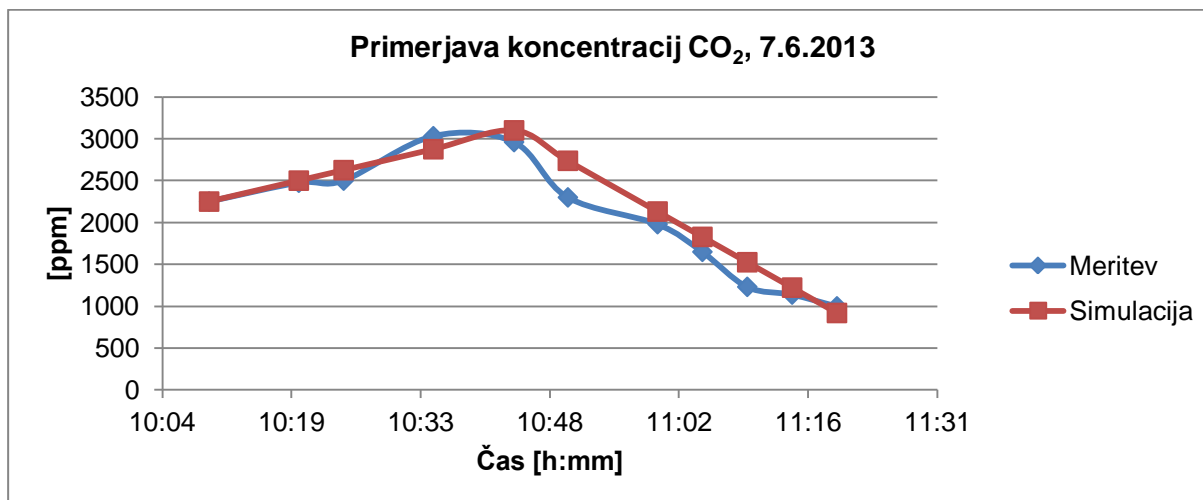
Hitrost gibanja zraka je vseskozi 0,04m/s, le ko se ustvari prepih vrednosti narastejo na 0,25m/s.



Grafikon 27: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 7.6.2013, v VVE Tinkara

Na grafikonu 27 je prikazan kronološki potek spreminjanja relativne vlažnosti v VVE Tinkara, dne 7.6.2013. Najvišja vrednost je bila začetna vrednost merjenja (10:10) in je znašala 71,2%. Vlažnost se skozi potek merjenja zmanjšuje, kar je posledica višanja temperature zraka v prostoru. Najnižjo vrednost doseže pri povsem zadnji meritvi (11:20) in meri 63%. Povprečna vrednost relativne vlažnosti je 65%.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:



Grafikon 28: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 7.6.2013, v VVE Tinkara

Na zgornjem grafikonu 28 je prikazana primerjava med rezultati simulacije in meritve v VVE Tinkara, tekom tretjega merilnega dne. Simulacija in dejanska meritev sta si podobni. Kot koeficient proizvodnje CO<sub>2</sub> v začetni fazi (do 10:45) je bila iterativno pridobljena in uporabljena vrednost 0,28l/min. Od 10:45 ure sta bili v prostoru prisotni le še dve odrasli osebi. Od tega časa naprej so bila odprta tudi vsa okna in vrata. Takrat se pojavi maksimalni pretok zraka tretjega merjenja. Povprečni pretok zraka v prostoru je skoraj natančno polovica maksimalnega. Polovico merjenja so okna in vrata zaprt in polovico odprta. Povprečna vrednost pretoka zraka oziroma količina zunanjega zraka (297m<sup>3</sup>/h) ne ustreza zahtevam (630m<sup>3</sup>/h) Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

Preglednica 30: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 7.6.2013 v VVE Tinkara

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Tinkara	7.6.2013	297 m <sup>3</sup> /h	590m <sup>3</sup> /h	630m <sup>3</sup> /h

### Subjektivna raven (anketa):

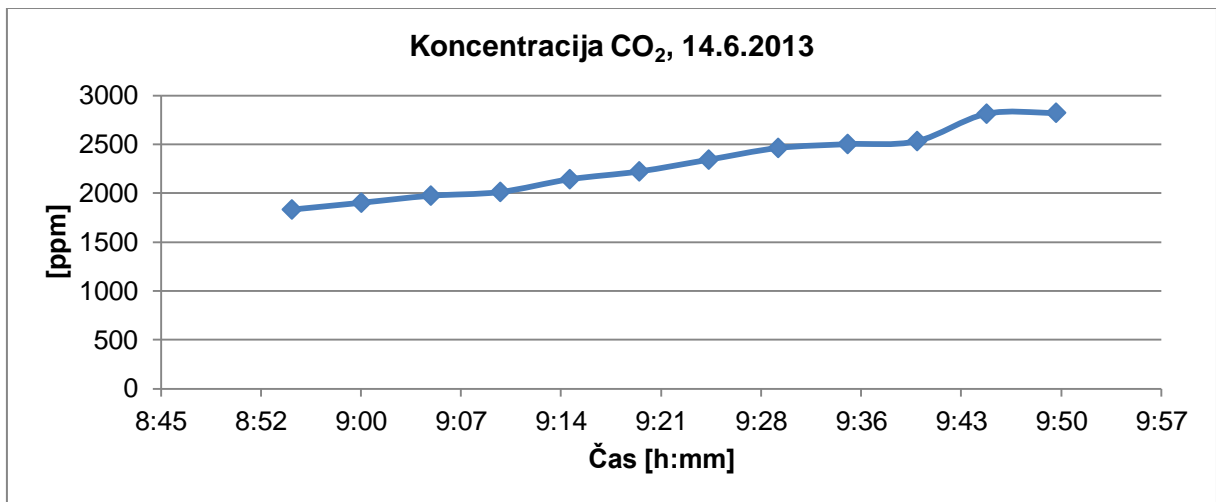
Pri reševanju ankete so sodelovalo 4 odrasle osebe. Tri izmed njih so kakovost zraka ocenile s primerno in ena z oceno zatohlo.



#### 5.2.4 Rezultati meritev in anket, dne 14.6.2013

Četrto merjenje je potekalo v toplem, sončnem vremenu s temperaturo zunanjega zraka 25°C. Zunanja relativna vlažnost zraka je znašala 60%. Zrak se je gibal s hitrostjo 0,4m/s. Koncentracija zunanjega CO<sub>2</sub> je bila 540ppm Interval dopustnih vrednosti notranje koncentracije CO<sub>2</sub> je med 1250ppm in 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Učilnica je bila glede na maksimalno število otrok 76% zasedena (preglednica 24). Poleg otrok so bile v prostoru prisotne tudi 4 odrasle osebe.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 29: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 14.6.2013, v VVE Tinkara

Preglednica 31: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 14.6.2013 v VVE Tinkara

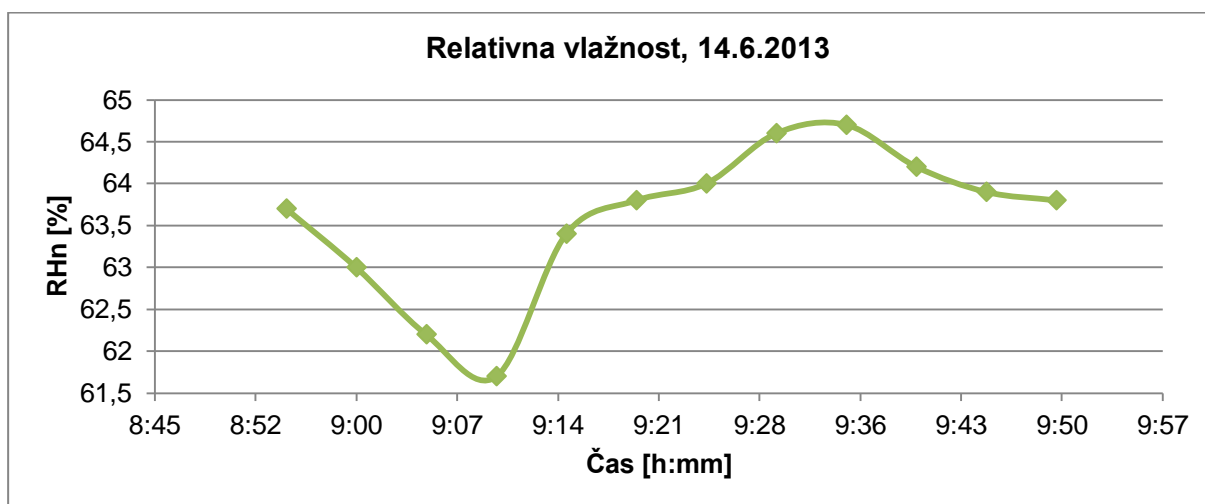
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Tinkara	14.6.2013	2300ppm	2800ppm	1830ppm

Na četrti merilni v VVE Tinkara je bilo med 8:55 in 9:50 izvedenih 12 meritev. Meritve so se izvajale v časovnem intervalu petih minut. Tokratno merjenje je potekalo v bolj zgodnjih dopoldanskih urah. Začetne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so minimalne (1830ppm). V nadaljevanju so vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> ves čas naraščale. Naraščajo počasi, saj je aktivnost otrok zmanjšana. Vrednosti rastejo do maksimalne izmerjene (2800ppm) s približno linearno tendenco. Tekom meritve ni bilo izmerjenega nobenega padca koncentracije CO<sub>2</sub>. Vrednosti vseskozi rastejo, kar je posledica zaprtih oken in vrat v prostoru. Vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so kljub zgodnejšim uram vseskozi nad dopustnimi (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji prostorov).

### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna temperatura zraka v učilnici je bila 23,7°C, z odstopanjem  $\pm 0,6^\circ\text{C}$ .

