

ŠOLSKI CENTER SLOVENJ GRADEC
SREDNJA ZDRAVSTVENA ŠOLA SLOVENJ GRADEC
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

IZPOSTAVLJENOST LJUDI ZRAČNIM ONESNAŽILOM

Biologija in ekologija z varstvom okolja

Avtorici:
Patricija Janežič, 3. letnik
Maruša Vodeb, 3. letnik

Mentorica:
Zdenka Kočivnik Lesjak

Somentorica:
dr. Nataša Kopusar

Velenje, 2010

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem centru Slovenj Gradec, Srednji zdravstveni šoli. Finančna sredstva za nakup pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov je zagotovila Mestna občina Slovenj Gradec. Naloga je plod lastnega raziskovalnega dela.

Mentorica:

Zdenka Kočivnik Lesjak

Somentorica:

dr. Nataša Kopušar

Datum predstavitve: 6. 4. 2010

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Šolski center Slovenj Gradec, Srednja zdravstvena šola Slovenj Gradec; šolsko leto 2009/10
- KG Izpostavljenost / zračna onesnažila / pasivni difuzivni vzorčevalniki / MO Slovenj Gradec / ljudje / SO₂ / NO_x / NO / NO₂ / O₃
- AV JANEŽIČ, Patricija; VODEB, Maruša
- SA KOČIVNIK LESJAK, Zdenka ment. / dr. KOPUŠAR, Nataša soment.
- KZ 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3
- ZA Srednja zdravstvena šola Slovenj Gradec
- LI 2010
- IN IZPOSTAVLJENOST LJUDI ZRAČNIM ONESNAŽILOM
- TD RAZISKOVALNA NALOGA
- OP X, 55 s., 8 preg., 51 sl., 2 pril.
- IJ SL
- JI sl/en
- AI Kvaliteta zraka, ki ga vdihavamo je pomemben dejavnik, ki vpliva na naše zdravje. Meritve koncentracij zračnih onesnažil v zunanjem zraku ne povedo dejanske izpostavljenosti ljudi zračnim onesnažilom, saj je le-ta lahko odvisna tudi od našega načina življenja, navad, kraja bivanja in drugih dejavnikov okolja. V raziskovalni nalogi sva s pasivnimi difuzivnimi vzorčevalniki ugotavljali, kakšnim koncentracijam ozona (O₃), žveplovega dioksida (SO₂) in dušikovih oksidov (NO_x, NO₂, NO) smo izpostavljeni dijaki (mobilna izpostavitve) na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec. Primerjali sva izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom v ruralnem in urbanem okolju in kvaliteto zraka med notranjim in zunanjim bivalnim prostorom. Uporabili sva 32 vzorčevalnikov, ki so bili izpostavljeni stacionarno in mobilno. Meritve sva izvajali v poletnem in v zimskem času in so trajale neprekinjeno 14 dni. Udeležence v raziskavi smo anketirali o njihovih navadah. Rezultate meritev sva ovrednotili tako, da sva jih primerjali z mejnimi vrednostmi, ki jih določa Svetovna zdravstvena organizacija in evropska ter slovenska zakonodaja. Ugotavljava, da so vse izmerjene koncentracije zračnih onesnažil pod predpisanimi mejnimi vrednostmi. Koncentracije ozona na območju Šaleške doline so bile večje, kot na območju MO Slovenj Gradec, če primerjamo kvaliteto zunanjega zraka. Dijaki, ki živijo na območju MO Slovenj Gradec, so bili bolj izpostavljeni koncentracijam dušikovega monoksida in dušikovih oksidov, kot dijaki na območju Šaleške doline v obeh obdobjih meritev. Prav tako so bili dijaki na območju MO Slovenj Gradec bolj izpostavljeni koncentracijam žveplovega dioksida.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND School center Slovenj Gradec, Secondary medical school Slovenj Gradec; school year 2009/10

CX Exposure / air polluted / passive diffusive samplers / MO Slovenj Gradec / people / SO₂ / NO_x / NO / NO₂ / O₃

AU JANEŽIČ, Patricija; VODEB, Maruša

AA KOČIVNIK LESJAK, Zdenka ment. / dr. KOPUŠAR, Nataša soment.

PP 3320 Velenje, SLO, Trg mladosti 3

PB Secondary medical school Slovenj Gradec

PY 2010

TI THE EXPOSURE OF PEOPLE TO AIR POLLUTANTS.

DT RESEARCH WORK

NO X, 55 p., 8 tab., 51 photos, 2 app.

