



Gimnazija Franca Miklošiča Ljutomer

## **Izplinjevanje formaldehida iz sten in pohištva vrtcev ter njegova vsebnost v otroških igračah**

Raziskovalna naloga

Področje: interdisciplinarno (kemija, ekologija, tehnika)

Avtorici: Daša Smodiš

Nika Maučec

Mentorica: Mateja Godec, prof.

Somentor: Matjaž Dlouhy, mag. kem.

Ljutomer, 2022

## **ZAHVALA**

Zahvaljujeva se vsem, ki so nama pomagali pri izdelavi najine raziskovalne naloge. Iskrena hvala za vso pomoč, oporo in vzpodbude, brez katerih najina naloga ne bi bila tako uspešna. Posebna zahvala gre mentorici Mateji Godec, ki naju je usmerjala pri raziskovanju in somentorju Matjažu Dlouhyju, ki nama je pomagal priti do zastavljenih ciljev. Hvala tudi vsem javnim vzgojnim zavodom v regiji, ki so prepoznali pozitiven namen raziskovalne naloge in se odzvali na vabilo za sodelovanje, saj brez njihovega odziva izdelava te raziskovane naloge ne bi bila možna.

Zahvaljujeva se tudi profesorjema Mojci Rižnar Nedeljko in Saši Pergarju, ki sta najino nalogo lektorirala in pomagala pri prevodih v angleščino.

## KAZALA

### VSEBINA

1	Uvod .....	6
1.1	Opredelitev raziskovalnega problema.....	6
1.2	Hipoteze.....	6
1.3	Načrt raziskovanja .....	7
2	Teoretični del.....	8
2.1	Hlapne organske spojine (HOS) .....	8
2.1.1	Vpliv na zdravje .....	9
2.1.2	Okoljska problematika .....	10
2.2	Formaldehid.....	10
2.2.1	Splošno.....	10
2.2.2	Zanimivost.....	11
2.2.3	Toksičnost, nevarnost .....	11
2.2.4	Reaktivnost.....	12
2.2.5	Zaščita in čiščenje.....	12
2.2.6	Mejne vrednosti .....	13
2.2.7	Možni načini izpostavljenosti.....	14
3	Eksperimentalni del.....	15
3.1	Naprave in reagenti .....	15
3.2	Postopki dela .....	15
3.2.1	Standardizacija formaldehida .....	16
3.3	Priprava umeritvene krivulje .....	18
3.4	Dokazovanje prisotnosti formaldehida v zaprtih prostorih .....	21
3.4.1	Določanje količine formaldehida v vzorcih iz vrtcev:.....	24
3.5	Dokazovanje prisotnosti formaldehida v igračah .....	26
4	Ugotovitve .....	28
5	Zaključek.....	32
6	Viri in literatura .....	33
6.1	Viri vsebine .....	33
6.2	Viri slik.....	34
6	Priloga.....	35

## KAZALO SLIK

Slika 1: Izvori hlapnih organskih spojin v hiši .....	8
Slika 2: Vplivi hlapnih organskih spojin na človeško telo .....	9
Slika 3: Zaradi HOS pride do nastanka smoga .....	10
Slika 4: Kroglični model formaldehida.....	11
Slika 5: GHS piktogrami, ki opozarjajo na nevarnost formaldehida.....	12
Slika 6: Natrijev tiosulfat v bireti .....	16
Slika 7: Titriranje.....	17
Slika 8: Raztopini pred titriranjem (levo) in po titriranju (desno) .....	17
Slika 9: Segrevanje v vodni kopeli .....	19
Slika 10: Merilni valji z raztopinami različnih koncentracij formaldehida z dodanim organskim reagentom za umeritveno krivuljo .....	19
Slika 11: Primer vzorca, ki je bil nastavljen v vrtcu .....	21
Slika 12: Nastavljen vzorec iz vrtca.....	22
Slika 13: Spektrofotometer z valovno dolžino 436 nm.....	24

## KAZALO TABEL

Tabela 1: Količine in absorbance za umeritveno krivuljo.....	18
Tabela 2: Lastnosti in pogoji v vrtcih .....	23
Tabela 3: Vrednosti vzorcev iz filtrirnega papirja.....	25
Tabela 4: Vrednosti vzorcev iz vate .....	26
Tabela 5: Podatki in slike igrač .....	27
Tabela 6: Podatki in slike igrač – nadaljevanje tabele.....	<b>Napaka! Zaznamek ni definiran.</b>
Tabela 7: Vrednosti oz. koncentracije pri igračah .....	27

## KAZALO GRAFOV

Graf 1: Umeritvena krivulja .....	21
Graf 2: Prikaz koncentracije formaldehida glede na tip vzorčevalnika.....	28
Graf 3: Primerjava koncentracij formaldehida s številom oseb v posameznem prostoru .....	29

## POVZETEK

Hlapne organske spojine (HOS) so spojine, ki so pri sobni temperaturi v plinastem stanju in so prisotne tako v zaprtih kot odprtih prostorih, zato je izpostavljenost le-tem neizogibna. V kolikor je izpostavljenost HOS dolgotrajna oz. preveč intenzivna, lahko pride do različnih zdravstvenih težav, zato sva želeli raziskati, v kakšnih prostorih je delež teh spojin največji in kako bi ga lahko potencialno zmanjšali. V raziskovalni nalogi sva se osredotočili na eno izmed najpogostejših in eno izmed najbolj zdravju škodljivih hlapnih organskih spojin – formaldehid. Odločili sva se za raziskovanje v vrtčevskem okolju, saj količina hlapnih organskih spojin lahko še posebej slabo vpliva na majhne otroke, saj imajo manjše respiratorne organe in tanjše sluznice, kar pomeni, da lahko spojine iz pljuč prej difundirajo v celice. Tako sva vzorce, s katerimi sva merili količino formaldehida v zraku postavili v več vrtčevskih igralnic in poskušali raziskati, kateri dejavnik je tisti, ki najbolj vpliva na količino te spojine v prostoru. Poleg tega pa naju je zanimalo še, ali je formaldehid prisoten tudi v otroških igračah, zato sva raziskali tudi, kakšne igrače oz. igrače iz katerih materialov so glede vsebnosti teh strupenih spojin otrokom najbolj prijazne.

**Ključne besede:** hlapne organske spojine, formaldehid, vrtci, igrače, analiza vzorcev

## ABSTRACT

Volatile organic compounds (voc) are compounds that are gaseous at room temperature and are present both indoors and outdoors, so exposure to them is unavoidable. However, if exposure to vocs is prolonged or too intense, it can lead to various health problems. Therefore, we wanted to investigate which rooms have the highest levels of these compounds and how they could potentially be reduced. In this research project, we focused on one of the most common volatile organic compounds, formaldehyde. We chose to do our research in a nursery environment, as the amount of vocs can have a particularly bad effect on young children. We put samples to measure the amount of formaldehyde in the air in several nursery playrooms and tried to find out which factor has the biggest impact on the amount of formaldehyde in the room. We also wanted to know whether formaldehyde is also present in children's toys, so we investigated which toys and which toy materials are the most child-friendly in terms of the content of these toxic compounds.

**Key words:** volatile organic compounds, formaldehyde, kindergartens, toys, analysis of samples

# 1 UVOD

Ob razmišljanju, kaj bi raziskovali, sva naključno naleteli na članek o hlapnih organskih spojinah. Tema naju je pritegnila in zdelo se nama je zelo zanimivo, da bi o tem raziskali še kaj več. Tako sva se odločili raziskati količine sproščenega formaldehida iz sten in pohištva zaprtih prostorov in otroških igrač. Tema se nama zdi aktualna, saj je ta hlapna organska spojina prisotna pravzaprav vsepovsod v vsakdanjem življenju, tako v barvah, lakih, voskih, kot tudi čistilih. Veliko ljudi ne pozna te spojine, prav tako pa ne njenih učinkov, ki so lahko ob večji oz. dolgotrajnejši izpostavljenosti zdravju precej škodljivi na kratki rok, dolgoročno pa lahko privedejo do številnih resnejših zapletov. Želeli sva raziskati, kateri dejavniki vplivajo na koncentracijo formaldehida v zraku in v kolikšni meri se ta razlikuje od prostora do prostora. Ker otroci pri igri v vrtcih in doma uporabljajo veliko različnih igrač, sva želeli preveriti, katere vrste igrač vsebujejo najmanj formaldehida in preveriti, ali se proizvajalci igrač držijo mejnih koncentracij formaldehida v materialih igrač.

## 1.1 OPREDELITEV RAZISKOVALNEGA PROBLEMA

V najini raziskovalni nalogi želiva raziskati, koliko formaldehida lahko najdemo v ozračju zaprtih prostorov in otroških igračah, v vzgojnih ustanovah tj. vrtcih. Raziskali bova, kateri dejavniki vplivajo in kako vplivajo na izmerjene količine formaldehida. Z razumevanjem teh dejavnikov lahko ustanovam zagotovimo čim manjšo izpostavljenost tem škodljivim spojinam.

Preden sva se lotili raziskovanja, sva si postavili nekaj ciljev:

- preveriti, ali lahko s preprostimi vzorčevalniki določimo koncentracijo formaldehida iz ozračja z validirano spektroskopsko metodo,
- analizirati, ali v kateri igralnici, katerega izmed vrtcev količina metanala presega določene mejne vrednosti na nivoju države,
- ugotoviti, kateri dejavnik najbolj vpliva na to, da je vsebnost formaldehida v prostoru velika ali majhna,
- raziskati, ali otroške igrače vsebujejo formaldehid ter ugotoviti, kako na količino vplivajo materiali iz katerih so igrače narejene.

## 1.2 HIPOTEZE

Na podlagi ciljev, ki sva si jih postavili na začetku, sva oblikovali nekaj hipotez:

1. Vzorčevalnik za določanje formaldehida v zraku lahko pripravimo iz običajnih materialov, kot sta na primer filter papir ali vata.
2. Na koncentracijo formaldehida v zraku bodo vplivali različni dejavniki iz okolja.
3. Koncentracije formaldehida v prostorih vrtcev bodo znotraj zakonsko določenega (mejnega) koncentracijskega območja.
4. Koncentracija formaldehida v igračah bo odvisna od starosti igrače in materialov, iz katerega je sestavljena.
5. Vse igrače bodo znotraj dovoljenih mejnih vrednosti glede vsebnosti formaldehida.

### 1.3 NAČRT RAZISKOVANJA

Pri izdelavi raziskovalne naloge bova uporabljali različne metode raziskovanja. To so :

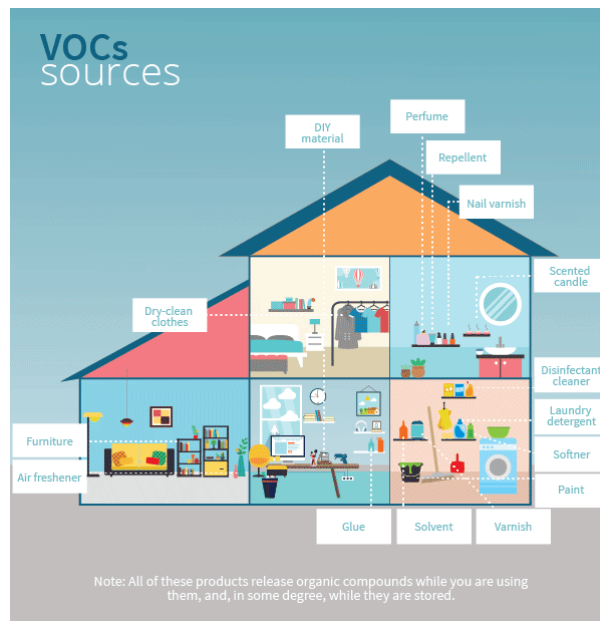
- analiza virov, kjer bova preučevali in med sabo primerjali različne verodostojne vire in literaturo ter tako raziskali že znane podatke o temi,
- metodo spraševanja, kjer bova s pomočjo anket dobili poročila o različnih dejavnikih v prostorih, kjer se bodo nahajali vzorčevalniki, npr. starost stavbe in pohištva, temperatura in velikost prostorov, prezračevanje, koliko oseb se nahaja v prostori ipd.,
- eksperimentalno delo v laboratoriju, v sklopu katerega bova izvedli volumetrično titracijo za standardizacijo formaldehida in spektrofotometrično metodo za določitev umeritvene krivulje in merjenje formaldehida na vzorčevalnikih iz vrtcev in igrač,
- opisna metoda, s katero bova opisali dobljene rezultate.