Zrak v prostoru se je gibal s povprečno hitrostjo 0,02m/s in z maksimalnim odstopanjem  $\pm 0,04\text{m/s}$ .



Grafikon 30: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 14.6.2013, v VVE Tinkara

Kronološko spreminjanje relativne vlažnosti v VVE Tinkara je prikazano na grafikonu 30. Najvišja vrednost meritve je bila dosežena ob 9:35 uri in je znašala 65%. Najnižja vrednost je dosežena ob 9:10 uri in meri 62%. Povprečna relativna vlažnost zraka v prostoru je 64%.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Preglednica 32: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 14.6.2013 v VVE Tinkara

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Tinkara	14.6.2013	0 m <sup>3</sup> /h	0m <sup>3</sup> /h	600m <sup>3</sup> /h

Na četrti merilni dan se igralnica v VVE Tinkara ni prezračevala. Zato je bilo modeliranje simulacije nemogoče.

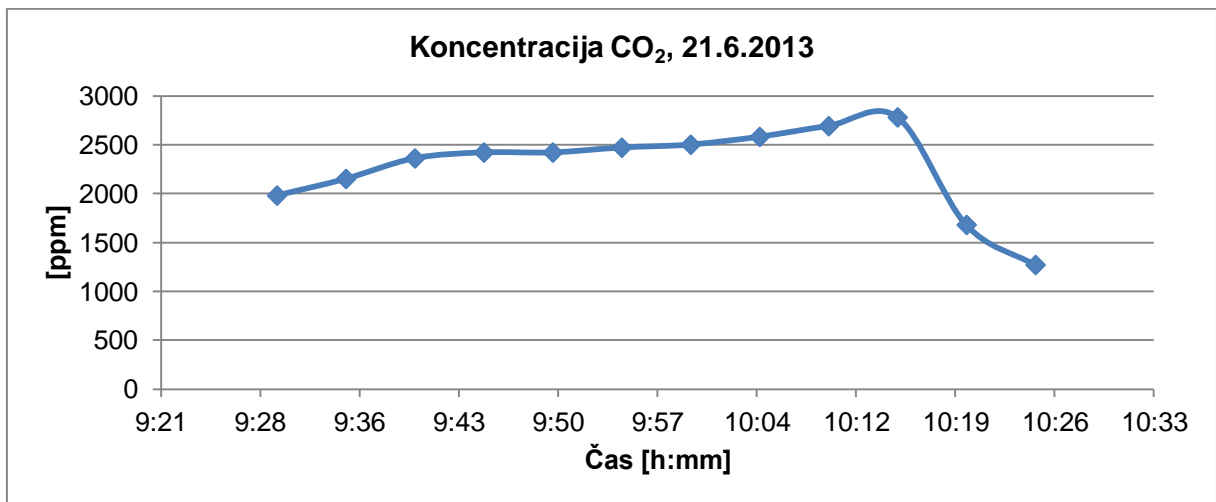
### Subjektivna ocena (anketa):

Anketo o notranjem udobju v VVE Tinkara so izpolnile 3 osebe. Dve izmed oseb sta zrak v notranjem zraku označili za zatohlega, medtem ko ena oseba za primernega.

### 5.2.5 Rezultati meritev in anket, dne 21.6.2013

Predzadnji merilni dan na lokaciji VVE Tinkara je potekal v vročem vremenu. Ob prihodu v VVE Tinkara sem izmeril temperaturo zunanjega zraka 26,3°C. Zunanji zrak je imel relativno vlažnost 65%. Zrak se je gibal s hitrostjo 0,3m/s. Vsebnost CO<sub>2</sub> v zunanosti je bila 400ppm. Dopustne vrednosti notranje koncentracije CO<sub>2</sub> so v intervalu med 1100ppm in 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Učilnica je bila glede na maksimalno možno število otrok 57% zasedena (preglednica 24). Poleg otrok so bile v prostoru prisotne tudi 4 odrasle osebe.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 31: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 21.6.2013, v VVE Tinkara

Preglednica 33: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 21.6.2013 v VVE Tinkara

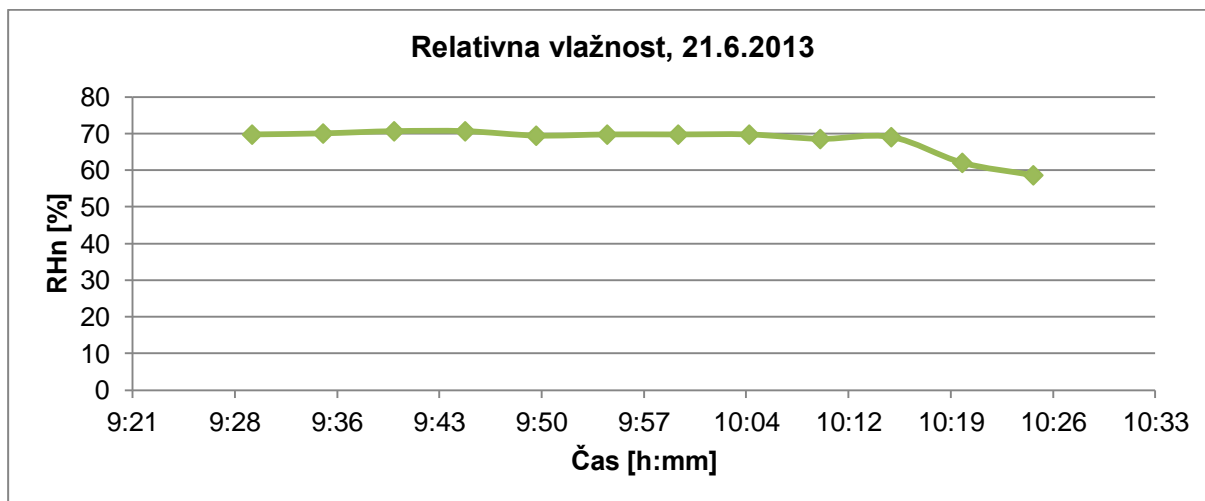
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Tinkara	21.6.2013	2275ppm	2720ppm	1270ppm

Na peti merilni dan v VVE Tinkara je bilo med 9:30 in 10:25 izvedenih 12 meritev. Časovni interval med posameznimi meritvami je bil 5 minut. Predzadnje meritve na lokaciji VVE Tinkara so se začele z izmerjeno koncentracijo CO<sub>2</sub> 2000ppm. Koncentracija se je zviševala do maksimalne vrednosti meritve tistega dne (2720ppm), ki je bila izmerjena ob 10:15. Rast je bila počasna, saj je bila zasedenost učilnice majhna, prav tako je bila tudi aktivnost otrok majhna. Ob 10:15 uri, ko je bila dosežena maksimalna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub>, so otroci zapustili prostor in vzgojiteljici sta odprli okni. Vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so začele padati in se izenačevati z zunanjo koncentracijo CO<sub>2</sub>. Menjavanje zraka je bilo tik ob odprtju najintenzivnejše, nato se je upočasnilo in vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> (1270ppm) so se asimptotično približevale zunanjim koncentracijam CO<sub>2</sub> (400ppm). Vrednosti izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> so bile v intervalu med 9:30 in 10:15 nad dopustnimi. Zadnji dve izmerjeni vrednosti sta v intervalu dopustnih vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE).

### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Povprečna temperatura v prostoru je bila 27,5°C, z odstopanjem  $\pm 0,7^\circ\text{C}$ .

Gibanje notranjega zraka je bilo zanemarljivo majhno, s povprečno vrednostjo 0,005m/s in odstopanjem 0,015m/s.

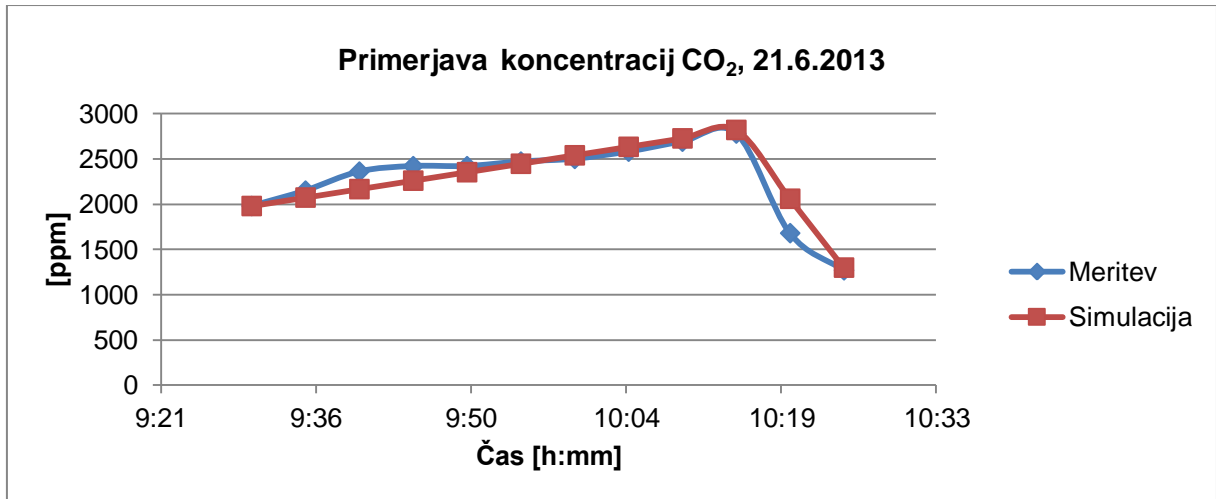


Grafikon 32: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 21.6.2013, v VVE Tinkara

Spreminjanje relativne vlažnosti v VVE Tinkara, dne 21.6.2013 je prikazano na grafikonu 32. Z grafikona 32 je razvidno, da se v časovnem intervalu od 9:30 do 10:15 ure vrednost relativne vlažnosti ne spreminja bistveno. Z minimalno amplitudo relativna vlažnost v prostoru niha okoli 70%. Edina sprememba je vidna na koncu meritev (10:15), ko vrednosti začnejo padati. Takrat se odprejo vrata in temperatura v prostoru naraste, kar ima za posledico padec relativne vlage. Vrednosti relativne vlažnosti zraka v prostoru do konca meritve padejo na 59%.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih oken sem s programom CONTAM simuliral meritve petega merilnega dne v VVE Tinkara.