LA SL

AL sl/en

AB The quality of air we breathe is an important factor that affects our health. The measurements of concentrations of air pollutants in ambient air do not tell the actual human exposure to air pollutants, since this exposure can also depend on our lifestyle, habits, place of residence and other environmental factors. In the research work we used diffusive passive samplers to find out what concentrations of ozone (O₃), sulphur dioxide (SO₂) and nitrogen oxides (NO_x, NO₂, NO) the students (mobile exposure) in the area of Šalek valley and Slovenj Gradec are exposed to. We compared the exposure of people to air pollutants in rural and urban environment and air quality between internal and external living space. We used 32 samplers which were exposed stationary and mobile. The measurements were performed during the summer and winter time and lasted continuously for 14 days. The participants in the survey were asked about their habits. We evaluated the results of the measurements, so that we could compare them with the limits set by the World Health Organization, as well as the European and Slovenian legislation. We have found out that all the measured concentrations of air pollutants were below the prescribed limits. The concentrations of ozone in the area of Šalek valley were larger than in the area of the municipality of Slovenj Gradec, when comparing the quality of ambient air. The students living in the municipality of Slovenj Gradec were more exposed to the concentrations of nitrogen monoxide and nitrogen oxides than the students in the area of Šalek valley in both periods of measurements. The students in the Municipality of Slovenj Gradec were also more exposed to concentration of sulphur dioxide.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO TABEL.....	VII
KAZALO SLIK.....	VII
KAZALO PRILOG	X
SEZNAM OKRAJŠAV	X
1 UVOD	1
1.1 Cilji	2
1.2 Hipoteze	2
2 PREGLED OBJAV	4
2.1 Sestava atmosfere	4
2.2 Fizikalno kemijske lastnosti zračnih onesnažil.....	6
2.2.1 Žveplov dioksid.....	6
2.2.2 Dušikovi oksidi	6
2.2.3 Ozon.....	7
2.3 Vplivi zračnih onesnažil na okolje.....	8
2.3.1 Žveplov dioksid.....	8
2.3.2 Dušikovi oksidi	9
2.3.3 Ozon.....	9
2.4 Vplivi zračnih onesnažil na ljudi	10
2.4.1 Ozon.....	10
2.4.2 Žveplov dioksid.....	10
2.4.3 Dušikovi oksidi	11
2.5 Pregled raziskav o vplivih zračnih onesnažil na zdravje ljudi v Sloveniji	11
2.6 Zakonodaja s področja zračnih onesnažil in zdravja ljudi.....	12
3 MATERIALI IN METODE DELA	17
3.1 Opis raziskovalnega območja	17
3.1.1 Mestna občina Slovenj Gradec.....	17
3.1.2 Šaleška dolina.....	21
3.2 Pasivni difuzivni vzorčevalniki	22
3.3 Anketni vprašalnik	24
3.4 Obdelava podatkov	25
4 REZULTATI.....	26
4.1 Ozon.....	34
4.2 Žveplov dioksid	37
4.3 Dušikov monoksid	39
4.4 Dušikovi oksidi	41
4.5 Dušikov dioksid	44
4.6 Anketni vprašalnik	46
4.7 Obolenja dihal v obdobju raziskave - Slovenj Gradec.....	49
4.8 Obolenja dihal v obdobju raziskave - Velenje.....	51
5 ZAKLJUČKI.....	53
6 POVZETEK	55

7	ZAHVALA.....	57
8	VIRI IN LITERATURA	58
9	PRILOGE	60

KAZALO TABEL

Tabela 1: Ciljne in dolgoročno naravnane vrednosti za ozon v Sloveniji (Uredba o ozonu ... 2003).....	13
Tabela 2: Območja onesnaženosti in raven koncentracij zračnih onesnažil na posameznem območju onesnaženosti v Sloveniji (Sklep o določitvi območij..., 2003).....	15
Tabela 3: Koordinate izpostavitve pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov.....	20
Tabela 4: Mejne, alarmne, dopustne in ciljne vrednosti ter sprejemljiva preseganja koncentracij za leto 2008 (Bolte s sod., 2009)	26
Tabela 5: Rezultati meritev zračnih onesnažil v poletnem času od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009, na območju MO Slovenj Gradec	28
Tabela 6: Rezultati meritev zračnih onesnažil v zimskem času, od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009 na območju MO Slovenj Gradec	31
Tabela 7: Število bolnikov z obolenjem dihal v MO Slovenj Gradec (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009 in od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009).....	50
Tabela 8: Število bolnikov z obolenji dihal, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu Velenje od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009 in od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009 ..	51