## 2 TEORETIČNI DEL

### 2.1 Hlapne ORGANSKE SPOJINE (HOS)

Hlapne organske spojine so spojine, ki imajo visok parni tlak, nizko topnost v vodi in zlahka hlapijo pri sobni temperaturi. Imajo nizko molekulsko maso in jih najdemo v vseh živih bitjih. Sestavljajo jih atomi ogljika, običajno s kombinacijo atomov vodika, kisika, fluora, klora, broma, žvepla ali dušika [1,2].

Hlapne organske spojine najdemo tako doma, kot na delovnem mestu ali v šoli, zato je izpostavljenost HOS v zraku neizogibna. V zaprtih prostorih je lahko koncentracija HOS tudi do desetkrat višja kot na odprtem. Mnoge hlapne organske spojine so kemikalije umetnega izvora, ki se uporabljajo in proizvajajo pri sintezi barv, farmacevtskih izdelkov in hladilnih sredstev, tekstilni industriji, pohištveni in gradbeni industriji in drugod. Kot sestavine pa so prisotne tudi v gospodinjskih izdelkih, kot so laki, barve, voski, številni izdelki za čiščenje, razkuževanje, razmaščevanje in kozmetiko. Vsi ti izdelki lahko sproščajo organske spojine medtem, ko jih uporabljamo in do neke mere tudi takrat, ko so shranjeni. Prav tako se HOS sproščajo pri gorenju goriv, kot so bencin, les, premog in zemeljski plin, izhajajo pa tudi iz dizelskih izpušnih plinov [1,2].



Slika 1: Izvori hlapnih organskih spojin v hiši.

Hlapne organske spojine razvrščamo glede na molekularno strukturo ali funkcionalno skupino. Sem spadajo alifatski ogljikovodiki, aromatični ogljikovodiki, alkoholi, etri, estri, aldehidi itd [3]. Pogosti primeri HOS, ki so lahko prisotni v našem vsakdanjem življenju, so benzen, etilen glikol, formaldehid, metilen klorid, tetrakloretilen, toluen, ksilen in 1,3-butadien [4].



### 2.1.1 VPLIV NA ZDRAVJE

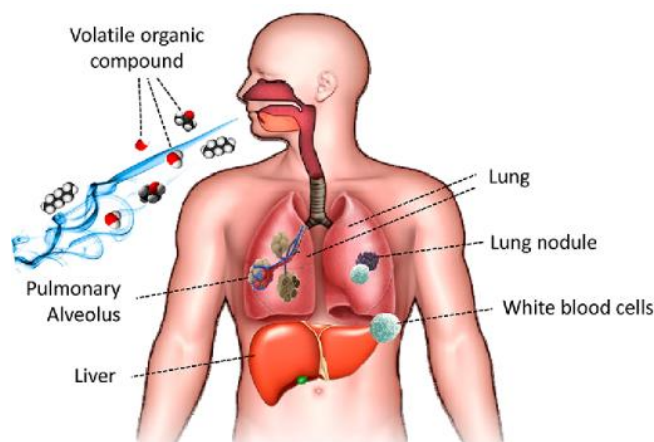
V vsakdanjem življenju so HOS velikokrat prisotne. Kot smo že omenili, jih najpogosteje najdemo v oblikah benzena, etilen glikola, formaldehida, metilen klorida, tetrakloretilena, toluena, ksilena in 1,3-butadiena. Vse te organske spojine pa imajo tudi svoje, predvsem negativne učinke na organizem. Potrjeno je, da hlapne organske spojine na dolgi rok lahko škodujejo zdravju, in pustijo posledice do konca življenja. HOS so skupina kemikalij, ki imajo različne učinke pri različnih koncentracijah, saj ima vsaka spojina drugačno strupenost. Tveganje za razvoj in poslabšanje raznih bolezni je odvisno od koncentracije kemikalij v zraku, kako dolgo in kako pogosto jih oseba vdihuje [4].

Če je izpostavljenost visokim koncentracijam HOS akutna/kratkoročna (nekaj ur/dni), se lahko pojavijo:

- glavobol,
- slabost/bruhanje,
- vrtoglavica,
- draženje nosu in grla.

V kolikor pa je ta izpostavljenost večja/kronična (več let ali celo življenje), se lahko pojavijo:

- simptomi astme,
- rak,
- poškodbe jeter in ledvic,
- poškodbe centralnega živčevja.



Slika 2: Vplivi hlapnih organskih spojin na človeško telo.

Ljudje, ki imajo dihalne težave že pred stikom s temi snovmi, pa tudi majhni otroci, starejši ljudje in ljudje s povečano občutljivostjo na kemikalije, so bolj dovzetni za draženje in posledično pojav bolezni na račun hlapnih organskih spojin.

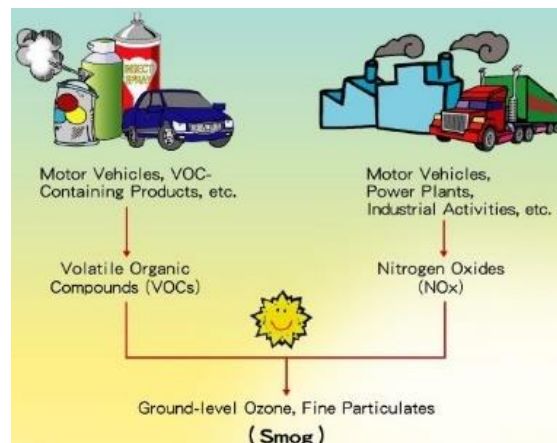
V raziskovalni nalogi se najbolj osredotočava na eno izmed manjših hlapnih organskih spojin, to je formaldehid, ki je ravno zaradi svoje lahкости in majhnosti med najpogostejšimi in bolj nevarnimi HOS [1]. Na zdravje ima ob redni in dolgotrajni izpostavljenosti enake učinke kot vse druge HOS in sva jih našteji že prej. Pomembno pa je, da se majhne količine formaldehida lahko absorbirajo tudi skozi kožo, spojina pa se tudi hitro presnavlja, ko ga dihamo, pijemo ali jemo, saj je izredno vodotopna in posledično hitro difundira v kri in druge organe, še posebej pri mlajših otrokih [4].

## 2.1.2. OKOLJSKA PROBLEMATIKA

Poleg tega, da se hlapne organske spojine nahajajo v številnih potrošniških izdelkih, kot so barve, laki in podobno, pa so prisotne tudi v naftnih derivatih. Motorna vozila in plovila oddajajo HOS, ki sčasoma povzročajo onesnaženost ozračja in smog.

Hlapne organske spojine imajo pomembno vlogo pri tvorbi ozona in drobnih delcev v ozračju. Pod sončno svetlobo reagirajo z dušikovimi oksidi, ki jih oddajajo predvsem vozila, elektrarne in industrijske dejavnosti ter tvorijo ozon, ki posledično pomaga pri nastajanju drobnih nanodelcev. Kopičenje ozona, drobnih delcev in drugih plinastih onesnaževal povzroča smog, ki v veliki meri prispeva k podnebnim spremembam. Hkrati pa smog lahko draži naše oči, nos in grlo, poslabša težave s srcem in dihanjem, še posebej pri starejših in otrocih. Na onesnaženje s smogom so najbolj občutljivi ljudje, ki se veliko časa zadržujejo na prostem, dolgotrajna izpostavljenost pa lahko povzroči trajno poškodbo pljučnega tkiva in vpliva na imunski sistem. Poleg tega smog poslabša vidljivost in negativno vpliva na turizem.

Smog je še posebej povečan pri močni sončni svetlobi in stagnirajočih vremenskih razmerah, npr. pri bližajočem se tajfunu ali severnih vetrovih, ki so pogosti jeseni [5].

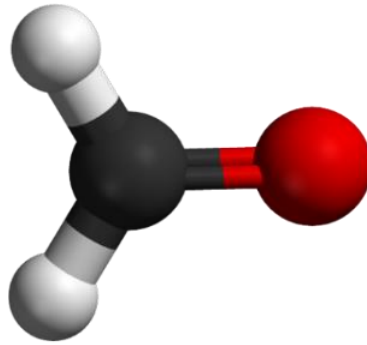


Slika 3: Zaradi HOS pride do nastanka smoga.

## 2.2 FORMALDEHID

### 2.2.1 SPLOŠNO

Formaldehid je brezbarven, zelo vnetljiv in reaktiven plin z močnim vonjem. Spada v skupino organskih spojin, imenovanih aldehidi, ki nastanejo z oksidacijo primarnih alkoholov. Formaldehid je najenostavnejši izmed njih, njegova empirična formula je  $\text{H}_2\text{CO}$ , njegovo ime po IUPAC nomenklaturi je metanal. V zraku se hitro razgradi – običajno le v nekaj urah. Formaldehid je topen v vodi, etanolu in dietil etru ter se uporablja v raztopini oz. v polimerizirani obliki (paraformaldehid). V vodni raztopini tvori hidrat  $\text{H}_2\text{C}(\text{OH})_2$ , ki se imenuje formalin. Molekulska masa formaldehida je 30,03 g/mol, njegova gostota je 1,083 g/ml, tališče ima pri  $-92\text{ }^\circ\text{C}$ , vrelišče pa pri  $-21\text{ }^\circ\text{C}$ . Formaldehid ima tudi izjemno visok parni tlak, ta pri  $20\text{ }^\circ\text{C}$  za 30 % raztopino formaldehida znaša 1,73 hPa, kar pomeni da je to izjemno hlapna spojina že pri sobnih pogojih. Njegova oblika molekule je trigonalna planarna in jo prikazuje slika 4 [6].



Slika 4: Kroglični model formaldehida.

### 2.2.2 ZANIMIVOST

Industrijsko pridobivajo formaldehid s katalitsko oksidacijo metanola, pri kateri nastane vodik, ali v postopku imenovanem Formox (oksidacija metanola). Je izhodna spojina za izdelavo sečninskih smol in polimera paraformaldehida, ki se uporablja kot dezinfekcijsko sredstvo in konzervans.

Formaldehid je vmesni produkt celičnega metabolizma pri sesalcih. 70 kg težek človek ustvari od 61 do 92 g formaldehida na dan. Poleg tega je naravno prisoten tudi v jabolkah, grozdju, mesu in ribah, kavi, alkoholnih pijačah in v manjših količinah v svežem mleku. V atmosferi nastaja tekom fotokemičnih reakcij ogljikovodikov ali pri nepopolnem izgorevanju fosilnih goriv in biomase. Izgorevanje lesa in goriv je prevladujoč antropogeni vir te spojine v atmosferi. Radioastronomi so formaldehid dokazali kot prvo večatomarno molekulo v večih regijah naše galaksije [7].