Grafikon 33: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 21.6.2013, v VVE Tinkara

Na grafikonu 33 je prikazana primerjava rezultatov med meritvijo in simulacijo le-te. Pri modeliranju sem iterativno dobil in uporabil koeficient proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,33l/min. Prvi del meritve (do 10:15) predstavlja rast koncentracije zaradi zaprtosti oken in vrat v prostoru. Drugi, padajoči del (od 10:15) predstavlja stanje praznega, prezračevanega prostora. Krivulji dejanske in izračunane koncentracije CO<sub>2</sub> sta si podobni. V spodnji preglednici 34 so prikazane karakteristične vrednosti pretoka zraka. Ob odprtju oken se pojavi maksimalen pretok zraka (480m<sup>3</sup>/h) tekom meritve. Vrednost povprečnega pretoka zraka, oziroma količina zunanjega zraka (168m<sup>3</sup>/h) ne ustreza zahtevam (480m<sup>3</sup>/h) Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

Preglednica 34: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 21.6.2013 v VVE Tinkara

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Tinkara	21.6.2013	168 m <sup>3</sup> /h	480m <sup>3</sup> /h	480m <sup>3</sup> /h

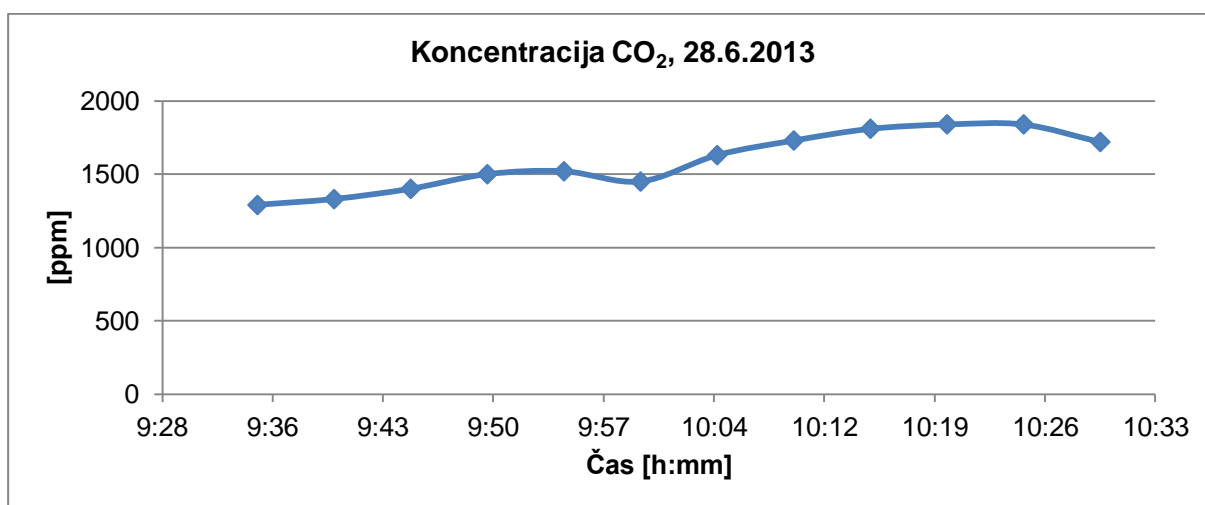
### Subjektivna ocena (anketa):

Pri izpolnjevanju ankete o kvaliteti notranjega okolja so v VVE Tinkara sodelovale 4 odrasle osebe. Polovica jih je zrak označilo kot primeren in polovica kot zatohel

### 5.2.6 Rezultati meritev in anket, dne 28.6.2013

Meritve zadnjega merilnega dne v VVE Tinkara so potekale v delno oblačnem vremenu, z zunanjo temperaturo zraka 20°C. Relativna vlažnost zunanjega zraka je znašala 48%. Zrak se je gibal s hitrostjo 0,5m/s. Zunanja koncentracija CO<sub>2</sub> je znašala 420ppm. Dopustne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru so v intervalu med 1120ppm in 1650ppm (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). Učilnica je bila glede na maksimalno možno število otrok 43% zasedena (preglednica 24). V prostoru so bile poleg otrok prisotne še 4 odrasle osebe.

#### Merjena koncentracija CO<sub>2</sub>:



Grafikon 34: Kronološki potek spreminjanja merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 28.6.2013, v VVE Tinkara

Preglednica 35: Karakteristične vrednosti merjene koncentracije CO<sub>2</sub>, dne 28.6.2013 v VVE Tinkara

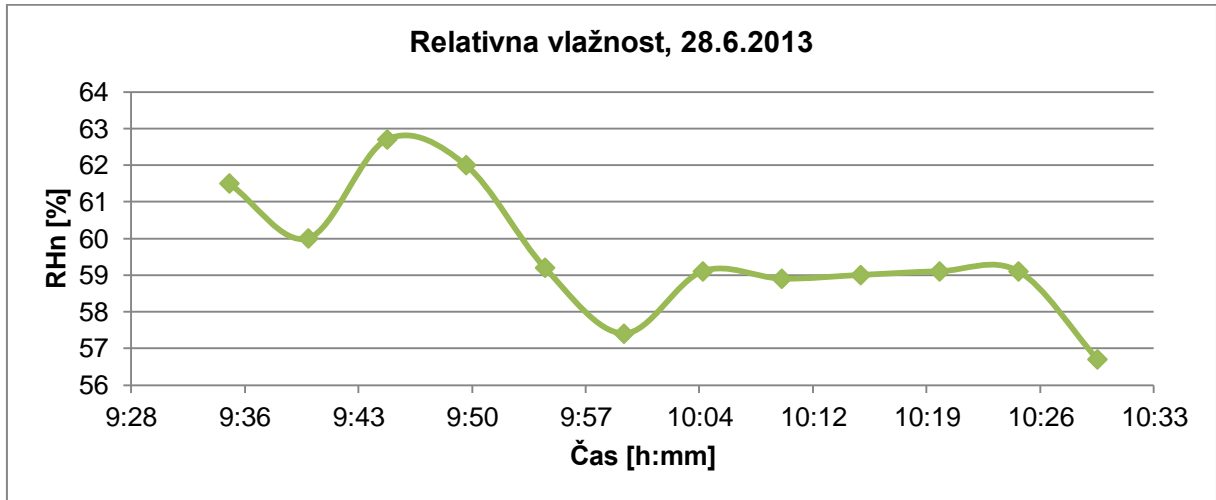
VVE	Datum	cCO <sub>2,ave</sub>	cCO <sub>2,max</sub>	cCO <sub>2,min</sub>
Tinkara	21.6.2013	1600ppm	1840ppm	1300ppm

Na zadnji merilni dan v VVE Tinkara je bilo med 9:35 in 10:30 opravljenih 12 meritev. Potekale so v časovnem intervalu 5 minut. Meritev se je začela z minimalno izmerjeno vrednostjo koncentracije CO<sub>2</sub>, ki je znašala 1300ppm. Naprej so vrednosti CO<sub>2</sub> rastle do 10:25 ure, ko je bila dosežena maksimalna vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> (1840ppm). Rast je bila počasna, kar je posledica majhne zasedenosti prostora (preglednica 8). Poleg tega je bila njihova aktivnost majhna. Po doseženi maksimalni koncentraciji CO<sub>2</sub> (1840ppm) so otroci zapustili prostor in vzgojiteljice so odprle okna. Vrednosti notranje koncentracije CO<sub>2</sub> začnejo počasi padati in se izenačevati z zunanjimi. Zadnja izmerjena vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> ob 10:30 je bila 1720ppm. Vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so bile od 9:35 do 10:05 v intervalu dopustnih (Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ASHRAE). V časovnem intervalu od 10:05 do 10:30 so bile vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> nad dopustnimi.

#### Temperatura zraka, hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:

Notranja temperatura zraka je imela povprečno vrednost 22,2°C, z maksimalnim odstopanjem ±0,9°C.

Zrak se je gibal s povprečno hitrostjo 0,02m/s in z maksimalnim odstopanjem 0,03m/s.