KAZALO SLIK

Slika 1: Sestava atmosfere (Atmosfera, 2009)	4
Slika 2: Sestava zraka v troposferi (Koželj s sod. 1987).....	5
Slika 3: Hidrogeološke značilnosti MO Slovenj Gradec (Geodetski inštitut Slovenije, 2009)	17
Slika 4: Ortofoto posnetek naselja Slovenj Gradec (Geodetski inštitut Slovenije, 2009)....	18
Slika 5: Ceste v MO Slovenj Gradec (Geodetski inštitut Slovenije, 2009).....	19
Slika 6: Šaleška dolina (foto: Rok Mikša).....	21
Slika 7: Primer vzorčevalnika pri notranji izpostavitvi (Foto: Patricija Janežič).....	23
Slika 8: Primer vzorčevalnika pri zunanji izpostavitvi (Foto: Zdenka Lesjak).....	24
Slika 9: Prikaz mest izpostavitve na zemljevidu na območju MO Slovenj Gradec	27
Slika 10: Povprečna koncentracije zračnih onesnažil na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju meritev.....	34
Slika 11: Koncentracije ozona v MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 – 23 .6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009).....	35
Slika 12: Koncentracije ozona na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009).....	35
Slika 13:Primerjava ozona v ruralnem in urbanem okolju v MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009).....	35
Slika 14: Primerjava koncentracij ozona med MO Slovenj Gradec in Šaleško dolino v poletnem času meritev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009).....	36
Slika 15: Primerjava koncentracij ozona med MO Slovenj Gradec in Šaleško dolino v zimskem času meritev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)	36

Slika 16: Primerjava koncentracij ozona mobilne izpostavitve na območju MO Slovenj Gradec in Šaleško dolino v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju meritev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009).....	36
Slika 17: Koncentracije žveplovega dioksida na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)	37
Slika 18: Koncentracija žveplovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009).....	37
Slika 19: Primerjava koncentracij žveplovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v zimskem času izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)	38
Slika 20: Primerjava koncentracij žveplovega dioksida v MO Slovenj Gradec in v Šaleški dolini v poletnem času izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009).....	38
Slika 21: Primerjava koncentracij žveplovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem času izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)	38
Slika 22: Koncentracije žveplovega dioksida v mobilni izpostavitvi na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec v poletnem obdobju izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)	39
Slika 23: Koncentracije dušikovega monoksida na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009).....	40
Slika 24: Koncentracije dušikovega monoksida na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)	40
Slika 25: Koncentracije dušikovega monoksida v poletnem obdobju izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec	40
Slika 26: Koncentracije dušikovega monoksida v zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline.....	41
Slika 27: Koncentracije dušikovega monoksida v ruralnem in urbanem okolju na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009).....	41
Slika 28: Koncentracije dušikovega monoksida pri mobilni izpostavitvi na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) obdobju izpostavitve	41
Slika 29: Koncentracije dušikovih oksidov na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009).....	42
Slika 30: Koncentracije dušikovih oksidov na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)	42
Slika 31: Koncentracije dušikovih oksidov v zimskem času izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline.....	43
Slika 32: Koncentracije dušikovih oksidov v poletnem času izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline.....	43

Slika 33: Koncentracije dušikovih oksidov v ruralnem in urbanem okolju na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009).....	43
Slika 34: Koncentracije dušikovih oksidov pri mobilni izpostavitvi na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009).....	44
Slika 35: Koncentracije dušikovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitvev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)	44
Slika 36: Koncentracije dušikovega dioksida na območju Šaleške doline v poletnem v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitvev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)	45
Slika 37: Koncentracije dušikovega dioksida v zimskem času izpostavitvev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline.....	45
Slika 38: Koncentracije dušikovega dioksida v poletnem času izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec	45
Slika 39: Koncentracije dušikovega dioksida v ruralnem in urbanem okolju na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) obdobju izpostavitvev.....	46
Slika 40: Koncentracije dušikovega dioksida pri mobilni izpostavitvi v poletnem času izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec	46
Slika 41: Delež moških in žensk, ki so sodelovali v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitvev	47
Slika 42: Stopnja izobrazbe udeležencev, ki so sodelovali v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitvev.....	47
Slika 43: Število članov v družini sodelujočih v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitvev	48
Slika 44: Tip prebivališča sodelujočih v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitvev.....	48
Slika 45: Zaposlitev sodelujočih v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitvev.....	48
Slika 46: Čas, ki ga nezaposleni udeleženci raziskave preživijo na prostem na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitvev.....	49
Slika 47: Čas, ki ga nezaposleni udeleženci raziskave preživijo na prostem na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitvev.....	49
Slika 48: Delež števila obolelih na dihalih, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009)	50