### 2.2.3 TOKSIČNOST, NEVARNOST

Formaldehid ima naslednje varnostne oznake:

- zelo vnetljiv plin,
- smrtno pri vdihavanju,
- povzroča resno draženje oči,
- lahko povzroči raka pri vdihavanju,
- lahko povzroči alergijsko reakcijo kože.
- Lahko povzroči draženje dihal [8].

Akutni učinki izpostavljenosti formaldehidu v zraku: zaznavanje vonja, 0,05-1,0 ppm; draženje oči, 0,01-2 ppm; draženje zgornjih dihalnih poti (npr. draženje nosu ali grla), 0,10-11 ppm; nižje draženje dihalnih poti (npr. kašelj, stiskanje v prsnem košu in piskanje), 5-30 ppm; pljučni edem, vnetje, pljučnica, 50-100 ppm; Smrt >100 ppm [9].



Slika 5: GHS piktogrami, ki opozarjajo na nevarnost formaldehida.

V primeru stika z veliko koncentracijo formaldehida se je potrebno primerno odzvati oziroma reagirati:

- V primeru vdihavanja plina, je potreben svež zrak in počitek. Če je stanje hujše, je lahko potrebno tudi umetno dihanje. V tem primeru je nujna tudi zdravniška pomoč.
- Pri stiku z kožo je možen nastanek rdečice. Potrebno je odstraniti kontaminirana oblačila ter kožo sprati z veliko vode. V primeru slabega počutja je potrebno poiskati zdravniško pomoč.

Pri stiku z očmi, jih je nujno izprati z veliko vode in takoj poiskati zdravniško pomoč [10].

Specifičnega protistrupa v primeru zaužitja formaldehida ni. Če je bil zaužit, se lahko opravi izpiranje želodca, pod pogojem, da se sprejmejo vsi varnostni ukrepi proti nenamernemu vdihavanju. V vseh primerih zastrupitve s formaldehidom je nujno vzdrževanje ravnovesja elektrolitov in ustrezno zdravljenje.

Znan je tudi podatek o letalni dozi:

- LD<sub>50</sub>(oralno za miš): 42 mg/kg [9],
- LD<sub>50</sub>(z vdihavanjem pri podganah): 0,578 mg/L 4h,
- LD<sub>50</sub>(dermalno pri zajcih): 220,1 mg/kg,
- LD<sub>50</sub>(oralno pri podganah): 100 mg/kg [11].

## 2.2.4 REAKTIVNOST

Delovna območja, kjer vemo, da je prisotna ali smatramo, da je lahko prisotna takšna količina formaldehida, da je dosežena spodnja meja eksplozije (7 % prostornine zraka), moramo obravnavati kot območja z nevarnostjo požara in eksplozije, saj je formaldehid izjemno hlapen. Prostori, v katerih so vodne raztopine formaldehida in paraformaldehida shranjeni ali ravnani pri normalni temperaturi (pod plameniščem) niso v nevarnosti eksplozije [8].

## 2.2.5 ZAŠČITA IN ČIŠČENJE

Pred čiščenjem razlitih raztopin formaldehida je potrebno, da si nadenemo masko za zaščito pred vdihavanjem in primerna zaščitna oblačila (zaščitna očala, zaščitne rokavice, gumijasti škornji, zaščitna obleka) [8].

Za brisanje razlitega formaldehida moramo uporabiti vpojni papir. Sledi pranje površine z milom in vodo. Vse odpadke je potrebno tesno spraviti v plastične vrečke, večje količine pa bi morale biti zbrane s črpanjem v posode ali z uporabo sorbentov. Raztopine, ki vsebujejo formaldehid onesnažujejo vodo in jih je treba varno odstraniti. Prav tako absorbenti, ki vsebujejo formaldehid, ali zemlja, onesnažena s formaldehidom, mora biti odstranjena na primeren način [8].

Delovna oblačila in osebna zaščitna oprema, vključno z zaščitnimi oblačili, kontaminirana s formaldehidom ali paraformaldehidom, morajo biti očiščena ali uničena. Če se prevažajo, morajo biti formaldehidni odpadki jasno označeni [8].

### 2.2.6 MEJNE VREDNOSTI

Zaradi škodljivih učinkov formaldehida je uporaba le tega omejena. Mejna vrednost formaldehida v zaprtem, delovnem prostoru je 0,75 ppm v časovni izpostavljenosti 8 ur. Pri kratkoročni izpostavljenosti, do 15 minut pa je največja dovoljena vrednost formaldehida 2 ppm. Največja dovoljena vrednost formaldehida v bivalnih prostorih oz. doma pa je 0,1 ppm. Večja vrednost ni priporočena in je lahko že nevarna [12].

Mejne vrednosti so pri posameznih vrstah materialov različne, odvisne pa so tudi od države. Dovoljene vsebnosti formaldehida v Sloveniji so:

- 1,5 mg/L za igrače iz polimernih materialov (migracijska meja),
- 0,1 ml/m<sup>3</sup> za igrače iz lesenih materialov vezanih s smolo (emisijska vrednost),
- 30 mg/kg za igrače iz tekstilnih materialov (dejanska mejna vrednost),
- 30 mg/kg za igrače iz usnja (dejanska mejna vrednost),
- 30 mg/kg za igrače iz papirja (dejanska mejna vrednost).

Vsebnosti formaldehida včasih niso pravilno ocenjene zaradi dodajanja barvil. Vsaka dodatna barvila, dodana barvi za obarvanje lahko vsebujejo od 5 do 20 gramov HOS. Temna barva naj bi vključevala še precej več različnih dodatnih umetnih barvil in vsebovala do 300 ali več gramov HOS na galono barve [7].

Zaradi varnosti otrok, ki velikokrat dajejo v usta igrače iz materialov, ki vsebujejo formaldehid, je svetovna zdravstvena organizacija (WHO) določila dopustni dnevni vnos (TDI) formaldehida, ki ga je potrdil Znanstveni odbor o aditivih za živila, aromah, pomožnih tehnoloških sredstvih in materialih za stik z živili (AFC) Evropske agencije za varnost hrane. TDI je bil določen na 0,15 mg/kg telesne teže na dan [13].

Mejne vrednosti HOS v zraku v zaprtih prostorih prav tako določene. Objavljajo jih AGBB, AFSSET, Kalifornijsko ministrstvo za javno zdravje in drugi. Dani predpisi so prispevali k zmanjšani ravni HOS [13].

Na Zavodu za gradbeništvo Slovenije izvajajo metodo s specialno komoro. Hlapne organske substance, ki se lahko sprostijo po namestitvi v prostoru, ujamejo v komori, vzorčeni zrak pa naprej skladno s standardizirano metodo analizirajo ter izvedejo kvalitativno in kvantitativno vrednotenje. Rezultat se tako poda bodisi v določenem volumnu vzorčenega zraka bodisi preračunano na standardno evropsko sobo, v µg/m<sup>3</sup>. V standardu so podrobno definirani tudi drugi pogoji testiranja, kot so: temperatura, relativna vlažnost, pretok in hitrost zraka, priprava testiranca, časovno spremljanje testiranja in drugi. Vsi ti parametri pomembno vplivajo na emisije HOS iz materialov in izdelkov v okolje [14].

Po podatkih Svetovne zdravstvene Organizacije (WHO) je bila koncentracija formaldehida v šolah in vrtcih v povprečju od 0,002 do 0,05 mg/m<sup>3</sup> [15].

## 2.2.7 MOŽNI NAČINI IZPOSTAVLJENOSTI

Izpostavljenost formaldehidu je možna na več načinov, to so:

- ob vdihavanju,
- ob zaužitju,
- z dermalno absorpcijo,
- ob izmenjavi krvi.

### 2.2.7.1 Vdihavanje

Če predpostavimo, da povprečna odrasla oseba vdiha  $20 \text{ m}^3$  in se zadržuje 60-70 % časa doma, 25 % na delovnem mestu, ter 10% nekje na prostem, pridemo do povprečne dnevne izpostavljenosti 1 mg/dan. Ta pa se viša/niža tudi glede na vrsto poklica. Pri osebah z visoko izpostavljenostjo v službi, na primer pri proizvodnji smole in formaldehida, je ta količina bistveno večja.

Količina vdihanega formaldehida pa je višja tudi pri kadilcih, saj se le ta nahaja tudi v cigaretnem dimu. Izmerjene koncentracije v cigaretah so bile  $60\text{-}130 \text{ mg/ m}^3$ , kar predstavlja še dodaten 1mg/dan, v primeru če kadilec pokadi 20 cigaret na dan [16].

### 2.2.7.2 Zaužitje

Formaldehid se nahaja tako v vodi kot v hrani, vendar so koncentracije v tekočinah tako majhne, da jih lahko zanemarimo (manj kot  $0,1 \text{ mg/L}$ ).

Različna živila so lahko kontaminirana s formaldehidom zaradi procesa fumigacije (npr. žita), zaradi kuhanja (kot produkt zgorevanja) ali zaradi pribora, ki vsebuje to snov. Sadje in zelenjava sta primera hrane, ki vsebujeta formaldehid že sami po sebi. Količina le tega je majhna, ter se običajno giblje od  $3\text{-}60 \text{ mg/kg}$ . Mleko in mlečni izdelki vsebujejo približno  $1 \text{ mg/kg}$ , meso in ribe pa  $6\text{-}20 \text{ mg/kg}$ . Glede na te podatke je ocenjen vnos formaldehida z zaužitjem za povprečno odraslo osebo od  $1,5$  do  $14 \text{ mg/dan}$  [16].

### 2.2.7.3 Dermalna absorpcija

Kozmetični produkti, ki vsebujejo formaldehid, lahko pridejo v stik z lasmi (šamponi za lase), z kožo (dezodoranti, kreme), očmi (maskara, make-up za oči), nohti (laki za nohte). Vsi ti produkti vsebujejo zelo nizke koncentracije te snovi, zato lahko količino izpostavljenosti z dermalno absorpcijo zanemarimo [16].

## 3 EKSPERIMENTALNI DEL

### 3.1 NAPRAVE IN REAGENTI

Pri eksperimentalnem delu, sva potrebovali številne raztopine, in naprave:

- merilne bučke, volumen 50 ml,
- merilne bučke, volumen 100 ml,
- erlenmajerice, volumen 100 ml,
- merilne in polnilne pipete,
- amonijev acetat,
- očetna kislina,
- pentan-2,4-dion,
- klorovodikova kislina, 1 mol/L
- raztopina natrijevega hidroksida, 1 mol/L,
- sveže pripravljena raztopina škroba 2 g/L,
- raztopina formaldehida (37 wt% ),
- standardna raztopina joda,
- standardna raztopina natrijevega tiosulfata 0,1 mol/L,
- destilirana voda,
- pinceta,
- 250 ml steklenica s ploščatim podnožjem, vijačnim vratom in gumo, obloženo s PTFE septum,
- magnetno mešalo.

### 3.2 POSTOPKI DELA

Analizo formaldehida sva pripravili po standardiziranem validiranem postopku, ki je opisan v viru: A. Pisal, Determination of Formaldehyde Content in Toys using UV/Vis Spectrometry, b.d.