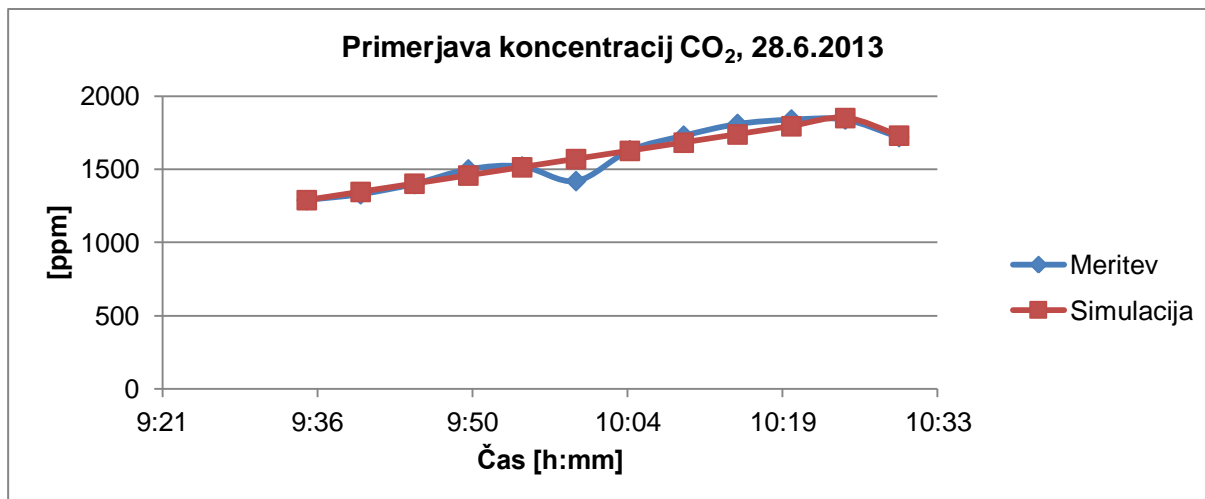


Grafikon 35: Kronološki potek spreminjanja izmerjene relativne vlažnosti, dne 28.6.2013, v VVE Tinkara

Na grafikonu 35 je prikazan kronološki potek spreminjanja relativne vlažnosti v VVE Tinkara na merilni dan 28.6.2013. Najvišja vrednost je dosežena ob 9:45 uri in meri 63%. Minimalna vrednost je bila izmerjena ob 10:00 uri in znaša 57%. Povprečna vrednost relativne vlažnosti v prostoru je bila 60%.

### Izračun CO<sub>2</sub> v prostoru:

Na osnovi predpostavljenih parametrov proizvodnje CO<sub>2</sub> in karakteristik odprtih s sem s programom CONTAM simuliral meritve zadnjega merilnega dne v VVE Tinkara.



Grafikon 36: Primerjava kronološkega poteka spreminjanja koncentracije CO<sub>2</sub> [ppm], dne 28.6.2013, v VVE Tinkara

Primerjava med rezultati meritve in simulacije v VVE Tinkara, dne 28.6.2013 so prikazane na grafikonu 36. Krivulji merjene in izračunane koncentracije CO<sub>2</sub> sta si podobni. Skoraj skozi vse meritve je vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> naraščala. V programu sem iterativno določil in uporabil koeficient proizvodnje CO<sub>2</sub> 0,24l/min. V obdobju od 10:25 do 10:30 ure se trend zamenja in vrednosti začnejo padati. V tistem času otroci in vzgojiteljici zapustijo igralnico in prostor se začne zračiti. Takrat je dosežen maksimalen pretok zraka, ki je znaša 118m<sup>3</sup>/h. Po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb povprečna vrednost pretoka zraka, oziroma količina zunanjega zraka (19m<sup>3</sup>/h) ne ustreza zahtevanim (390m<sup>3</sup>/h).

Preglednica 36: Karakteristične vrednosti simulacije pretoka zraka, dne 28.6.2013 v VVE Tinkara

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka
Tinkara	28.6.2013	19 m <sup>3</sup> /h	118m <sup>3</sup> /h	390m <sup>3</sup> /h

### Subjektivna ocena (anketa):

Anketo so reševale 4 odrasle osebe in vse so na vprašanje o kakovosti notranjega zraka odgovorile z odgovorom, da je zrak primeren.



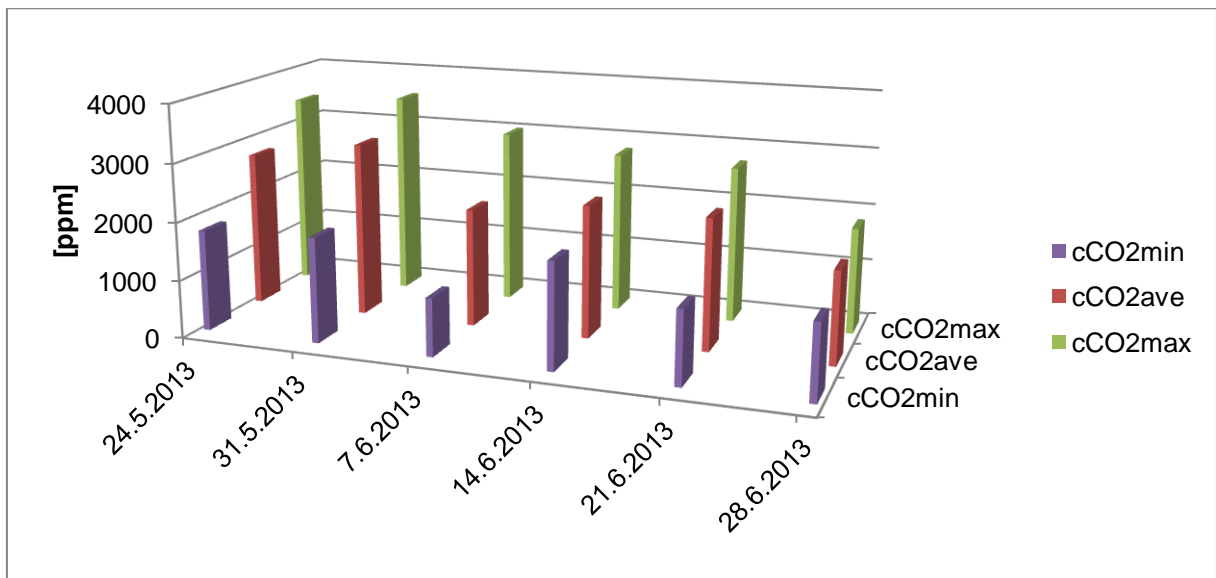
### 5.2.7 Primerjava rezultatov v klasično grajenem vrtcu (VVE Tinkara)

V preglednici 37 so prikazane merjene koncentracije CO<sub>2</sub> (max, min, avg), temperatura zraka (max, min, avg) in relativna vlažnost zraka (max, min, avg) po posameznih merilnih dnevih v VVE Tinkara.

Preglednica 37: Povprečne, maksimalne in minimalne izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub>, temperature notranjega zraka in relativne vlažnosti notranjega zraka na izbrane merilne dni v VVE Tinkara

Merilni dan	24.5.2013	31.5.2013	7.6.2013	14.6.2013	21.6.2013	28.6.2013
Zasedenost [%]	67	76	81	76	57	43
cCO <sub>2,ave</sub> [ppm]	2700	3030	2050	2300	2275	1600
cCO <sub>2,max</sub> [ppm]	3400	3550	3030	2800	2720	1840
cCO <sub>2,min</sub> [ppm]	1750	1820	1000	1830	1270	1300
Tia <sub>ave</sub> [°C]	23,1	21,6	23,8	23,7	27,5	22,2
Tia <sub>max</sub> [°C]	24,2	22,3	24,7	24,2	28	22,8
Tia <sub>min</sub> [°C]	21,8	20,4	22,2	23,1	26,8	21,3
RHia <sub>ave</sub> [%]	63,2	69,8	65,2	63,6	68,1	59,6
RHia <sub>max</sub> [%]	64,7	73,3	71,2	64,7	70,6	62,7
RHia <sub>min</sub> [%]	59,9	63	63	61,7	58,6	56,7

**Koncentracija CO<sub>2</sub>:** v grafikonu 37 so prikazane povprečne, maksimalne in minimalne izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> po posameznih merilnih dnevih v VVE Tinkara.



Grafikon 37: Povprečne, maksimalne in minimalne koncentracije CO<sub>2</sub> na merilne dni v VVE Tinkara

Vse karakteristične koncentracije CO<sub>2</sub> so si glede na merilne dni med seboj različne. Najbolj podobni sta si meritvi iz merilnih dni 24.5. in 31.5.2013. Vse karakteristične koncentracije (povprečna, maksimalna in minimalna) merilnega dne 31.5.2013 so za 5 do 10% višje kot na merilni dan, 24.5.2013, kar je posledica višje zasedenosti igralnice. Tudi najvišja povprečna (3030ppm) in maksimalna (3550ppm) vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> sta bili izmerjeni tekom

druge meritve (31.5.2013). Po prvih dveh meritvah (24.5. in 31.5.2013) je že razviden vzorec zračenja prostora v VVE Tinkara. Pred posameznimi obroki, vzgojiteljici pošljeta otroke ven iz prostora in prostor za približno 10 minut prezračita. Meritve vseh merilnih dni, razen zadnjega (28.6.2013), imajo relativno velik raztros minimalne in maksimalne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> okoli povprečne vrednosti. Velik raztros je posledica hitrega naraščanja in padanja koncentracije CO<sub>2</sub>. Igralnica je bila tekom vseh merilnih dni zasedena nad 50%, razen v primeru zadnjega merilnega dne. Takrat je bila izmerjena tudi najmanjša povprečna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub>, ki je znašala 1600ppm. Najmanjša vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> je bila izmerjena tekom merilnega dne, 7.6.2013, in je znašala 1000ppm. V tem primeru je bila igralnica polovico časa prazna in dobro zračena.