Slika 49: Delež števila obolelih na dihalih, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu (od 19. 11. 2009 do 4. 12. 2009)	51
Slika 50: Delež števila obolelih na dihalih, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu Velenje (od 19. 11. 2009 do 4. 12. 2009).....	52
Slika 51: Delež števila obolelih na dihalih na, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu Velenje (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009).....	52

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Anketni vprašalnik	60
Priloga 2: Obrazec aktivnosti udeleženca v času nošenja pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov za zračna onesnažila	62

SEZNAM OKRAJŠAV

MO	mestna občina
SO ₂	žveplov dioksid
CO ₂	ogljikov dioksid
pH	merilo za kislost ali alkalnost
O ₂	kisik
O	atomami kisik
O ₃	ozon
Ppm	delci na milijon
NO ₂	dušikov dioksid
EU	Evropska unija
UNECE	Gospodarska komisija za Evropo pri Združenih narodih
ReNPVO	Nacionalni program varstva okolja
EMEP	European Monitoring and Evaluation Programme
WMOGAW	World Meteorological Organisation – Global Atmosphere Watch
Pb	svinec
CO	ogljikov oksid
PM10	delčki manjši od desetih mikrometrov
GK	Gauss Kruegarjeve koordinate
Id. št.	identifikacijska številka
U.V	ultravijolična svetloba
NO	dušikov monoksid
NO _x	dušikovi oksidi
Z. št.	zaporedna številka
MI	mobilna izpostavitvev
SI	stacionarna izpostavitvev
SG	Slovenj Gradec
VE	Velenje

Ppb	delci na milijon
PMD	pod mejo določitve uporabljene analitske metode
MISG	mobilna izpostavitve dijaka v Slovenj Gradcu
MISGVE	mobilna izpostavitve dijaka Slovenj Gradec Velenje
SIZ	zunanja, stacionarna izpostavitve
SIN	notranja, stacionarna izpostavitve

1 UVOD

Onesnaževanje okolja in zraka je problem, ki je vse bolj pereč in je deležen tudi vedno večje medijske pozornosti. Vprašanje o onesnaženosti ni samo lokalni, ampak čezmejni oz. svetovni problem. Zračna onesnažila se lahko od izvora z daljinskimi transporti zračnih mas prenesejo v bolj oddaljene kraje. Koncentracije različnih onesnažil zraka se sčasoma v okolju vedno bolj kopičijo, največjo količino onesnaženja pa povzročimo prav ljudje, zato je onesnaževanje kljub napredku na področju čiščenja zraka v Evropi še vedno resna težava, ki škoduje našemu zdravju in okolju.

V slovenski zakonodaji se za zračna onesnažila (SO_2 , NO_x ...) uporablja izraz onesnaževala. V literaturi najdemo tudi izraz polutanti in zračna onesnažila. V raziskovalni nalogi sva se odločili uporabiti izraz zračna onesnažila, ker je ta izraz bolj vsesplošno uveljavljen, kar sva ugotovili na osnovi pregledane literature.

Daljša izpostavljenost prevelikim koncentracijam onesnažil lahko vpliva na zdravje ljudi, ki segajo od manjših vplivov na dihala do prezgodnje umrljivosti. Ravno zaradi vplivov onesnažil, ki povzročajo izumrtja živali in rastlin ter bolezni ljudi, pa je tema toliko bolj pomembna, saj lahko s prizadevanjem in udejanjanjem procesov za zmanjšanje izpustov onesnažil v okolje izboljšamo kakovost zdravja ljudi in življenja na Zemlji.

Za raziskovalno nalogo sva se odločili, ker naju je zanimalo, kakšnim koncentracijam zračnih onesnažil smo ljudje, še posebej pa dijaki, izpostavljeni na območju MO Slovenj Gradec in v Šaleški dolini. Menili sva, da smo dijaki populacija, ki veliko časa preživi na prostem. Prav tako naju je zanimalo, če je razlika v izpostavljenosti ljudi zračnim onesnažilom glede na to, ali preživijo več časa v notranjih oziroma zunanjih prostorih.