Postopek raziskovanja sva začeli s pripravo vseh potrebnih reagentov. Najprej sva pripravili reagent s pentan-2,4-dionom in reagent brez pentan-2,4-diona, ki sva ga uporabili za slepo probo.

#### **PRIPRAVA REAGENTA Z PENTAN-2,4-DIONOM:**

V 25 ml vode sva raztopili 7 g brezvodnega amonijevega acetata, 0,3 ml ledene očetne kisline in 0,2 ml pentan-2,4-dion ter razredčili do oznake v 100-mililitrski merilni bučki z vodo.

#### **PRIPRAVA REAGENTA BREZ PENTAN-2,4-DIONA:**

V 25 ml vode sva raztopili 7 g brezvodnega amonijevega acetata in 0,3 ml ledene očetne kisline ter razredčili do oznake v 100-mililitrski merilni bučki z vodo.

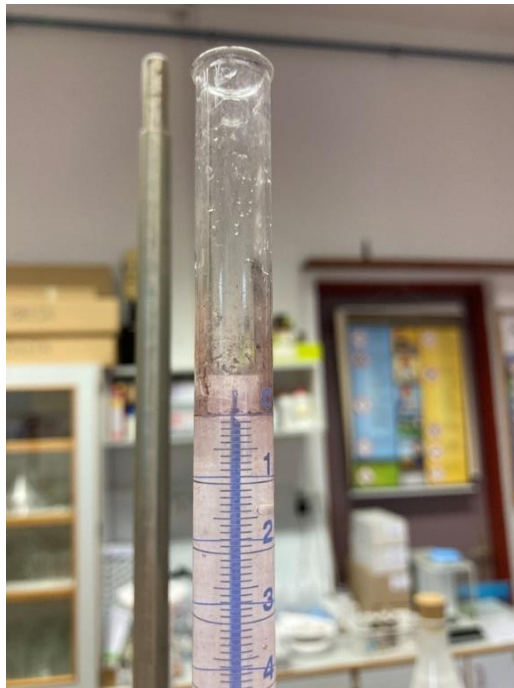
Poleg teh dveh reagentov sva za potek raziskovanja morali pripraviti še druge raztopine. Raztopino natrijevega hidroksida, klorovodikovo kislino, raztopino natrijevega tiosulfata, standardno raztopino joda in sveže pripravljeno raztopino škroba.

1. Za pripravo 0,1 mol/l raztopine natrijevega hidroksida sva odmerili 4g NaOH in dopolnili do oznake v 100 ml bučki.
2. Pripravili sva 1 M raztopino s klorovodikovo kislino, tako, da sva odmerili 8,29 ml HCl z masnim deležem 0,37 in gostoto 1,19 g/ml ter dopolnili do oznake v 100 ml bučki.
3. Raztopino natrijevega tiosulfata ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) sva pripravili tako, da sva stehtali 1,58g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , dali v bučko in dopolnili do 100 ml.

Raztopino formaldehida sva za standardizacijo morali razredčiti v 1000 ml bučki, tako, da sva v bučko prenesli 5,0 ml raztopine formaldehida in z vodo dopolnili do oznake. Dobljeno osnovno raztopino formaldehida sva standardizirali, da sva dokazali točnost koncentracije formaldehida.

### 3.2.1 STANDARDIZACIJA FORMALDEHIDA

10,0 ml sveže pripravljene raztopine formaldehida sva prenesli v stožčasto bučko, dodali 25,0 ml standardne raztopine joda in 10,0 ml raztopine natrijevega hidroksida. Raztopino sva pustili stati 5 minut. Nato sva jo nakisali z 11,0 ml klorovodikove kisline in titrirali za presežek joda s standardno raztopino natrijevega tiosulfata.



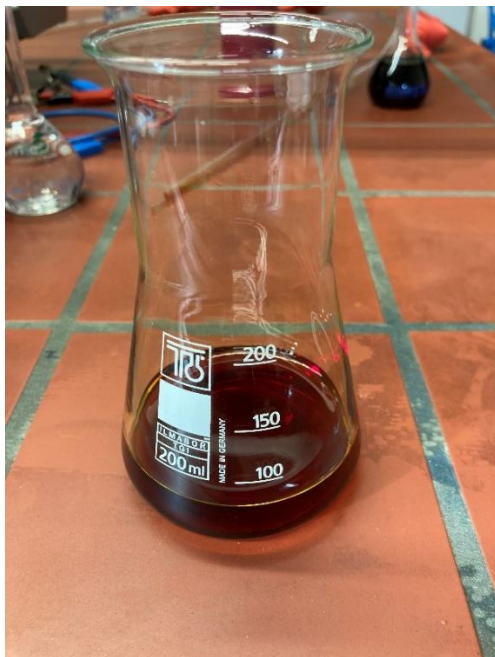
Slika 6: Natrijev tiosulfat v bireti.

Pred dodatkom 0,1 ml škrobne raztopine je barva raztopine blede barve. Po dodatku škrobne raztopine, se je barva takoj spremenila v globoko modro-črno. Titracijo sva nadaljevali do tega, da se je barva spremenila iz globoko modro-črne v brezbarvno. Podobno je bila izvedena slepa titracija. Razlika med titracijo vrednosti slepega in dejanskega vzorca sva uporabili za izračun vsebnosti formaldehida v osnovni raztopini. Ugotovljeno je bilo, da je koncentracija formaldehida 2,597 g/l. Izračuni so prikazani spodaj.

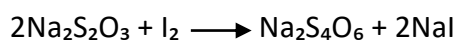
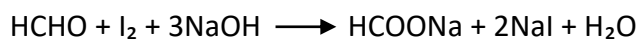




Slika 7: Titriranje.



Slika 8: Raztopini pred titranjem (levo) in po titranju (desno).

**Izračuni:**

Množinska koncentracija natrijevega tiosulfata ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) je bila 0,1 M. Pri titraciji dejanskega vzorca je del joda zreagiriral s formaldehidom, presežek joda pa sva titrali z natrijevim tiosulfatom, dokler se raztopina z jodom ni razbarvala. Volumen porabljenega  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  ( $V_1$ ) je bil 1,9 ml. Podobno sva izvedli slepo probo, le da v tem primeru formaldehida nisva dodali in

jod z njim ni mogel zreagirati, zato sva za razbarvanje raztopine z jodom porabili več natrijevega tiosulfata in sicer 19,2 ml ( $V_2$ ).

Izračunali sva množino porabljenega  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  v obeh primerih:

$$n_1(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = c \times V = 0,1 \text{ M} \times 0,0192 \text{ L} = 0,00192 \text{ mol}$$

$$n_2(\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3) = c \times V = 0,1 \text{ M} \times 0,0019 \text{ L} = 0,00019 \text{ mol}$$

Obe množini sva zaradi razmerja med  $\text{I}_2$  in  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (1:2) v enačbi delili z 2 in dobili množini porabljenega joda.

$$n_1(\text{I}_2) = 0,00192 \div 2 = 0,00096 \text{ mol}$$

$$n_2(\text{I}_2) = 0,00019 \div 2 = 0,000095 \text{ mol}$$

Razliko med množinama porabljenega joda sva zaradi razmerja 1:1 enačili z množino formaldehida.

$$\Delta n(\text{I}_2) = n(\text{HCHO}) = 0,00096 \text{ mol} - 0,000095 \text{ mol} = 0,000865 \text{ mol}$$

Množino formaldehida sva pomnožili z volumnom raztopine, ki je bil 10 ml in tako izračunali dejansko koncentracijo formaldehida v raztopini, ki sva jo uporabili za titracijo. Koncentracija je znašala 0,0865 mol/L. Iz tega sva izračunali še masno koncentracijo formaldehida v raztopini, katere vrednost je bila 2,597 g/L.

Preden sva pripravili umeritveno krivuljo, sva prej dobljeno osnovno raztopino formaldehida še dodatno redčili. Vzeli sva 2,5 ml osnovne raztopine in jo prenesli v 50-ml merilno bučko, dobro premešali in razredčili z vodo do oznake. 1 ml novonastale raztopine sva še razredčili v 100-ml bučki z vodo do oznake in še enkrat dobro premešali.

### 3.3 PRIPRAVA UMERITVENE KRIVULJE

Pripravili sva si šest merilnih valjev za šest različnih vzorcev, prvi je bil slepa proba, torej vanj nisva dali formaldehida, v ostale pa sva prenesli različne koncentracije formaldehida, kot prikazuje tabela. V vsakega izmed merilnih valjev sva dodali še reagent s pentan-2,4-dionom in jih dopolnili z vodo do oznake 30 ml.

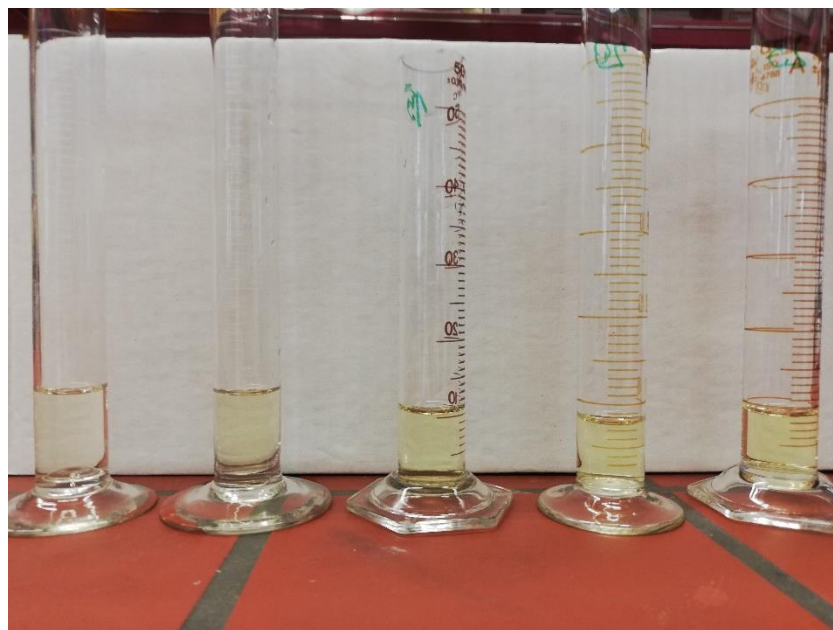
Tabela 1: Količine in absorbance izmerjene pri 436 nm za umeritveno krivuljo.

	Količina formaldehida v ml	Količina pentan-2,4-dion reagenta v ml	Absorbanca, izmerjena s spektrofotometrom pri valovni dolžini 436 nm
Vzorec 1 (slepa proba)	0,0	5,0	0,000
Vzorec 2	5,0	5,0	0,033
Vzorec 3	10,0	5,0	0,071
Vzorec 4	15,0	5,0	0,123
Vzorec 5	20,0	5,0	0,158
Vzorec 6	25,0	5,0	0,203

Raztopine sva pustili stati 20 minut, da so se različno obarvale. Po 20 minutah sva vse raztopine prenesli v označene epruvete in jih segrevali na vodni kopeli pri temperaturi  $60,0\text{ }^{\circ}\text{C}$  35 minut. Nato sva vse raztopine naenkrat položili v ledeno kopel, kjer so se hladile 2 minuti. Vzorce sva prelili v kivete in s pomočjo spektrofotometra izmerili koncentracijo formaldehida pri valovni dolžini  $436\text{ nm}$ . Rezultati oz. absorbance so prikazani v zgornji tabeli 1.



Slika 9: Segrevanje v vodni kopeli.