Vse povprečne vrednosti koncentracij CO<sub>2</sub>, razen povprečne vrednosti pri zadnjem merilnem dnevu (28.6.2013), presegajo zahtevane po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Zelo visoke povprečne vrednosti koncentracij CO<sub>2</sub> so dosežene pri prvih dveh meritvah (24.5. in 31.5.2013) in znašajo 2700ppm (24.5.2013) oziroma 3030ppm (31.5.2013). Nobena izmed meritev v prvih dveh merilnih dnevih (24.5. in 31.5.2013) in na merilni dan 14.6.2013 ne pade pod zahtevano vrednost po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

### **Temperatura zraka; hitrost gibanja zraka in relativna vlažnost zraka:**

Povprečne temperature zraka izmerjene v VVE Tinkara se gibljejo med 21,6°C in 23,7°C. Izjema je predzadnji merilni dan, 21.6.2013, ko je bil vroč, poletni dan. Povprečna temperatura zraka izmerjena na merilni dan, 21.6.2014, je bila 27,5°C. Tisti dan je bila zabeležena tudi najvišja temperatura zraka v prostoru izmed vseh izmerjenih, ter majhna amplituda med najvišjo in najnižjo izmerjeno temperaturo zraka. Najvišja temperatura zraka je znašala 28°C, medtem ko amplituda le 0,7°C. Najmanjša amplituda med najvišjo in najnižjo izmerjeno temperaturo zraka je bila izmerjena 14.6.2013. Znašala je le 1,1°C. Skoraj konstantna temperatura zraka v prostoru je posledica zaprtosti prostora. Tekom meritve so bile vse odprtine zaprte, zato se je temperatura zraka počasi dvigovala. Najvišja amplituda je bila izmerjena 7.6.2013. Situacija z odprtinami je tukaj ravno nasprotna v primerjavi z meritvijo 13.6.2013. Meritev je polovica časa potekala v zaprtem prostoru in polovico časa v povsem odprtem, zato pride do višjih razlik. Najnižja izmerjena vrednost temperature zraka je bila 20,4°C. Dosežena je bila 31.5.2013. Isti dan je bila dosežena tudi najnižja temperatura med maksimalno izmerjenimi. Nižje vrednosti so posledica deževja in nizkih zunanjih temperatur.

Povprečne vrednosti relativne vlažnosti zraka so zelo različne. Razlika med najvišjo povprečno relativno vlažnostjo zraka (69,8%) in najnižjo povprečno relativno vlažnostjo zraka (59,6%) je 10%. Najvišja povprečna vrednost relativne vlažnosti zraka (69,8%) je bila dosežena 31.5.2013. Meritev je potekala v deževnem vremenu. Visoka povprečna vrednost (68,1%) je dosežena tudi tekom predzadnjega merilnega dne. Iste dne je bila dosežena maksimalna vrednost povprečne temperature zraka (27,5°C). Meritev je ponovno odvisna od zunanjega okolja, saj je bilo vreme soparno. Najnižja povprečna relativna vlažnost zraka (56,7%) je bila dosežena pri zadnji meritvi (28.6.2013), saj so bile tudi zunanje razmere najbolj suhe. Prav tako kot najvišja povprečna relativna vlažnost zraka (69,8%), je bila tudi najvišja relativna vlažnost zraka (73,3%) izmerjena 31.5.2013. Iste dne je bila dosežena tudi najvišja izmed minimalnih vrednosti relativne vlažnosti zraka (63%). Najnižja relativna vlažnost zraka je bila pridobljena tekom zadnje meritve (28.6.2013) in je znašala 56,7%.

### Subjektivna ocena (anketa):

Preglednica 38: Primerjava rezultatov anket o kakovosti zraka na izbrane merilne dni v VVE Tinkara

VVE	Datum	Število anketirancev	Svež [%]	Primeren [%]	Zatohel [%]	cCO <sub>2,ave</sub> [ppm]
Tinkara	24.5.2013	4	0	100	0	2700
Tinkara	31.5.2013	4	0	75	25	3030
Tinkara	7.6.2013	4	0	75	25	2050
Tinkara	14.6.2013	3	0	33,3	66,7	2300
Tinkara	21.6.2013	4	0	50	50	2275
Tinkara	28.6.2013	4	0	100	0	1600

V preglednici 38 je prikazana primerjava rezultatov anket po posameznih merilnih dnevih. Po odstotkih je prikazan odgovor oseb na vprašanje o kakovosti zraka. Število anketirancev variira med številom 3 in 4. Povprečno število anketirancev je 4. Kot odgovor ni bil nikoli izbran odgovor, da je zrak v prostoru svež. Uporabnikom se je zrak v prostoru zdel povsem primeren na merilna dneva 24.5. in 28.6.2013. V primeru zadnje meritve je zrak bil primeren, medtem ko je bila koncentracija CO<sub>2</sub> v prvem merilnem dnevu nad zahtevanimi vrednostmi. Anketiranci so zrak v večini ocenili kot zatohel dne 14.6.2013, ko je bil raztros vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> majhen in je bila na ta način vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru ves čas visoka. Zrak je bil s 50% ocenjen kot zatohel v primeru predzadnje meritve. Predzadnja meritev je potekala v vročem in soparnem vremenu. Tako je bila poleg visoke koncentracije CO<sub>2</sub>, prisotna tudi visoka temperatura in relativna vlažnost zraka v prostoru.

### Simulacija pretoka zraka:

Preglednica 39: Primerjava rezultatov izračunanih/simuliranih karakterističnih vrednosti pretoka zraka v VVE Tinkara in cCO<sub>2,ave</sub>

VVE	Datum	Povprečni pretok zraka	Maksimalni pretok zraka	Zahtevan pretok zraka	cCO <sub>2,ave</sub> [ppm]
Tinkara	24.5.2013	256 m <sup>3</sup> /h	810m <sup>3</sup> /h	540m <sup>3</sup> /h	2700
Tinkara	31.5.2013	105 m <sup>3</sup> /h	940m <sup>3</sup> /h	600m <sup>3</sup> /h	3030
Tinkara	7.6.2013	297 m <sup>3</sup> /h	590m <sup>3</sup> /h	630m <sup>3</sup> /h	2050
Tinkara	14.6.2013	0 m <sup>3</sup> /h	0m <sup>3</sup> /h	600m <sup>3</sup> /h	2300
Tinkara	21.6.2013	168 m <sup>3</sup> /h	950m <sup>3</sup> /h	480m <sup>3</sup> /h	2275
Tinkara	28.6.2013	19 m <sup>3</sup> /h	118m <sup>3</sup> /h	390m <sup>3</sup> /h	1600

V zgornji preglednici 39 so prikazani rezultati primerjave med simuliranimi vrednostmi pretoka zraka v VVE Tinkara po posameznih merilnih dnevih. Med povprečnimi vrednostmi pretoka zraka najbolj izstopata pretoka z dne, 24.5.2013 in 7.6.2013 (256m<sup>3</sup>/h in 297m<sup>3</sup>/h). Pri prvi meritvi (24.5.2013) je prostor dvakrat prezračen, medtem ko je pri meritvi z dne, 7.6.2013 polovico časa trajanja meritve prostor prazen in prezračen. Četrta meritev (14.6.2013) je potekala ravno med intervali zračenja prostora, tako da se ni odprlo nobeno okno ali vrata. Zato so povprečne vrednosti pretoka zraka enake 0. Maksimalne vrednosti pretoka zraka so, razen pri četrtem (14.6.2013) in zadnjem merjenju (28.6.2013), vseskozi visoke. Zračenje v VVE Tinkara poteka tako, da vzgojiteljice pošljejo otroke iz prostora in odprejo vsa okna. Na ta način ustvarijo prepih, čigar posledica so visoke vrednosti maksimalnega

pretoka zraka. Iz preglednice 39 je razvidno, da nobena izmed povprečnih vrednosti pretoka zraka ne ustreza zahtevam Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb.

## 6. RAZPRAVA

Temperatura, vlaga, gibanje zraka so glavni parametri merjenja kakovosti notranjega zraka ali IAQ (ang. *Indoor Air Quality*). Za določanje ustreznosti prezračevanja je najpomembnejši faktor količina škodljivih snovi ali plinov v zraku. Nekatere snovi in plini nastajajo iz fizioloških stanj uporabnikov prostora. Na drugi strani tudi pohištvo, parket in ostali proizvodi, ki so nastali z lepljenjem ali lakiranjem izločajo pline (npr. VOC's, ang. *Volatile Organic Compounds*). Za oceno kakovosti zraka v diplomski nalogi je najpomembnejši parameter koncentracija CO<sub>2</sub>. Z oceno kakovosti zraka na podlagi koncentracije CO<sub>2</sub> v vzgojno varstvenih enotah (VVE) so se ukvarjali številni avtorji po svetu (Zuraimi, 2007). Na Danskem (Pejtersen s sod., 1991) in v Kanadi (Daneault s sod., 1992) so bile izmerjene podobne povprečne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub>, ki so merile od 1400 do 1500ppm. Zabeležene so bile tudi višje vrednosti koncentracij CO<sub>2</sub> (Lundqvist s sod., 1982), ki so merile 4000ppm.

S področja raziskovanja parametrov kakovostnega notranjega zraka se ukvarjajo številni avtorji (St-Jean s sod. 2012, Gładyszewska-Fiedoruk, 2013). St-Jean s sod. (2012) so preučevali kvaliteto notranjega zraka v dnevno varstvenih centrih za otroke v Montrealu. Preiskava je potekala v enaindvajsetih dnevno-varstvenih centrih z vsaj 40 otroki. Ugotovili so, da jih ima 81% mehansko prezračevanje, vendar ima še vseeno 85% zavodov previsoko raven CO<sub>2</sub>, priporočeno za udobno bivanje (1000ppm). S pomočjo Spearmanove korelacijske funkcije so ugotovili odnos med CO<sub>2</sub> koncentracijo in uporabno površino prostora na enega otroka. V študiji so potrdili odnos med koncentracijo CO<sub>2</sub> in relativno vlažnostjo. Gładyszewska-Fiedoruk (2013) je preučevala korelacijo med relativno vlažnostjo in koncentracijo CO<sub>2</sub> v vrtcih. V preiskavah se je ukvarjala z vrtci z naravnim načinom prezračevanja. Rezultati študije so pokazali, da je odnos med relativno vlažnostjo zraka i CO<sub>2</sub> v 61%. Korelacija med relativno vlažnostjo in CO<sub>2</sub> je v 61% skorajda idealen. Poleg tega opozarja na neustreznost senzorjev za nadzor menjavanja zraka. Ti povečini uporabljajo relativno vlažnost kot indikator neustreznosti kvalitete notranjega zraka. Pomanjkljivost tovrstnega senzorja je v tem, da centralno ogrevanje zrak suši, s tem znižuje relativno vlažnost, četudi je CO<sub>2</sub> raven zelo visoka. Avtorji študije zato predlagajo uporabo CO<sub>2</sub> senzorjev. Meritve (Gładyszewska-Fiedoruk, 2013) so pokazale, da so CO<sub>2</sub> koncentracije v dopoldanskem času ustrezne, medtem ko so v popoldanskem času povečini nad priporočili (1000ppm).