Z raziskavo sva z difuzivnimi vzorčevalniki izmerili koncentracije pomembnejših vrst onesnažil (obravnavana so v slovenski zakonodaji) v zraku v poletnem obdobju (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) in v zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009). Pomemben prispevek naloge je k boljšemu poznavanju kvalitete zraka na območju MO Slovenj

Gradec, saj se na tem območju za razliko od območja Šaleške doline ne izvajajo kontinuirane polurne meritve SO₂, NO₂, NO_x in O₃.

Namen raziskovalne naloge je, da z uporabo pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov določimo izpostavljenost dijakov in drugih ljudi zračnim onesnažilom v MO Slovenj Gradec in te meritve primerjamo z rezultati iz Šaleške doline. Dobljene rezultate bova primerjali z mejnimi vrednostmi posameznih onesnažil, ki jih določata slovenska in evropska zakonodaja za zaščito in zdravje ljudi. Najin namen je ozaveščati ljudi o pomenu kvalitete zraka in k čim manjšemu onesnaževanju okolja, saj bi to omogočalo boljšo kakovost življenja na Zemlji.

1.1 Cilji

- Določiti izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom (ozon, dušikovi oksidi, žveplov dioksid) na območju MO Slovenj Gradec in v Šaleško dolini v izbranem časovnem obdobju v zimskem in poletnem času.
- Primerjati izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom na območju MO Slovenj Gradec z izpostavljenostjo ljudi na območju Šaleške doline.
- Primerjati koncentracije onesnaženosti v zimskem obdobju s koncentracijami v poletnem obdobju na območju MO Slovenj Gradec (14-dnevna izpostavitve v letu 2009).
- Primerjati koncentracije onesnaženosti v zimskem obdobju s koncentracijami v poletnem obdobju na območju Šaleške doline (14-dnevna izpostavitve v letu 2009).
- Primerjati izpostavljenost dijakov (mobilna izpostavitve) na območju Šaleške doline z izpostavljenostjo dijakov na območju MO Slovenj Gradec.

1.2 Hipoteze

- Izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom bo v urbanem okolju zaradi večje gostote prebivalstva na m² oz. večje gostote prometa večja, kot v ruralnem (stacionarna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec).

- Koncentracije ozona bodo v zimskem obdobju v primerjavi s koncentracijami v poletnem obdobju nižje (stacionarna in mobilna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov), ker je poleti več prometa.
- Koncentracije onesnažil bodo na območju Šaleške doline večje kot na območju MO Slovenj Gradec (stacionarna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov), ker je na območju Šaleške doline Termoelektrarna Šoštanj velik stacionarni vir emisij zračnih onesnažil (SO_2 , NO_x) v Sloveniji.
- Dijaki (mobilna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov), ki živijo na območju Šaleške doline, so bolj izpostavljeni zračnim onesnažilom, kot dijaki, ki živijo na območju MO Slovenj Gradec.

2 PREGLED OBJAV

2.1 Sestava atmosfere

Atmosfera je plinski plašč, ki obdaja Zemljo. Glede na oddaljenost od zemeljske površine se atmosfera deli na več plasti, ki se razlikujejo po sestavi in temperaturi. Do višine 100 km je sestava ozračja praktično enaka, z oddaljenostjo od zemeljske površine se manjša le gostota, ker se manjša privlačnost Zemlje.

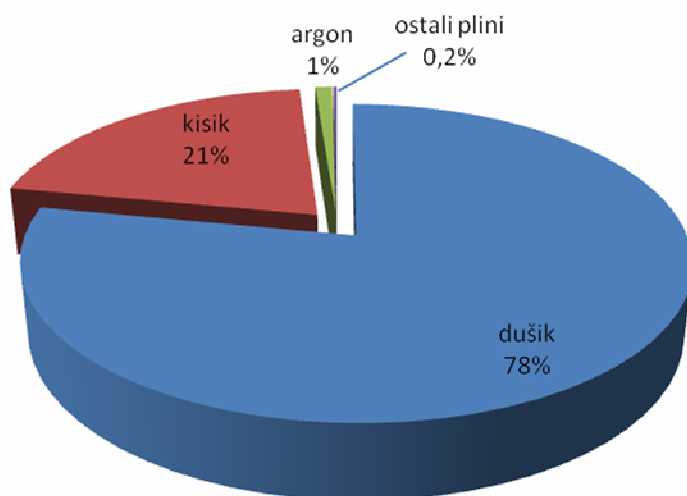
(Atmosfera, 2009)