Slika 10: Merilni valji z raztopinami različnih koncentracij formaldehida z dodanim organskim reagentom za umeritveno krivuljo.

Na podlagi meritev sva oblikovali umeritveno krivuljo, ki sva jo v nadaljevanju uporabili pri določanju količine formaldehida v vzorcih iz vrtčevskih igralnic in vzorcih igrač. Na os y v grafu sva nanegli absorbance, pridobljene iz spektrofotometra, na os x pa izračunane koncentracije

formaldehida, ki sva jih dobili z izračunom standardizacije ob upoštevanju vseh redčenj raztopine.

**Izračun koncentracij formaldehida na podlagi standardizacije ob upoštevanju redčenja:**

Najprej sva vzeli 2,5 ml osnovne raztopine formaldehida, ki sva jo pripravili za standardizacijo in izračunali množino formaldehida v tej raztopini:

$$2,5 \text{ ml} \times 0,0865 \frac{\text{mol}}{\text{L}} = 2,1625 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

2,5 ml odmerjene raztopine sva dali v 50 ml bučko, dopolnili z vodo in tako raztopino razredčili. Izračunali sva množinsko koncentracijo formaldehida v tej razredčeni raztopini.

$$c = \frac{0,00021625 \text{ mol}}{0,05 \text{ L}} = 4,325 \times 10^{-3} \text{ M}$$

Nato sva odmerili 1ml te raztopine, ki je imela množino  $4,325 \times 10^{-6} \text{ mol}$  in dopolnili do oznake v 100 ml bučki. Izračunali sva koncentracijo novonastale, še dodatno razredčene raztopine.

$$c = \frac{4,325 \times 10^{-6} \text{ mol}}{0,1 \text{ L}} = 4,325 \times 10^{-5} \text{ M}$$

S pomočjo te koncentracije sva zračunali še masno koncentracijo formaldehida, ki je bila 1,2988 mg/L.

$$\gamma = \frac{n \times M}{V} = c \times M = 4,325 \times 10^{-5} \text{ M} \times 30,03 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,2988 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Iz raztopine s to masno koncentracijo, sva za umeritveno krivuljo vzeli 6 različnih volumnov (0, 5, 10, 15, 20, 25 ml), jih dali vsakega v svoj merilni valj in vsakemu dodali 5 ml reagenta pentan-2,4-dion in dopolnili z vodo do 30 ml. Izračunali sva masno koncentracijo formaldehida v vsaki izmed raztopin in te koncentracije uporabili za umeritveno krivuljo (os x).

Računi:

$$m_0 = 0 \text{ mL} \times 1,2988 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0 \text{ mg}$$

$$\gamma_0 = \frac{0 \text{ mg}}{0,03 \text{ L}} = 0,0000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$m_1 = 5 \text{ mL} \times 1,2988 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0,006494 \text{ mg}$$

$$\gamma_1 = \frac{0,006494 \text{ mg}}{0,03 \text{ L}} = 0,2165 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$m_2 = 10 \text{ mL} \times 1,2988 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0,012988 \text{ mg}$$

$$\gamma_2 = \frac{0,012988 \text{ mg}}{0,03 \text{ L}} = 0,4329 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$m_3 = 15 \text{ mL} \times 1,2988 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0,019482 \text{ mg}$$

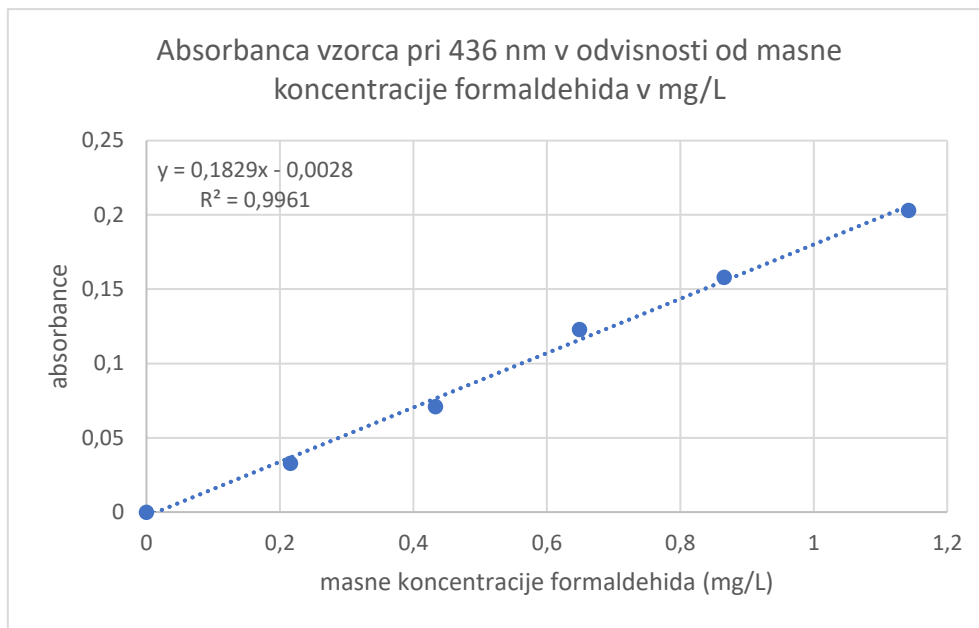
$$\gamma_3 = \frac{0,019482 \text{ mg}}{0,03 \text{ L}} = 0,6494 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$m_4 = 20 \text{ mL} \times 1,2988 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0,025976 \text{ mg}$$

$$\gamma_4 = \frac{0,025976 \text{ mg}}{0,03 \text{ L}} = 0,8659 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$m_5 = 25 \text{ mL} \times 1,2988 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = 0,032470 \text{ mg}$$

$$\gamma_5 = \frac{0,03247 \text{ mg}}{0,03 \text{ L}} = 1,1415 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

**Umeritvena krivulja:**

Graf 1: Umeritvena krivulja.

Enačba umeritvene krivulje:  $y = 0,1829x - 0,0028$

Rezultati so pokazali linearnost z dobrim korelacijskim koeficientom 0,9961.

V nadaljevanju sva si raziskovalno nalogo razdelili na dva dela, v prvem delu sva raziskovali količino formaldehida v prostoru oz. ozračju zaprtega prostora, v drugem delu pa sva poskušali dokazati prisotnost te hlapne spojine v igračah iz različnih materialov.

### 3.4 DOKAZOVANJE PRISOTNOSTI FORMALDEHIDA V ZAPRTIH PROSTORIH

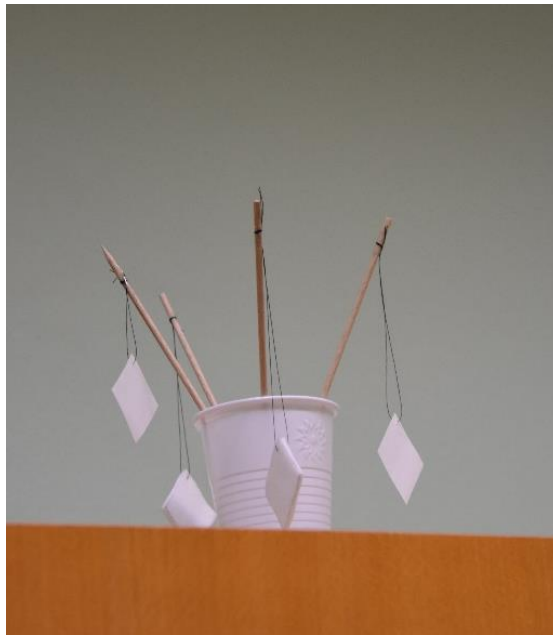
V prvem delu raziskovanja sva poskušali izmeriti količino formaldehida v ozračju v zaprtih prostorih in ugotoviti, kateri dejavniki ključno vplivajo na to količino. Pripravili sva si dvojce različnih vzorcev, prvi so bili iz filtrirnega papirja, drugi pa iz vate.

**PRIPRAVA VZORCEV:** Iz filtrirnega papirja oz. vate sva izrezali 10 cm<sup>2</sup> velike kose in v kotu vsakega kosa naredili luknjico, skozi katero sva napeljali nit. To sva z lepilnim trakom pritrdili na daljšo leseno palčko in vzorec spravili v plastično vrečko, ki sva jo dobro zaprli.



Slika 11: Primer vzorca, ki je bil nastavljen v vrtcu.

V vsak paketek, ki sva ga poslali 12 pomurskim vrtcem in 1 osnovni šoli, sva dali po dva vzorca iz filtrirnega papirja in dva iz vate. Vzorcem sva priložili navodila, kako jih nastaviti v igralnicah in dodali vprašalnik (priložen v prilogi), s katerim sva poizvedovali o lastnostih oz. pogojih v igralnicah in njihovi starosti. Podatki, ki sva jih želeli pridobiti so bili okvirna starost zgradbe in pohištva, material iz katerega so tla, pohištvo, temperatura ozračja, velikost prostora in število oseb v njem ter kolikokrat na dan se prostor zrači. Vzorce so nastavili na različnih mestih, jih pustili sedem dni in jih nato poslali nazaj, da sva lahko izvedli meritve. Sproti so vsak dan zapisovali tudi temperaturo v prostoru.



*Slika 12: Nastavljen vzorec iz vrtca.*

Vzorčili sva v dvanajstih različnih pomurskih vrtcih in v eni osnovni šoli, pri čemer so nekateri vrtci sodelovali z več enotami ali igralnicami. Tako sva skupno meritve pridobili iz 22 različno velikih igralnic oz. učilnic z različno starim pohištvom.

Pri raziskovanju najine naloge, so nama pomagali naslednji vrtci:

- vrtec Beltinci – 1 igralnica
- vrtec Veržej – 4 igralnice
- vrtec Ljutomer – 1 igralnica
- vrtec Ormož – 4 igralnice
- vrtec Sonček Sveti Jurij ob Ščavnici – 1 igralnica
- vrtec Laura – 1 igralnica
- vrtec Moravske Toplice – 6 enot vrtca
- vrtec Radenci – 1 igralnica
- vrtec Stročja vas – 1 igralnica
- vrtec Plavček pri OŠ Tišina – 1 igralnica
- vrtec Mavrica OŠ Odranci – 1 igralnica
- vrtec Lendava – 1 igralnica
- OŠ Sveti Jurij ob Ščavnici – 1 učilnica



Pri analizi vzorcev sva morali izločiti 2 vrtca oz. 2 igralnici, zaradi nepravilno nameščenih vzorčevalnikov. Dobljeni vzorci iz vrtcev bodo v nadaljevanju oštevilčeni s številkami od 1 do 22 po naključnem vrstnem redu in se številke vzorcev ne ujemajo z vrstnim redom naštetih vrtcev.

Po sedmih dneh vzorčenja so nama vzgojiteljice iz vrtcev vzorčevalnike in izpolnjene vprašalnike o lastnostih prostorov, poslale nazaj. Lastnosti prostorov sva vnesli v tabelo, ki je prikazana spodaj.

Tabela 2: Lastnosti in pogoji v vrtcih.