Rezultati meritev med montažno in klasično zgrajenim vrtcem v diplomski nalogi so pokazali podobne ugotovitve.

V preglednici 40 so prikazane koncentracije CO<sub>2</sub>, temperature zraka v prostoru, relativne vlažnosti zraka in pripadajoče povprečne, maksimalne ter minimalne vrednosti v VVE Tinkara in VVE Mojca.

Preglednica 40: Primerjava koncentracije CO<sub>2</sub>, temperature zraka, relativne vlažnosti zraka v prostoru in pripadajočih povprečnih, maksimalnih ter minimalnih vrednosti v VVE Tinkara in VVE Mojca po posameznih merilnih dnevih

	Datum	24.5.2013	31.5.2013	7.6.2013	14.6.2013	21.6.2013	28.6.2013
Zasedenost	VVE Mojca	74	84	79	89	63	53
	VVE Tinkara	67	76	81	76	57	43
cCO <sub>2,ave</sub> [ppm]	VVE Mojca	2400	2400	2150	1050	600	1400
	VVE Tinkara	2700	3030	2050	2300	2275	1600
cCO <sub>2,max</sub> [ppm]	VVE Mojca	3050	3200	2680	1780	670	1610
	VVE Tinkara	3400	3550	3030	2800	2720	1840
cCO <sub>2,min</sub> [ppm]	VVE Mojca	1550	1450	1500	450	490	1000
	VVE Tinkara	1750	1820	1000	1830	1270	1300
Tia <sub>ave</sub> [°C]	VVE Mojca	18,9	21,2	21,1	20,1	26,1	19,8
	VVE Tinkara	23,1	21,6	23,8	23,7	27,5	22,2
Tia <sub>max</sub> [°C]	VVE Mojca	19,6	22,1	22	22,4	26,7	20,8
	VVE Tinkara	24,2	22,3	24,7	24,2	28	22,8
Tia <sub>min</sub> [°C]	VVE Mojca	17,7	19,4	19,4	18,4	25,7	16,2
	VVE Tinkara	21,8	20,4	22,2	23,1	26,8	21,3
RHia <sub>ave</sub> [%]	VVE Mojca	70,3	66,7	74,4	65,7	66,2	65,3
	VVE Tinkara	63,2	69,8	65,2	63,6	68,1	59,6
RHia <sub>max</sub> [%]	VVE Mojca	72,9	71,9	77	67,3	68,3	73,7
	VVE Tinkara	64,7	73,3	71,2	64,7	70,6	62,7
RHia <sub>min</sub> [%]	VVE Mojca	66	62	72,8	64	61,8	61
	VVE Tinkara	59,9	63	63	61,7	58,6	56,7

Zasedenost igralnice je v vseh primerih, razen dne, 7.6.2013, višja v igralnici VVE Mojca kot v igralnici VVE Tinkara. V zadnjih dveh merilnih dneh je pri obeh VVE vidno zmanjšanje števila otrok, zaradi začetka šolskih počitnic. Iz analize je izvzeta meritev iz dne 21.6.2013, saj je bila igralnica ves čas prezračevana in v drugem delu meritve tudi prazna. Povprečna vrednost in minimalna dosežena vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> v prostoru je v VVE Tinkara skoraj v vseh merjenjih višja kot v VVE Mojca. Povprečna in minimalna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> sta manjši le pri meritvi dne, 7.6.2013. Maksimalne dnevne koncentracije CO<sub>2</sub> so pri vseh meritvah višje v VVE Tinkara. Odstopanje je posledica tega, da v VVE Tinkara polovico časa meritve ni bilo prisotnih otrok. Višje karakteristične vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v VVE Tinkara kot v VVE Mojca so smiselne.

Meritve v VVE Tinkara so se začele kasneje kot v VVE Mojca, zato so bile že začetne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> visoke. Pri začetku meritev v VVE Mojca so bile vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> vedno nizke, saj je bil prostor pred začetkom varstva dobro prezračen. Prezračevalne navade v VVE Tinkara niso najbolj učinkovite. Prostor je na hitro prezračen, vendar vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> padejo za polovico. V VVE Mojca so okna sicer priprta, vendar so odprta za daljše časovno obdobje, kar se odrazi v nižjih koncentracijah CO<sub>2</sub>.

Končne ugotovitve glede na:

- a) Meritve koncentracije CO<sub>2</sub> so pokazale, da so povprečne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> v VVE Tinkara so v vseh primerih, razen pri zadnji meritvi višje od dopustnih. Na drugi strani so v VVE Mojca nad dopustnimi vrednostmi prve 3 meritve. Povprečje vseh meritev v VVE Mojca je le 1% nad zahtevanimi, medtem ko je povprečje vseh meritev v VVE Tinkara 40% nad zahtevanimi po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb.
- b) Simulirane povprečne vrednosti pretoka zraka v VVE Tinkara so večje kot v VVE Mojca. Na prvi pogled izmerjene koncentracije CO<sub>2</sub> niso odvisne od pretoka zraka v prostoru, saj je pretok višji v VVE Tinkara, kjer so tudi vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> višje. Povprečno vrednost pretoka zraka zvišujejo predvsem kratki intervali zračenja, ki pa so glede zmanjševanja koncentracije CO<sub>2</sub> učinkoviti le kratek čas. Poleg tega je v VVE Mojca prostornina igralnice za 55% manjša od VVE Tinkara. Glede na Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb noben od izračunov ne zadošča predpisanim vrednostim pretoka zraka v prostoru.

Priporočila: Za obe VVE smo ugotovili, da je kakovost zraka večino časa neprimerna, saj koncentracije CO<sub>2</sub> kot dober pokazatelj kakovosti zraka večino časa zelo presegajo predpisane vrednosti. Ker gre za občutljive skupine uporabnikov, moramo biti na takšne razmere zelo pozorni, tudi zaradi daljših časov izpostavljenosti. Pri obeh VVE bi bilo potrebno povečati intenzivnost prezračevanja in prezračevanje zagotoviti skozi cel čas prisotnosti otrok v prostorih. Le tako bi lahko zagotavljali nižjo koncentracijo CO<sub>2</sub> v prostoru. Iz rezultatov meritev je razvidno, da občasno prezračevanje ne prinese zadovoljivih rezultatov.

Subjektivna ocena kakovosti notranjega zraka je bila izvedena s pomočjo anket. V VVE Mojca je anketo izpolnjevalo od 3 do 6 oseb, medtem ko v VVE Tinkara od 3 do 4 osebe. Zrak so vsi anketiranci v VVE Mojca označili kot primeren v 50% merjenj, medtem ko so v VVE Tinkara ga kot primernega označili v 33%. V ostalih primerih je bil zrak ocenjen tudi kot deloma svež, oziroma deloma zatohel. Z objektivno oceno se bolj skladajo ankete opravljene v VVE Tinkara. Glede na visoke vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> je bil zrak ocenjen kot deloma zatohel v 66% merilnih dni. Na drugi strani je bil v VVE Mojca zrak ocenjen kot zatohel le v primeru drugega merilnega dne, ko je 50% anketirancev menilo, da je zrak slab. V primeru prvega in zadnjega merilnega dne so anketiranci v VVE Mojca zrak označili tudi kot deloma svež. Opcija svežega zraka ni bila nikoli uporabljena v VVE Tinkara.

## 7. ZAKLJUČEK

Namen diplomske naloge je izvesti primerjavo kakovosti zraka v dveh VVE v Grosuplju. Primerjava se izvede na podlagi merjenih in računanih koncentracij CO<sub>2</sub> v prostoru. Ostali merjeni parametri kakovosti zraka v prostoru so bili temperatura zraka, relativna vlažnost zraka in hitrost gibanja zraka. V študijo sta vključena dva objekta, ki se razlikujeta po načinu gradnje. VVE Mojca je zgrajena iz prefabriciranih modularnih enot, medtem ko je VVE Tinkara zgrajena klasično iz opeke in armiranega betona.

Merjene podatke sem pridobil z meritvami na terenu. V posamezni VVE je bilo izvedenih šest merjenj parametrov kakovosti notranjega zraka na objektivni in subjektivni ravni. Na posamezno merjenje je bilo opravljenih od 10 do 12 meritev, ki so bile izvedene v časovnih intervalih od 2 do 20 minut. Dolžina intervala je bila odvisna od sprememb v prostoru, predvsem od odpiranja in zapiranja oken oziroma vrat. Pridobljeni podatki o koncentraciji CO<sub>2</sub> so služili kot vhodni podatki za izračun pretoka zraka v prostoru. S programom CONTAM so bili po iterativnem postopku pridobljeni podatki o pretoku zraka. S študijo vpliva položaja odprtih in geometrije prostora so bila pridobljena izhodišča za določitev ukrepov obstoječega stanja in priporočil. Rezultate koncentracij CO<sub>2</sub> sem vrednotil na podlagi zahtevanih vrednosti po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb in priporočilih ASHRAE standardov. Kriterij za pretok zraka sem oblikoval glede na zahtevane vrednosti po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Subjektivna ocena kakovosti zraka se je vrednotila na podlagi anket o udobju bivalnega okolja. Vsako merjenje se je izpolnilo od 3 do 4 ankete, na podlagi katerih se je vrednotila subjektivna ocena kakovosti zraka.