Slika 1: Sestava atmosfere (Atmosfera, 2009)

Glavni sestavini zraka (troposfere) sta dušik (78 %) in kisik (20,8 %), več kot 1 % pa je le argona. Vsi drugi plini (ogljikov dioksid, neon, helij, metan, kripton, vodik in vodna para) so v zelo majhnih količinah, vendar pa so kljub temu zelo pomembni za številne pojave in težave, ki jih imamo na Zemlji: topla greda, kisli dež, tanjšanje zaščitne ozonske plasti, onesnaženje zraka. (Atmosfera, 2009)

SESTAVA ZRAKA V TROPOSFERI



Slika 2: Sestava zraka v troposferi (Koželj s sod. 1987)

Zrak, ki obdaja zemljo, je posledica ravnotežja med težnostjo, ki tako kot vse druge mase tudi pline zadržuje na Zemlji, in lastnim gibanjem molekul, zaradi katerega bi plini zaradi difuzije hitro ušli v vesolje. Molekularno gibanje je tem močnejše, čim manjše so molekularne oziroma atomske mase plinov in čim višja je temperatura. Če je molekulska masa plinov majhna, dosežejo pri enaki temperaturi večje hitrosti in imajo zato več možnosti, da kljub zemeljski gravitaciji uidejo v vesolje. Atmosfera je nastala s sproščanjem plinastih snovi iz zemeljske notranjosti in z ekshalacijo kamnin in je plinska plast, ki obkroža planet Zemljo. Plast ohranja Zemljina gravitacija. Tej zmesi plinov rečemo zrak, katerega sestava se z naraščanjem nadmorske višine spreminja. Ozračje varuje življenje na Zemlji z absorpcijo Sončevega ultravijoličnega sevanja in z izenačevanjem prevelikih temperaturnih razlik med dnevom in nočjo. Do višine okoli 100 km se sestava atmosferskega zraka ne menja, če ne upoštevamo hitrega upadanja vsebnosti vodne pare z naraščanjem višine. V višinah nad 100 km se atmosfera pod vplivom ultravijoličnih žarkov povsem spremeni. Plini, ki v nižjih zračnih plasteh nastopajo kot dvoplastne ali večplastne molekule, v višini nad 100 km razpadejo v atome in ionizirajo. (Kolar s sod. 1992, str. 40)

2.2 Fizikalno kemijske lastnosti zračnih onesnažil

2.2.1 Žveplov dioksid

Skoraj 95 % onesnažil žveplovega dioksida (SO_2) izvira iz energetskih obratov, kajti vsa fosilna goriva razen zemeljskega plina vsebujejo visok odstotek organsko vezanega žvepla (od 0,5 do 10 %). V Sloveniji nastane letno okoli 300.000 ton žveplovega dioksida. Ta količina ima v Sloveniji trend naraščanja, saj gradimo nove termoelektrarne s premogom kot energetsko surovino. Vzrok upadanja žveplovega dioksida v zahodnoevropskih deželah je predvsem racionalnejša poraba energije, prestrukturiranje gospodarske dejavnosti in nadomeščanje premoga z ekološko ugodnejšimi gorivi. V letih po drugi svetovni vojni (1950 - 1972) se je v Evropi vidno povečala koncentracija SO_2 . To pa povzroča hude ekološke težave zaradi »kislega dežja«, kajti takšne polucije SO_2 ozračje (v zahodni Evropi) ne more nevtralizirati. V najbolj ogroženih področjih je bila količina žvepla (računano na S in ne na SO_2) višja kot 100 kg po hektarju (1974). Vrednost pH meteorne vode pa se je že gibala okrog vrednosti pH 4 in v nekaterih letih tudi pod to vrednostjo. (Kolar s sod. 1992, str. 392)

2.2.2 Dušikovi oksidi

Dušikovi oksidi nastajajo ob izgorevanju pri višjih temperaturah. Največ jih nastaja pri motorjih z notranjim izgorevanjem (avtomobili, letala ...), v termoenergetskih objektih (termoelektrarnah, toplarnah ...), pri ogrevanju stanovanj in v kemični industriji. Ocenjujemo, da gre v Sloveniji letno v ozračje okoli tisoč ton dušikovih oksidov.