	Starost stavbe/ pohištva	Velikost prostora m <sup>2</sup> / zračenje	Tla	Število oseb	Temperatura
Vrtec 1	35 let / 13 let	42,3 / vsako uro	PVC-vinil	21 oseb	22,3°C
Vrtec 2	41 let / 41 let	56 / 7x po 2-3 min	parket	11 oseb	22°C
Vrtec 3	41 let / 25 let	72 / 5x	parket	20 oseb	21,6 °C
Vrtec 4	41 let / 41 let (1 leto novi stoli)	56 / 7-8x po 3-5 min	parket	16 oseb	21,7 °C
Vrtec 5	41 let / 41 let	56 / 3x po 10 min	parket	11 oseb	20,4 °C
Vrtec 6	50 let / 20 let	30 / 4-5x na dan	Topli pod, plastika	12 oseb	22,4°C
Vrtec 7	10 let / 10 let	42 / 31, 3-5 min večkrat	parket	17 oseb	23°C
Vrtec 8	9 let / 9 let	35 / 2x po 10 min	parket	10-12 oseb	22,4 °C
Vrtec 9	10 let / 10 let	42 / večkrat po 5 min	parket	18 oseb	24,2 °C
Vrtec 10	10 let / 10 let	42 / večkrat po malo	laminat	5-6 oseb	21,8 °C
Vrtec 11	20 let / 20-30 let	39,3 / 4x na dan	parket	10 oseb	23,3°C
Vrtec 12	8 let / 25 let	50 / 7x na dan	Laminat, lesene stenske obloge	20 oseb	22°C
Vrtec 13	45 let / 10 let	45 / 4-6x na dan	/	22 oseb	23,4°C
Vrtec 14	1948 / 2 leti	63 / 4x na dan	parket	2 osebi	22,6°C
Vrtec 15	62 let / 30 let	60 / 5x po 5-10 min	parket	22 oseb	22,2 °C
Vrtec 16	100 let / 3 leta	88 / 8x	laminat	25 oseb	21,4 °C
Vrtec 17	8 let / 8 let	40 / 5-6x na dan	PVC	20 oseb	23,1°C
Vrtec 18	80 let / 20 let	64 / 5x na dan	parket	11 oseb	20,8°C
Vrtec 19	7 let / 7 let	10 / 3x po 15min	linolej	10 oseb	22 °C
Vrtec 20	11 let / 10 let	45 / 6x na dan	/	19 oseb	21°C
Vrtec 21	7,5 let / 7,5 let	53,5 / 3x po 5min	Noramend 42, keramične ploščice 6,5	15 oseb	22,3°C
Vrtec 22	1971 / 3 mesece	44 / 1x na dan	linolej, iverica- pohištvo	17 oseb	20,6°C

Iz dobljenih vzorcev izvedli meritve, s katerimi sva poskušali ugotoviti, koliko formaldehida se je v vrtčevskih igralnicah vezalo na vzorčke in kateri dejavniki najbolj vplivajo, da je količina te spojine večja oz. manjša.

### 3.4.1 DOLOČANJE KOLIČINE FORMALDEHIDA V VZORCIH IZ VRTCEV:

Vsak vzorec sva s pomočjo pincete dali v 250 ml erlenmajerico, jo ustrezno označili in dolili 100 ml destilirane vode. Erlenmajerico sva postavili na magnetno mešalo in pri sobni temperaturi mešali 60 minut. V kolikor je v tem času filtrirni papir ali vata v vodi razpadel, sva zmes prefiltrirali, da sva dobili bistro tekočino. Za merjenje sva s pomočjo pipete 5 ml vsakega vzorca prenesli v manjšo erlenmajerico, dodali 5 ml reagenta pentan-2,4-diona in 20 ml destilirane vode. Raztopine sva pustili stati 20 minut in jih nato segrevali 35 minut v vodni kopeli pri 60,0°C. Po segrevanju sva jih za 2 minuti hladili v ledeni kopeli in jih nato prelili v kivete. Obarvanost vzorcev sva izmerili v spektrofotometru, pridobljene meritve oz. absorbance pa sva zapisali v tabelo, ki je prikazana spodaj.



Slika 13: Spektrofotometer z nastavljeno valovno dolžino merjenja absorbance pri 436 nm.

Pri izračunu sva morali upoštevati tudi koncentracijo formaldehida čistega vzorčevalnika, ki sva jo dobili po skoraj enakem postopku kot sva pridobili ostale koncentracije; 10 cm<sup>2</sup> filtrirnega papirja in vate sva prepihali z dušikom in v ekstraktorju z dušikom pustili čez noč. Nato sva ta vzorca dali v 100 ml bučko, dopolnili z destilirano vodo do oznake ter 60 minut mešali na magnetnem mešalu. 5 ml te raztopine sva s pipeto prenesli v erlenmajerico, dodali 5 ml pentan-2,4-diona in 20 ml destilirane vode. Enako kot pri ostalih vzorcih, sva vse skupaj pustili stati 20 minut, nato sva vzorca segrevali 35 minut ter na koncu še 2 minuti hladili v ledeni kopeli. S pomočjo kivet in spektrofotometra sva izmerili absorbance in prišli do rezultata; 0,001.

Da sva prišli do dejanskih absorbanc, sva morali od izmerjenih absorbanc vrtcev odšteti absorbance čistega vzorčevalnika, torej 0,001. Šele te odštete vrednosti sva nato uporabili za izračun dejanskih koncentracij, ki so prikazane v tabelah spodaj.



Iz rezultatov, ki sva jih dobili v spektrofotometru, sva s pomočjo umeritvene krivulje in njene enačbe  $y = 0,1829x - 0,0028$ , izračunali dejansko masno koncentracijo v vzorcih. Na mesto  $y$  sva vstavili absorbanco, izmerjeno s spektrofotometrom in izračunali  $x$ , kar je pomenilo koncentracijo formaldehida v vzorcu.

Dejansko koncentracijo v zraku pa sva izračunali po enačbi:  $\gamma = \frac{m}{t \times v} \times 10^6$  [mg/m<sup>3</sup>]

$m$  – masa formaldehida

$t$  – čas, ko je bil vzorčevalnik izpostavljen (7 dni oz. 10.080 minut)

$v$  – hitrost vzorčenja (20,4 ml/min za pasivno 7-dnevno vzorčenje)

Nato sva izračunali še dejansko koncentracijo formaldehida v ppb oz. število delcev formaldehida na bilijon delcev zraka (ang. parts per billion), po enačbi:

$$ppb = \gamma(\text{mg/m}^3) \times \frac{V_0}{M} \times 10^3$$

$\gamma$  – masna koncentracija formaldehida

$V_0$  – molska prostornina plina pri 25 °C in 1 atm, 24,45 L/mol

$M$  – molska masa formaldehida 30,03 g/mol

Vse izračunane koncentracije v ppb so prikazane v tabelah 3 in 4.

Tabela 3: Vrednosti vzorcev iz filter papirja.

Vzorec iz filtrirnega papirja	absorbanca	x v enačbi premice	dejanska koncentracija mg/m <sup>3</sup>	ppb
P0	0,001	0,021	0,010	8,22
P1	0,007	0,054	0,026	21,22
P2	0,007	0,054	0,026	21,22
P3	0,012	0,081	0,039	32,04
P4	0,013	0,086	0,042	34,20
P5	0,010	0,069	0,034	27,71
P6	0,010	0,069	0,034	27,71
P7	0,010	0,069	0,034	27,71
P8	0,014	0,092	0,045	36,37
P9	0,019	0,119	0,058	47,19
P10	0,019	0,119	0,058	47,19
P11	0,011	0,076	0,037	29,88
P12	0,013	0,086	0,042	34,20
P13	0,017	0,108	0,053	42,86
P14	0,011	0,076	0,037	29,88
P15	0,013	0,086	0,042	34,20
P16	0,016	0,103	0,050	40,70
P17	0,017	0,108	0,053	42,86
P18	0,011	0,076	0,037	29,88
P19	0,015	0,097	0,047	38,53
P20	0,016	0,103	0,050	40,70
P21	0,018	0,114	0,055	45,03
P22	0,028	0,168	0,082	66,68

Tabela 3: Vrednosti vzorcev iz vate.

Vzorec iz vate	absorbanca	x v enačbi premice	dejanska koncentracija mg/m <sup>3</sup>	ppb
V0	0,001	0,021	0,010	8,22
V1	0,006	0,048	0,023	19,05
V2	0,003	0,032	0,015	12,56
V3	0,005	0,043	0,021	16,89
V4	0,012	0,081	0,039	32,04
V5	0,005	0,043	0,021	16,89
V6	0,007	0,054	0,026	21,22
V7	0,016	0,103	0,050	40,70
V8	0,007	0,054	0,026	21,22
V9	0,009	0,065	0,031	25,54
V10	0,015	0,097	0,047	38,53
V11	0,012	0,081	0,039	32,04
V12	0,008	0,059	0,029	23,38
V13	0,012	0,081	0,039	32,04
V14	0,012	0,081	0,039	32,04
V15	0,009	0,065	0,031	25,54
V16	0,009	0,065	0,031	25,54
V17	0,012	0,081	0,039	32,04
V18	0,008	0,059	0,029	23,38
V19	0,011	0,076	0,037	29,88
V20	0,007	0,054	0,026	21,22
V21	0,007	0,054	0,026	21,22
V22	0,019	0,119	0,058	47,19

### 3.5 DOKAZOVANJE PRISOTNOSTI FORMALDEHIDA V IGRAČAH

Za preverjanje količine formaldehida v otroških igračah sva vzeli 5 igrač iz različnih materialov, ki so bile tudi različno stare. 3 igrače so bile plišaste, iz poliestra, 1 igrača lesena in 1 igrača iz pene (plastika).

Vzorci za ugotavljanje koncentracije formaldehida sva si pripravili na podoben način kot vzorce iz vrtca. Iz igrače sva izrezali približno 10 cm<sup>2</sup> veliki kvadrat in ga dali v erlenmajerico ter dolili 100 ml vode. To sva na magnetnem mešalu mešali 60 minut. Nato sva prefiltrirali vodo in odmerili 5 ml te raztopine ter ji dodali 5 ml reagenta pentan-2,4-diona. Tudi te raztopine sva pustili stati 20 minut, pri čemer sva po 10 minutah dolili 20 ml destilirane vode. Prav tako sva raztopine nato dali segrevat v vodno kopel 35 minut in nato 2 minuti v ledeno mrzlo vodo. Vse raztopine sva izmerili s spektrofotometrom in primerjali rezultate glede na različne značilnosti igrač. Lastnosti igrač in izmerjene vrednosti so prikazane v spodnjih dveh tabelah 5 in 6.

Tabela 4: Podatki in slike igrač.






	Rumeni deček	Garfield	Kužek
Absorbanca	0,017	0,023	0,018
Material	Poliester	100% poliester	100% poliester
Starost	10-15 let	Nova	Nova
Masa odrezanega kosa	0,99 g	1,05 g	1,15 g
Slika			

Tabela 5: Podatki in slike igrač – nadaljevanje tabele.

	Pica	Žogica
Absorbanca	0,030	0,015
Material	Pobarvan les	Pena
Starost	Nova	Okrog 5 let
Masa odrezanega kosa	2,05 g	1,10 g
Slika		

Tudi pri vzorcih iz igrač sva s pomočjo rezultatov absorpcije izračunali dejansko masno koncentracijo formaldehida.

Pri tem sva si pomagali z enačbo umeritvene krivulje  $y = 0,1829x - 0,0028$ . Najprej sva vstavili na mesto  $y$  posamezne absorbance in izračunali  $x$ , ki je pomenil koncentracijo v mg/L v odrezanem kosu igrače. Nato sva iz tega na podlagi stehtane mase kosa preračunali dejansko koncentracijo formaldehida v igrači. To sva naredili tako, da sva koncentracijo v ml pomnožili z 0,1, zmnožek tega delili z maso kosa posamezne igrače, ter pomnožili s 1000, da sva dobili koncentracijo formaldehida v enoti mg/kg. Rezultati so prikazani v tabeli spodaj.