Kakovost notranjega zraka je z vidika koncentracije CO<sub>2</sub> boljša v VVE Mojca kot v VVE Tinkara. Vse izmerjene povprečne vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so višje v VVE Tinkara kot v VVE Mojca. Povprečna vrednost koncentracije CO<sub>2</sub> vseh meritev je v VVE Tinkara 40% nad zahtevano po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. V VVE Mojca je polovico povprečnih izmerjenih koncentracij CO<sub>2</sub> nad zahtevanimi po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji. V obeh VVE je kakovost zraka slaba in neprimerna glede na zahteve Pravilnika o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Izmerjene vrednosti koncentracije CO<sub>2</sub> so v nekaterih primerih dvakrat višje od dopustnih, kar je glede na občutljivost uporabnikov prostora zaskrbljujoče. Kakovost zraka je pri vseh meritvah boljša v montažno zgrajenem vrtcu. Povprečna koncentracija CO<sub>2</sub> na podobna merjenja je za 12 do 25% višja v VVE Tinkara kot v VVE Mojca.

Programsko orodje CONTAM omogoča zelo dobro simuliranje koncentracij CO<sub>2</sub> in pretoka zraka. Vrednosti pretoka zraka so določene v Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Določene so tako, da bi morala biti celotna prostornina zraka v prostoru VVE Mojca zamenjana šestkrat, medtem ko v VVE Tinkara trikrat. Z obstoječim sistemom prezračevanja je tovrstne vrednosti nemogoče doseči. Vrednosti merjenih in izračunanih se v vseh primerih merjenj dobro ujemajo. Naravno prezračevanje je v obeh VVE slabo urejeno. Pretoki zraka so prenizki in v noben izmed merjenj ne ustrezajo vrednostim po Pravilniku o prezračevanju in klimatizaciji stavb. V VVE Mojca so pretoki zraka od 40 do 3 krat prenizki od zahtevanih. Na drugi strani so VVE Tinkara povprečni pretoki zraka boljši, vendar še vedno od 2 do 20 krat nižji od zahtevanih.

Subjektivna ocena kakovosti zraka je vrednotena na podlagi anket. Glede na visoke vrednosti koncentracij CO<sub>2</sub> je bilo za pričakovati slabe ocene kakovosti zraka. V večini primerov je bil zrak nepričakovano ocenjen kot primeren. Objektivna ocena kakovosti zraka se s subjektivno oceno bolj sklada v VVE Tinkara. Anketiranci v VVE Tinkara so skladno z objektivno slabo oceno kakovosti zraka nekajkrat izbrali opcijo, da je zrak v prostoru zatohel.

Kakovost zraka z vidika koncentracije CO<sub>2</sub> je v obeh VVE slaba. Primerjalna študija kakovosti zraka pokaže boljše rezultate kakovosti zraka v montažno grajenem vrtcu (VVE Mojca), kot v klasično grajenem (VVE Tinkara). Glavna vzroka slabe kakovosti notranjega zraka sta neugodne fizične lastnosti prostora in slabe prezračevalne navade uporabnikov. Za obe VVE smo ugotovili, da je kakovost zraka večino časa neprimerna, saj koncentracije CO<sub>2</sub> kot dober pokazatelj kakovosti zraka, večino časa presegajo zahtevane vrednosti. Ker gre za občutljive skupine uporabnikov, moramo biti na takšne razmere zelo pozorni, tudi zaradi daljših časov izpostavljenosti. Pri obeh VVE bi bilo potrebo povečati intenzivnost prezračevanja in prezračevanje zagotoviti skozi cel čas prisotnosti otrok v prostorih. Le tako bi lahko zagotovili nižjo koncentracijo CO<sub>2</sub> v prostoru. Iz rezultatov meritev je razvidno, da občasno prezračevanje ne prinese zadovoljivih rezultatov.



## VIRI

### UPORABLJENI VIRI:

Šabec, A. 2013. Šabec, A. 2013. Primerjalna študija svetlobnega in toplotnega udobja med montažnim in klasično zgrajenim vrtcem. Diplomski naloga. Ljubljana, (Samozaložba, A. Šabec): 95 str.

Dovjak, M., Shukuya, M., Olesen, B. W., Krainer, A. 2010. Analysis on exergy consumption patterns for space heating in Slovenian buildings. Energy policy. 38, 6: 2998-3007.

Krainer, A., Košir, M., Kristl, Ž., Dovjak, M. 2008. Pasivna hiša proti bioklimatski hiši. Gradbeni vestnik, 57, 3: 58-68.

### OSTALI VIRI:

Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014.  
URL: <http://www.arso.gov.si/> (Pridobljeno dne 22. 5. 2014.)

ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010: 2010. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality. ASHRAE Standards Committee, ASHRAE Boards of Directors, American National Standards Institute, Nevada, Atlanta.

Daneault, S., Beausoleil, M., Messing, K. 1992. Air Quality during winter in Quebec day care centers, American Journal of Public Health 82: 432-434.  
URL: <http://ajph.aphapublications.org/doi/abs/10.2105/AJPH.82.3.432>  
(Pridobljeno: 22. 5. 2014.)

Direktiva 2010/31/EU EVROPSKEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 19. maja 2010 o energetske učinkovitosti stavb.

Gładyszewska-Fiedoruk, K. 2013. Correlations of air humidity and carbon dioxide concentration in the kindergarten. Energy and buildings 62: 45-50.  
URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778813001461>  
(Pridobljeno: 22. 5. 2014.)

Google Earth. 2014.  
URL: <http://www.google.com/earth/> (Pridobljeno 22. 5. 2014.)

Lundqvist, G.R., Iversen, M., Korsgaard, J. 1982. Indoor climate in low ventilated day care institutions, Environment Internatiol 8: 139-142.  
URL: <http://www.aivc.org/resource/indoor-climate-low-ventilated-day-care-institutions>  
(Pridobljeno: 22. 5. 2014.)

Pejtersen, J., Clausen, G., Sorensen, D., Quistgaard, D., Iwashita, G., Zhang, Y., Fanger, P.O. 1991. Air pollution sources in kindergartens. In: Proceedings of the IAQ '91 Healthy Buildings, Washington, DC, Atlanta, GA: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc.: str. 221-224.

Pravilnik o normativih in minimalnih tehničnih pogojih za prostor in opremo vrtca. Uradni list RS, št. 73/2000: 16-17.

Pirc, J. 2014. Študija kakovosti zraka v montažno in klasično grajenem vrtcu.  
Dipl. nal. – UNI. Ljubljana, UL FGG, Odd. za gradbeništvo, Konstrukcijska smer.

---

Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb. Uradni list RS št. 42/02 in 105/02:1-10.

Pravilnik o učinkoviti rabi energije. Uradni list RS št. 52/2010:1-9.

RS Components Branch Network. 2014.

URL: <http://uk.rs-online.com/web/p/anemometers/4245320/> (Pridobljeno 22. 5. 2014.)

SIST CR 1752:1999. Prezračevanje zgradb – Merila za projektiranje notranjega okolja.

SIST DIN 1946-6. Prezračevanje bivalnih prostorov.

SIST ISO 7730:2006. Ergonomija toplotnega okolja – Analitično ugotavljanje in interpretacija toplotnega ugodja z izračunom PMV in PPD vrednosti ter merili za lokalno toplotno ugodje (ISO 7730:2005).

Statistični urad Republike Slovenije. 2013.

URL: <http://www.stat.si/> (Pridobljeno 12.10. 2013.)

St-Jean, M. 2012. Indoor air quality in Montreal area day-care centres, Canada. Environmental Research 118: 1-7.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935112001971>  
(Pridobljeno: 22. 5. 2014.)

VVZ KEKEC, Grosuplje. 2014.

URL: [http://www.vrtec-kecec.si/aktualne\\_novice/](http://www.vrtec-kecec.si/aktualne_novice/) (Pridobljeno 22. 5. 2014.)

Uredba (EU) št. 305/2011 EVROPSLEGA PARLAMENTA IN SVETA z dne 9. marca 2011 o določitvi usklajenih pogojev za trženje gradbenih proizvodov in razveljavitvi Direktive Sveta 89/106/EGS.

Zakon o graditvi objektov. Uradni list RS št. 110/2002: 2-8.

Zakon o varnosti in zdravju pri delu. Uradni list RS št. 56/99: 1-27.

Zakon o vrtcih. Uradni list RS št 12/96 in 44/00: 15-31.

Zuraimi, M.S., Tham, K.W. 2007. Indoor air quality and its determinants in tropical child care centers, Atmospheric Environment 42: 2225-2239.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231007010916>  
(Pridobljeno: 22. 5. 2014.)

## **KAZALO PRILOG**

PRILOGA A: REZULTATI MERITEV VVE MOJCA.....	A
PRILOGA B: REZULTATI MERITEV VVE TINKARA.....	B

Ta stran je namenoma prazna.