Dušikovi oksidi so strupeni, zlasti sta strupena dušikov monoksid (NO) in dušikov dioksid (NO_2). Plina povzročata težave na dihalih in pod vplivom sončne svetlobe skupaj z organskimi sestavinam avtomobilskih izpušnih plinov so glavni povzročitelji fotokemičnega smoga. (Kolar s sod. 1992, str. 388)

Dušikov oksid je pri sobni temperaturi razmeroma nereaktiven, ne reagira s halogeni, alkalijskimi kovinami, niti z ozonom. Pri višjih temperaturah razpada na kisik in dušik zato vzdržuje gorenje organskih snovi. Dušikov oksid je razmeroma dobro topen v vodi. (Lazarini s sod. 1989, str. 355)

2.2.3 Ozon

Ozon je molekula sestavljena iz treh atomov kisika. Nastane, če reagira atomarni kisik z molekularnim kisikom, torej tudi pri vsakem procesu, pri katerem nastanejo iz molekul kisika deloma atomi kisika. Ozon nastane tudi pri osvetljevanju kisika z ultravijolično svetlobo ter pri reakcijah v atmosferi, v višinah nad 30 km. (Lazarini s sod. 1989, str. 272, 273)

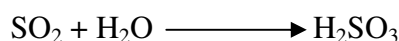
Molekularni kisik (O_2) disociira pod vplivom ultravijolične svetlobe (z valovno dolžino 240 nm) v dva kisikova atoma. Nastali atomarni kisik (O) se lahko spaja z molekularnim kisikom (O_2) v triatomsko kisikovo molekulo, ki jo imenujemo ozon (O_3). Molekula ozona močno absorbira ultravijolično svetlobo z valovno dolžino 330 nm in disociira v molekularni in atomarni kisik. Del kisikovih atomov se ponovno spaja v molekularni kisik. Tako se vzpostavi fotokemično ravnotežje, v katerem sodelujejo tudi drugi plini, ki reagirajo zaradi fotokemičnih in čistih kemičnih reakcij. Ozonska plast v stratosferi močno absorbira kratkovalovne ultravijolične sončne žarke (z valovno dolžino pod 300 nm), ki škodujejo skoraj vsem živim organizmom. Verjetno je ta plast omogočila nastanek življenja na Zemlji. Vsebnost ozona v atmosferi močno niha (maksimalna vrednost je 7 ppm). Razlog za to še ni raziskan. Vsako dolgotrajnejše zmanjšanje vsebnosti ozona v stratosferi, do katere pride zaradi kemičnih reakcij ozona s škodljivimi plini (na primer s fluoriranimi ogljikovodiki iz pršil), poveča intenzivnost ultravijoličnega sevanja na Zemlji. Posledica tega je naraščanje zbolevanja za kožnim rakom pri ljudeh. Ozon, ki nastaja v višinah nad 30 km, doteka v nižje zračne plasti z zračnimi turbulencami. Zato je maksimalna koncentracija ozona v območju med 20 in 30 km. Zrak neposredno nad zemeljskim površjem vsebuje malo ozona. Koncentracija ozona se v nižjih zračnih plasteh ne more povečati, ker ozon pri dotiku z organskimi snovmi na zemeljskem površju, še posebno na gozdnatih površinah, hitro odda organskim snovem tretji atom kisika in preide v molekularno stanje. V onesnaženem zraku velikih mest, ki poleg dušikovih oksidov vsebuje še druge škodljive pline, nastaja pri reakciji ultravijoličnih žarkov s temi plini ozon. Dušikov dioksid, ki je v avtomobilskih izpušnih plinih, razpade pod vplivom sončne svetlobe zaradi fotodisociacije v dušikov monoksid in atomarni kisik. Slednji se spaja, kot smo že opisali z molekularnim kisikom v ozon. Tako lahko tolmačimo, zakaj je v velikih mestih, v dneh s smogom, koncentracija ozona v prizemnem zraku petkrat večja od

normalne, v ekstremnih primerih pa doseže celo tisočkratno vrednost. (Kolar s sod. 1992, str. 390)

2.3 Vplivi zračnih onesnažil na okolje

2.3.1 Žveplov dioksid

Zračna onesnažila poleg tega, da vplivajo na ljudi posredno in neposredno vplivajo tudi na okolje in živali. Tukaj zavzema veliko vlogo žveplov dioksid (SO₂), kot eden glavnih onesnažil. Pri reakciji žveplovega dioksida SO₂ z vodo H₂O nastaja žveplova kislina (H₂SO₃), ki je zelo agresivna.