Tabela 6: Vrednosti oz. koncentracije pri igračah.

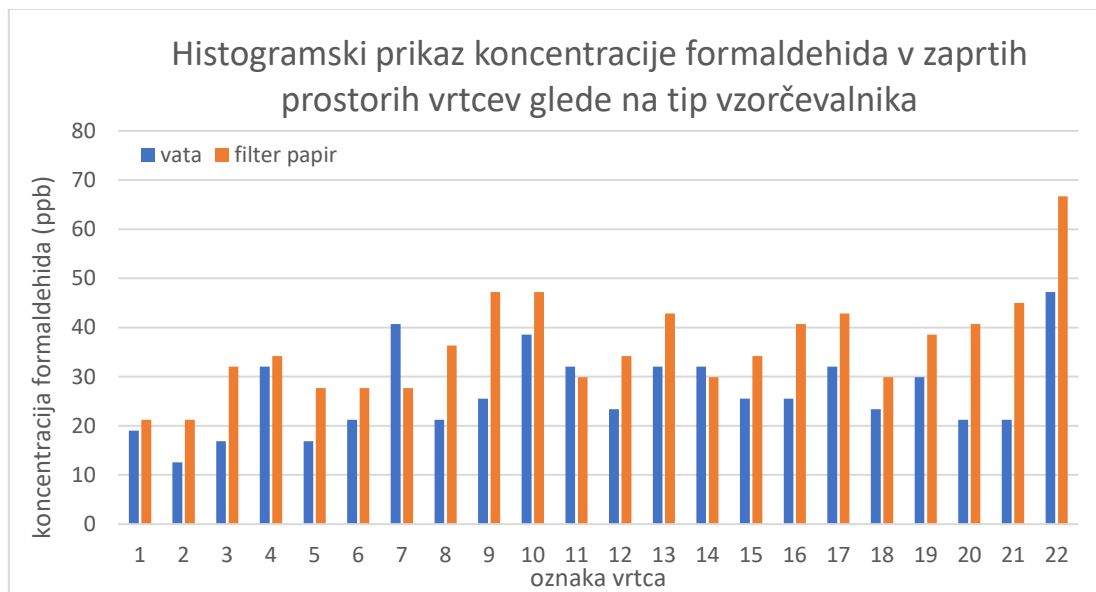
	Absorbanca	Koncentracija formaldehida v raztopini, nastali z odrezanim kosom igrače v mg/L	Koncentracija formaldehida na kilogram igrače mg/kg
rumeni deček	0,017	0,108	10,91
Garfield	0,023	0,141	13,43
kuža	0,018	0,114	9,91
pica	0,030	0,179	8,73
žogica	0,013	0,086	7,82

## 4 UGOTOVITVE

Med raziskovanjem sva prišli do rezultatov, s katerimi lahko potrdiva ali ovrževa ter natančno analizirava prej zastavljene hipoteze.

Hipotezo 1: »Vzorčevalnik za določanje formaldehida v zraku lahko pripravimo iz običajnih materialov, kot sta na primer filter papir ali vata«, sva potrdili.

Vzorčevalniki, ki sva si jih pripravili sami, so bili iz vate in filtrirnega papirja in so vsi pokazali nek signal, kar pomeni, da se je formaldehid iz ozračja vezal na preprosto narejene vzorčevalnike. S slepo probo sva se prepričali tudi, da absorbanca, ki sva jo izmerili ni pripadala samemu vzorčevalniku, zato lahko trdimo, da se je formaldehid iz zraka zares vezal na najine vzorčevalnike. Kot je razvidno iz spodnjega grafa 2, se več formaldehida veže na vzorčevalnike, narejene iz filtrirnega papirja, predpostavljamo, da zaradi večje gostote le tega, v primerjavi z vato. Koncentracije formaldehida so bile v vseh vrtčevskih igralnicah, razen treh (vrtci 7, 11 in 14), večje pri vzorčevalnikih iz filtrirnega papirja. Iz tega lahko sklepava, da se je tekom vzorčenja med gostejše tkanim vzorčevalnikom nabralo nekaj več formaldehida. Razlike med vzorčevalnikoma so sicer majhne, v povprečju manj kot 9 ppb. Opazi pa se, da se razlike v koncentraciji formaldehida na vzorčevalnikih večajo z višanjem absorbiranega formaldehida. Z drugimi besedami, pri višjih koncentracijah je tudi razlika med vzorčevalnikoma v večini primerov večja.



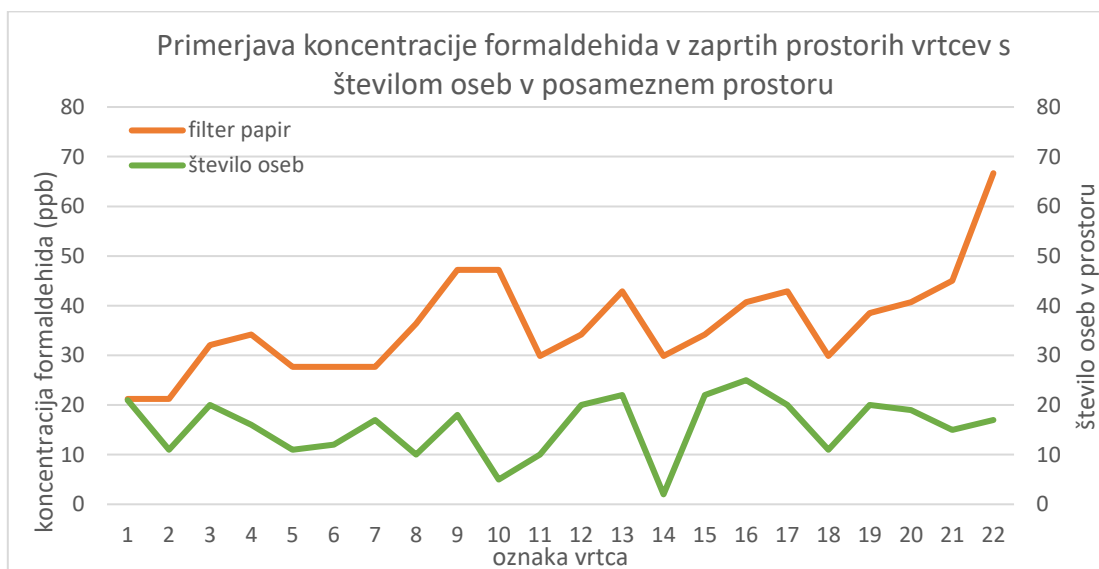
Graf 2: Prikaz koncentracije formaldehida glede na tip vzorčevalnika.

Hipotezo 2: »Na koncentracijo formaldehida v zraku bodo vplivali različni dejavniki iz okolja«, sva prav tako potrdili.

Dobljeni rezultati se od igralnice do igralnice razlikujejo, kar potrjuje hipotezo, da na koncentracije formaldehida vplivajo različni dejavniki iz okolja. Najmanjša koncentracija vezanega formaldehida na filtrirni papir je bila okoli 21 ppb, največja pa okoli 67 ppb, kar pomeni, da je največja vsebnost formaldehida v igralnici trikrat večja od najnižje koncentracije. Igralnica z najnižjo vsebnostjo je hkrati igralnica z najstarejšim pohištvo, starim 41 let, igralnica z največjo količino formaldehida pa ima pohištvo staro šele 3 mesece. Starost

pohištva je torej prvi dejavnik, ki ključno vpliva na koncentracijo formaldehida v ozračju. Večkrat se je pojavilo, da so imeli različni vrtci isto staro pohištvo, vendar različne koncentracije, kar pomeni, da na količino formaldehida vplivajo tudi drugi dejavniki. Z analizo nisva mogli najti direktne povezave med dejavniki, kot so površina prostora, temperatura v prostoru in pogostost zračenja s koncentracijo, saj bi za to potrebovali bolj konsistenten nadzor nad poročanimi podatki. Pri analizi podatkov se zasledi rahel trend naraščanja koncentracije formaldehida z krajšim časom zračenja, še posebej izrazito je to na primer pri vrtcu 22, kjer se prostor zrači le enkrat na dan. V tem primeru je tudi koncentracija formaldehida v prostoru najvišja, to je 67 ppb. Iz tega sklepava, da verjetno obstaja povezava med tema dvema komponentama, a imava premalo podatkov, da bi lahko to z zagotovostjo potrdili.

Zanimivo je, da sva odkrili, sicer ne izrazito, korelacijo med številom oseb v prostoru in koncentracijo formaldehida v ozračju (podatki za vzorčevalnik iz filter papirja). Graf 3 prikazuje trend spreminjanja koncentracije formaldehida in število oseb, ki se v prostoru nahaja. Krivulji druga z drugo precej dobro korelirata. Še posebej pri vrtcih 13 in 14 se lepo vidi padec v koncentraciji formaldehida, ki je, kot vidimo iz grafa, povezan tudi s padcem števila oseb v prostoru. Hkrati se podoben trend kaže tudi v primeru vrtcev 17 in 18 ter 2 in 3, kjer z naraščanjem oseb v prostoru raste tudi koncentracija formaldehida.



Graf 3: Primerjava koncentracij formaldehida s številom oseb v posameznem prostoru.

Hipotezo 3: »**Koncentracije formaldehida v prostorih vrtcev bodo znotraj zakonsko določenega (mejnega) koncentracijskega območja**«, sva potrdili.

Običajna in priporočena koncentracija formaldehida v zaprtih prostorih, kjer se zadržujemo dlje časa je postavljena med 8 in 50 ppb [17]. Kar pomeni, da so večinoma vsi rezultati znotraj dovoljenih vrednosti. Izstopa le vrtec 22, kjer je koncentracija prostora z novim pohištvom bistveno višja in znaša 67 ppb. Zadrževanje v tem prostoru je še zmeraj pod kritično koncentracijo formaldehida za zaprte prostore (100 ppb [18]), ko ta postane nevarna, a je ta že tolikšna, da lahko znatno vpliva na organe manjših otrok. V takšnih prostorih lahko pride do draženja respiratornega sistema predvsem pri otrocih in odraslih osebah z astmo. Zato prostor v vrtcu 22 ni najbolj primeren za daljše zadrževanje otrok v njem. Sicer sva v proučevanih vrtcih

zaznali v povprečju za okoli 6-krat višje koncentracije formaldehida kot v primerljivih študijah iz tujine [19] (povprečna koncentracija formaldehida iz študije z leta 2018: 8 ppb). Razlog za višje koncentracije lahko pripiševa predvsem drugemu letnemu času, saj je bila omenjena študija izvedena poleti, najina pa pozimi, ko so bili prostori zelo verjetno manj zračeni. Povprečna koncentracija znaša 34 ppb – filter papir, oz. 26 ppb – vata, kar se približa zgornji določeni povprečni vrednosti (42 ppb), ki jo je raziskavi za šole in vrtce določila WHO [15].

**Hipotezo 4: »Koncentracija formaldehida v igračah bo odvisna od starosti igrače in materialov iz katerega je sestavljena«, sva na podlagi rezultatov delno potrdili in delno ovrgli.**

Primerjali sva 5 igrač, katerih vsebnosti formaldehida so bile različne. Pri primerjavi materialov sva ugotovili, da največjo količino formaldehida vsebuje odrezan kos lesene igrače, saj je ta lepljena in pobarvana, les in barva pa sta ena glavnih virov velike količine te hlapne organske spojine. Po preračunani koncentraciji formaldehida na kilogram igrače pa sva ugotovili, da pri leseni igrači vrednost ni bila največja, na račun tega, ker je tudi masa te igrače največja. Na podlagi teh izračunov, sva hipotezo delno ovrgli.