## PRILOGA A: REZULTATI MERITEV VVE MOJCA

24.5.2013

Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	Način prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hitrost gibanja zraka	Vlažnost
				24.5.2013 14/19+vzgojteljica					
Grosuplje	8:30	1563	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	18,5	ZAJTRK	0,05	66
	8:40	1780	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19,2	ZAJTRK	0,1	66,2
	8:50	2100	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	18,8	KONEC ZAJTRKA	0,08	69,8
	8:56	2245	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO (2s)	18,8	KROG	0,01	71
	9:10	2478	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19	KROG	0,01	71,8
	9:20	2960	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19	IGRANJE	0,01	71,8
	9:21	2870	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19	IGRANJE	0,06	70,7
	9:22	2700	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19	IGRANJE	0,06	72,9
	9:30	2215	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	17,7	IGRANJE	0,06	72,9
	9:40	2590	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	18,9	IGRANJE	0,06	70,5
	9:50	3045	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19,6	IGRANJE	0,03	69,8

Kraj	Čas	CO2 noter	Status okna	Način prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hitrost gibanja zraka	Vlažnost
				31.5.2013 16/19+vz.gojiteljica					
Grosuplje	8:20	1675	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19,9	IGRA	0,08	64
	8:28	1452	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO (na stežaj)	20,2	IGRA	0,01	63
	8:30	1653	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,6	IGRA	0,05	62
	8:40	1865	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19,4	ZAJTRK	0,04	69,5
	8:50	2160	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,1	ZAJTRK	0,03	66,6
	8:54	2276	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO (kratek čas)	21,5	ZAJTRK	0,02	65
	9:00	2440	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22	ZAJTRK	0,06	66,6
	9:04	2647	ODPRTO (kratek čas)	NARAVNO	ZAPRTO	22	KROG	0,04	64,9
	9:10	2540	PRIPRT SREDNJI	NARAVNO	ZAPRTO	22,1	KROG	0,01	65,4
	9:20	2640	PRIPRT SREDNJI	NARAVNO	ZAPRTO	21,9	KROG	0,04	67
	9:30	2586	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,7	IGRA	0,01	71,9
	9:40	2916	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,5	IGRA	0,02	69,9
	9:45	3040	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,8	IGRA	0,02	68,8
	9:50	3187	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,1	IGRA	0,04	69,2

7.6.2013

		7.6.2013		15/21+vzgojiteljica									
Kraj	Čas	CO2 noter	Status okna	Nacin prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hitrost gibanja zraka	Vlažnost				
Grosuplje	8:30	1578	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,8	IGRA	0,06	77				
	8:40	1520	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	19,4	ZAJTRK	0,01	76,8				
	8:50	1880	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,6	ZAJTRK	0,04	75,2				
	8:55	2350	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,9	ZAJTRK	0,04	75,4				
	9:00	2280	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,2	KROG	0,04	74,3				
	9:10	2020	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,2	KROG	0,05	73,6				
	9:15	2020	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,3	IGRA	0,06	73,1				
	9:25	2235	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,6	IGRA	0,02	73				
	9:32	2450	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,7	IGRA	0,04	73,8				
	9:38	2660	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22	IGRA	0,04	72,8				
	9:50	2682	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,5	IGRA	0,04	73,4				
		2152,273	#DEL/0!	#DEL/0!	#DEL/0!	21,10909		0,04	74,4				





**21.6.2013**

		21.6.2013		12/21+vzgojiteljica									
Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	N način prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hlrost gibanja zraka	Vlačnost				
Grosuplje	8:15	650	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ZAPRTO	26,7	ZAJTRK	0,04	61,8				
	8:25	610	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ODPRTO	25,8	ZAJTRK	0,03	66				
	8:30	530	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ODPRTO	25,7	ZAJTRK	0,02	64,6				
	8:35	620	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ZAPRTO	25,9	ZAJTRK	0,04	66,3				
	8:40	610	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ZAPRTO	25,9	ZAJTRK	0,03	66				
	8:45	620	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ZAPRTO	26	ZAJTRK	0,02	65,8				
	8:50	670	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ZAPRTO	25,9	ZAJTRK	0,04	68,3				
	8:55	670	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ODPRTO	26	IGRA	0,03	67,7				
	9:00	595	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ODPRTO	26,2	PRAZNO	0,03	68				
	9:05	540	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ODPRTO	26,2	PRAZNO	0,03	67,7				
	9:10	520	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ODPRTO	26,3	PRAZNO	0,02	66,9				
	9:15	490	ODPRTA VRATA	NARAVNO	ODPRTO	26,5	PRAZNO	0,01	65,5				

**28.6.2013**

Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	Način prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Htirost gibanja zraka	Vlažnost
				28.6.2013 10/21+vzgojteljici					
Grosuplje	8:15	956	ZAPRTA	NARAVNO	ZAPRTO	16,2	ZAJTRK	0,01	73,7
	8:25	1050	ZAPRTA	NARAVNO	ZAPRTO	18,6	ZAJTRK	0,04	68,1
	8:30	1150	ZAPRTA	NARAVNO	ZAPRTO	18,8	ZAJTRK	0,04	67,7
	8:35	1320	ZAPRTA	NARAVNO	ZAPRTO	19,7	ZAJTRK	0,02	67,1
	8:40	1450	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,1	KROG	0,04	66,4
	8:45	1520	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,3	KROG	0,01	65,8
	8:50	1480	NA POL ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,4	KROG	0,01	64,4
	8:55	1505	NA POL ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,5	RISANJE	0	63,6
	9:00	1490	NA POL ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,6	RISANJE	0,02	63,8
	9:05	1450	NA POL ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,6	RISANJE	0	63
	9:10	1470	NA POL ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,7	RISANJE	0,01	62
	9:15	1450	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,7	IGRA	0,03	61
	9:20	1610	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,8	IGRA	0,03	62

## PRILOGA B: REZULTATI MERITEV VVE TINKARA

24.5.2013

Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	Nacin prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hitrost gibanja zraka	Vlažnost
				24.5.2013					
				14(15)/19+vzgojiteljici					
Grosuplje	10:30	3080	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,8	PLES	0,04	63,5
	10:40	3375	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	24,2	IGRA	0,08	63,2
	10:50	3402	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,2	IGRA	0,05	65
	10:53	1765	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,4	IGRA	0,1	59,9
	11:00	2200	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,1	IGRA	0,08	61,6
	11:15	2960	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,3	IGRA	0,03	63,5
	11:25	3038	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,6	IGRA	0,04	63,2
	11:45	1850	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,8	IGRA	0,06	63,9
	11:55	2520	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,7	KOSILO	0,06	64,7

**31.5.2013**

B2

		31.5.2013									
		16/21+vzgojiteljici									
Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	Način prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hlrost gibanja zraka	Vlažnost		
Grosuplje	10:15	2990	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,8	MRNA IGRA	0,04	68,5		
	10:25	3270	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,6	MRNA IGRA	0,04	71,1		
	10:35	3400	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,6	MRNA IGRA	0,05	71,5		
	10:45	3426	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO	21,3	MRNA IGRA	0,04	72		
	10:55	3550	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,3	MRNA IGRA	0,03	73,3		
	11:05	3420	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	20,4	MRNA IGRA	0,04	76,8		
	11:15	3540	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,8	MRNA IGRA	0,05	71,2		
	11:25	1820	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,6	PRAZNO	0,06	63		
	11:30	2420	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,1	KOSILO	0,05	66,1		
	11:40	2680	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,3	KOSILO	0,05	66,6		
	11:45	2799	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,3	KOSILO	0,03	67,2		



**14.6.2013**

B4

		14.6.2013											
		16/21 + vzgojiteljici											
Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	Način prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hitrost gibanja zraka	Vlažnost				
Grosuplje	8:55	1830	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,1	ZAJTRK	0,06	63,7				
	9:00	1900	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO	23,6	IGRA	0,03	63				
	9:05	1972	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,7	KROG	0,02	62,2				
	9:10	2010	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,9	KROG	0,02	61,7				
	9:15	2140	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,6	KROG	0,01	63,4				
	9:20	2220	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,5	RISANJE	0,01	63,8				
	9:25	2340	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,5	RISANJE	0,02	64				
	9:30	2460	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,6	RISANJE	0,02	64,6				
	9:35	2500	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,7	RISANJE	0,04	64,7				
	9:40	2530	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	23,7	RISANJE	0,01	64,2				
	9:45	2810	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	24,1	RISANJE/IGRA	0	63,9				
	9:50	2820	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	24,2	RISANJE/IGRA	0,03	63,8				

**21.6.2013**

B5

		21.6.2013		16/21 +vzgojiteljici									
Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	Nacin prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hitrost gibanja zreka	Vlažnost				
Grosuplje	9:30	1980	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	26,8	IGRA	0	69,7				
	9:35	2150	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	26,9	IGRA	0	70				
	9:40	2360	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,1	IGRA	0	70,6				
	9:45	2420	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,3	IGRA	0	70,6				
	9:50	2420	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,6	IGRA	0	69,4				
	9:55	2470	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,6	IGRA	0	69,7				
	10:00	2500	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,7	IGRA	0,02	69,7				
	10:05	2580	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,8	MALJICA	0,02	69,7				
	10:10	2690	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO	28	IGRA	0	68,5				
	10:15	2780	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO	27,9	PRAZNO	0	69				
	10:20	1680	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,8	PRAZNO	0,01	62				
	10:25	1270	ODPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	27,8	PRAZNO	0,02	58,6				

**28.6.2013**

		28.6.2013 9/21+vzgojiteljici											
Kraj	Čas	CO2 noter	Status oken	Nacin prezračevanja	Status vrat	T noter	Aktivnost	Hlrost gibanja zraka	Vlažnost				
Grosuplje	9:35	1290	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,5	IGRA	0	61,5				
	9:40	1330	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,8	IGRA	0,04	60				
	9:45	1400	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,3	IGRA	0	62,7				
	9:50	1500	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	21,8	IGRA	0,04	62				
	9:55	1520	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,1	IGRA	0,01	59,2				
	10:00	1420	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,2	IGRA	0,04	57,4				
	10:05	1630	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,3	MALICA	0	59,1				
	10:10	1730	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,6	MALICA	0	58,9				
	10:15	1810	ZAPRTO	NARAVNO	ZAPRTO	22,8	PRAZNO	0	59				
	10:20	1840	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO	22,7	PRAZNO	0,02	59,1				
	10:25	1840	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO	22,7	PRAZNO	0,03	59,1				
	10:30	1720	ZAPRTO	NARAVNO	ODPRTO	22,7	PRAZNO	0,05	56,7				