Najnižja količina formaldehida v raztopini z odrezanim kosom igrače, je bila pri igrači iz pene (žogica), vendar pa se ta koncentracija ni bistveno razlikovala od igrač iz poliestra. Glede na to, da so bile koncentracije pri treh igračah iz poliestra različne, sva predvidevali, da na to vplivajo tudi drugi dejavniki, ne le material. Igrače iz poliestra sva primerjali po starosti in ugotovili, da novejši dve igrači (kužek, Garfield) res vsebujeta večjo količino formaldehida, ampak glede na razliko v starosti med najstarejšo igračo in razmeroma novo igračo kužkom, je bila razlika v koncentracijah zelo majhna, kar je bilo v nasprotju s pričakovanji.

Tudi koncentracije formaldehida pri igračah iz poliestra in pene sva preračunali na enoto mg/kg in ugotovili, da je na kilogram igrače največ formaldehida vsebovala nova igrača iz poliestra (Garfield), kar tudi delno ovrže najino hipotezo.

Zadnja, peta hipoteza je bila: **»Vse igrače bodo znotraj dovoljenih mejnih vrednosti glede vsebnosti formaldehida«**. Hipotezo sva potrdili.

Preračunane koncentracije formaldehida na kilogram igrače, pri nobeni izmed preverjenih igrač, niso presegale dejanske mejne vrednosti, ki je zastavljena pri 30 mg/kg. Največ formaldehida na kilogram je vsebovala nova igrača iz poliestra (Garfield), in sicer 13,43 mg/kg. Podatek o dejanskih mejnih vrednostih, sva našli sicer samo za igrače iz usnja, tekstila in papirja, ampak sva predpostavili, da je takšna meja pri vseh igračah.

Za igrače iz poliestra sva imeli podano migracijsko mejo, za lesene igrače pa emisijsko mejno vrednost, ki bi nama prišle v poštev le v primeru, da bi ob igračah nastavili vzorčevalnik in bi izmerili, koliko formaldehida bi izhlapelo iz igrače in se vezalo na vzorčevalnik. Majhna vrednost naju ni presenetila, saj je v Sloveniji zakonodaja o mejah vsebnosti formaldehida strogo določena in se tudi posodablja z novimi dognanji. Zakonodaja pa ne vsebuje podatka o mejnih vrednostih v masivnem lesu, veljajo le za vezan les [7]. Razlog za nizke izmerjene vrednosti formaldehida v igračah izhaja iz strupenosti le tega, saj se še posebej pri mlajših otrocih že manjše koncentracije absorbirajo skozi kožo, spojina pa se tudi hitro presnavlja in posledično hitro difundira v kri in druge organe. Mlajši otroci so tudi bolj izpostavljeni, ker

igračke nosijo v usta in zaradi tega mora biti vsebnost formaldehida v igračkah še toliko manjša [13].

## 5 ZAKLJUČEK

Z raziskovanjem najine naloge sva pridobili številna nova znanja predvsem na področju eksperimentalnega dela v laboratoriju, pridobili sva izkušnje pri reševanju problemov, ki se lahko pojavijo ob raziskovanju ter mnoga druga znanja, ki koristijo raziskovalkam in raziskovalcem. Pri tem bi radi poudarili, da sva celotno raziskovalno delo, od začetka do konca uspeli izvesti v šolskem laboratoriju.

Potrdili sva, da je formaldehid prisoten na vsakem koraku, v vsakem notranjem prostoru, torej tudi v vrtcih. Skozi raziskovanje sva ugotovili, da je formaldehid lahko škodljiv zdravju, če njegove vrednosti presegajo določene meje. V ta namen sva se želeli prepričati, da pomurski vrtci ne presegajo teh mej, ki bi lahko ogrožale varnost otrok. Zelo pomembno je, da uporabljamo pravilno zaščito, redno zračimo prostore in tako preprečujemo soočenja s prevelikimi koncentracijami formaldehida.

Prišli sva do zaključka, da je povprečna koncentracija v raziskanih vrtcih precej velika, glede na povprečje koncentracij nekaterih drugih držav, ki so izvajali podobne raziskave. Namen najine naloge je tako tudi ozaveščanje vrtcev in drugih vzgojnih ustanov, spodbujanje k večjemu prezračevanju prostorov, uporabi naravnih oziroma okolju prijaznejših materialov in izogibanju se prevelikim koncentracijam, ki lahko pustijo trajne nezaželene posledice.

Najino raziskovalno nalogo bi lahko razširili na osnovne in srednje šole, skratka notranje prostore, kjer se v določenih prostorih zbira več ljudi, ali na prostore, kjer se ne prezračuje redno. Možno bi se bilo tudi omejiti na vpliv določenih dejavnikov ter poiskati korelacije med njimi. Za to bi potrebovali bolj podrobne in natančne podatke o samih vrtcih, ki pa jih za najino raziskovalno nalogo nisva zahtevali.

Meniva, da formaldehida ne pozna veliko ljudi, še manj pa jih pozna njegove nevarne vplive na zdravje, in dejstvo, da je med nami prisoten skoraj vedno in povsod. Upava, da se bo prihodnje o tem več govorilo, da bodo ljudje bolj ozaveščeni in bodo prispevali k zmanjšanju škodljivega plina v ozračju.



## 6 VIRI IN LITERATURA

### 6.1 VIRI VSEBINE

- [1] S. S. Anand, et. al., Enciklopedija toksikologije (tretja izdaja), Ljubljana, Učila, 2014
- [2] Epa: What are volatile organic compounds (VOCS)?, 2022, Dostopno na: <https://bit.ly/3KzRhzi>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [3] S. S. Anand , H. M. Mehendale, Encyclopedia of Toxicology, Rahway, Merck&Co., 2005.
- [4] Department of health: Volatile organic compounds in your home, b.d., dostopno na: <https://bit.ly/3t3Na8z>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [5] Environmental Protection Department: Volatile organic compounds and smog, 2022, dostopno na: <https://bit.ly/3t64iPe>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [6] American cancer society: What causes cancer?, 2022, dostopno na: <https://bit.ly/3JjKp8M>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [7] A. Torkhani, Inštitut igrač: Formaldehid v otroških igračah, 2020, Dostopno na: <https://bit.ly/3q09Og9>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [8] Inchem: Formaldehyde Health and safety guide, b.d., dostopno na: <https://bit.ly/3i44zHX>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [9] Pubchem: Formaldehyde, 2004, dostopno na: <https://bit.ly/3t1TJsg>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [10] Inchem: Formaldehyde, 2012, dostopno na: <https://bit.ly/35PHB4Z>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [11] Merck: Varnostni list, 2002, dostopno na: <https://bit.ly/37jK7Rj>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [12] Occupational safety and health administration: Formaldehyde, 2002, dostopno na: <https://bit.ly/3t7slZS>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [13] Uradni list evropske komisije: Direktive, 2019, dostopno na: <https://bit.ly/37koFeV>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [14] Gradbeništvo: Meritve in določitev vsebnosti ter emisij hlapnih organskih spojin v materialih in izdelkih, b.d., dostopno na: <https://bit.ly/3i2jfrb>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [15] WHO: guidelines for indoor air quality, 2010, dostopno na: <https://bit.ly/3vYlXlt>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [16] WHO: formaldehyde, 2001, dostopno na: <https://bit.ly/3KETOU8>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [17] Government of Canada: Formaldehyde in your home, 2021, dostopno na: <https://bit.ly/36912Fl>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].
- [18] NCBI: Critical reviews in Toxicology, 2011, dostopno na: <https://bit.ly/3J9gh02>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].

[19] M. Meshalkina, V. Sushnikov, et. a., EDP Sciences: The estimation of formaldehyde concentration in indoor air, 2018, dostopno na: <https://bit.ly/3I6J9Va>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].

## 6.2 VIRI SLIK

Slika 1 – pridobljeno s: <https://bit.ly/3CEyL5V>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].

Slika 2 - pridobljeno s: <https://bit.ly/3KB3i7C>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].

Slika 3 - pridobljeno s: <https://bit.ly/3tTLNsh>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].

Slika 4 - pridobljeno s: <https://bit.ly/3KvOSFQ>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].

Slika 5 - pridobljeno s: <https://bit.ly/34E7oMR>, [Citirano dne: 12. 3. 2022].

Vse ostale slike sva posneli sami.

## 6 PRILOGA

### Vprašalnik za vrtce:

Pozdravljeni.

Hvala ker ste se odločili, da boste pomagali pri najini srednješolski raziskovalni nalogi, kjer bomo poskušali določiti vsebnost formaldehida v prostorih. Ob vzorčenju v vaših igralnicah bi potrebovali še nekaj informacij, zato vas vljudno prosimo, če podrobno preberete spodnja navodila in jim sledite, hkrati pa odgovorite na vprašanja, saj bomo le tako lahko prišli do primerljivih rezultatov. HVALA!

7-dnevno neinvazivno vzorčenje formaldehida na lokaciji: \_\_\_\_\_

#### 1. Prosimo vas, če lahko na kratko opišete prostor, kjer boste namestili vzorčevalnik.

- okvirna starost stavbe: \_\_\_\_\_

- velikost prostora: \_\_\_\_\_

- okvirna starost pohištva: \_\_\_\_\_

- kolikokrat na dan in koliko časa se prostor zrači: \_\_\_\_\_

- drugo (material iz katerega so tla, koliko oseb se v prostoru zadržuje čez dan, ...)

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

#### 2. V paketu ste prejeli:

- 4 lesene palčke z že nameščenimi krpicami velikosti 10 cm<sup>2</sup> na napeljani nitki (slika),

- 4 plastične vrečke,

- kuverto z našim naslovom za vračanje vzorčevalnih krpic.



**3. Iz prejetih palčk in poljubnega kozarca ali lončka sestavite vzorčevalnik, kot prikazuje slika na desni:**



**4. Vzorčevalnik postavite na mesto nedosegljivo otrokom tj. na omaro, polico, regal. Ne postavljajte ga na okensko polico ali blizu okna oziroma ventilatorja preko katerega se prostor zrači.**

Opis lokacije v prostoru: \_\_\_\_\_

**5. Po namestitvi vzorčevalnik pustite mirovati in ga ne premikajte vseh sedem dni vzorčenja. Če imate možnost, vas prosimo, da v spodnjo tabelo vsak dan zabeležite temperaturo prostora.**

dan	datum in ura	temperatura v prostoru (°C)
1. dan		
2. dan		
3. dan		
4. dan		
5. dan		
6. dan		
7. dan		

**6. Ob koncu zadnjega dneva vzorčenja (7. dan vzorčenja) v plastične vrečke skrbno spravite vse 4 različne krpice z nitko. Vsaka krpica naj bo v svoji vrečki. Vrečko dobro zatesnite. Lesene palčke lahko zavržete.**

**7. Vse štiri vrečke s krpicami in izpolnjen vprašalnik vložite v kuverto in jo odnesite na pošto.**

*Iskreno se vam zahvaljujemo za izkazano zanimanje in pomoč pri vzorčenju!*

*Dijakinji Daša Smodiš in Nika Maučec ter mentorja Mateja Godec in Matjaž Dlouhy*