Veliko škodo povzroča plin žveplov dioksid na rastlinah. Skozi listne reže prodira v rastline, kjer se veže z vodo v žvepleno kislino, ki povzroča lokalne zastrupitve. Če je koncentracija še pod mejo, pri kateri povzroči žveplov dioksid odmiranje rastline, lahko opazimo zelo različne reakcije pri posameznih rastlinskih vrstah. Domnevamo, da je to predvsem odvisno od hitrosti, s katero prodira žveplov dioksid v rastlino. Rastline s sočnejšimi listi in z višjo fiziološko aktivnostjo (npr. žito, detelja, bombaž, vinska trta) so v splošnem bolj občutljive, saj se v njih žveplov dioksid hitreje transportira in se zato tudi hitreje pojavijo njegovi škodljivi učinki. Rastline z mesnatimi in robustnejšimi listi so nekoliko odpornejše, vendar je bila tudi na njih ugotovljena velika škoda. Odporne nanj so le rastline, ki lahko zadržijo svoje listne reže zaprte dalj časa (npr. lovorikasta češnja). Kadar je žveplov dioksid v manjših koncentracijah, zavira proces fotosinteze in dihanje rastlin, pri visokih koncentracijah pa rastline odmrejo. Zaviranje fotosinteze se pojavi tudi, če traja takšna koncentracija, ki bi sicer povzročila poškodbe na listih le nekaj ur. Vendar si rastline v takšnih primerih sčasoma opomorejo in obnovijo sposobnost presnavljanja. Koncentracija, pri katerih ima žveplov dioksid strupeni učinek na rastlino, je močno odvisna od razpoložljive količine fluorovodika. Običajne koncentracije 0,3 – 0,5 mg žveplovega dioksida v 1 m³ zraka pri normalnih razmerah in optimalnih krajevnih pogojih skoraj ne povzročajo škode na rastlinah oz. je škodo možno opaziti šele po daljšem

učinkovanju. Kadar se v takšnem okolju pojavijo še fluorovodiki, četudi le v majhnih količinah, opazimo kmalu znatne, nepopravljive poškodbe na rastlinah. (Kolar s sod. 1992, str. 353, 392)

Žveplov dioksid povzroča tudi korozijo jekla in drugih kovin, razkraja cink in poškoduje gradbene materiale (cement apnenec). Poškoduje tudi papir, usnjene izdelke, stavbe z zgodovinskim pomenom in tekstilne izdelke. (Likar, 1998, str. 370)

2.3.2 Dušikovi oksidi

Kot je bilo že zgoraj omenjeno, so dušikovi oksidi eni glavnih povzročiteljev fotokemičnega smoga (poletni smog). Fotokemični smog povzroča obsežno škodo tudi materialom organskega izvora, kot so guma, usnje, tekstil in barvila. Zaradi ozona in ostalih oksidantov barve pobledijo, avtomobilske gume pa postanejo krhke. Veliko večjo škodo pa povzroča fotokemični smog rastlinstvu. Tako poznamo karakteristične madeže in spremembe barve na rastlinah (npr. tobaku, špinači, paradižniku, solati), ki nastanejo zaradi delovanja oksidantov in kemičnih radikantov že pri minimalni, nekaj milijonink % veliki koncentraciji. Pri tako prizadetih rastlinah je močno ovirano sprejemanje vode in proces fotosinteze, kar zmanjšuje letino. To zmanjšanje je še posebej opazno pri grozdju in limonah. V povprečju se zaradi smoga v zraku zmanjša pridelek vina do 50 %. (Kolar s sod. 1992, str. 348 - 349)

2.3.3 Ozon

Ozon je močan oksidant. Njegova molekula je nestabilna in teži k razpadu v reakciji $2O_3 \rightarrow 3O_2$ v običajno dvoatomno molekulo in v prosti kisikov atom. Ta se zelo hitro veže z ostalimi snovmi v okolici. Tako povzroča poškodbe (korodiranje) gradbenih materialov, spomenikov in kamnin v naravi. Rastline so sicer sorazmerno odporne na visoke koncentracije ozona. Med bolj občutljivimi vrstami so iglavci in nekatere poljščine. Visoke

koncentracije ozona lahko vplivajo na manjši prirast biomase in tudi poškodujejo rastline. (Kolar s sod. 1992, str. 390)

2.4 Vplivi zračnih onesnažil na ljudi

2.4.1 Ozon

Ozon draži dihalne poti. V pljuča prodira mnogo globlje kot žveplov oksidi. Ob večjih koncentracijah napada površino dihal tako močno, da pride lahko do pljučnega edema, ki povzroča smrt. Toda raziskave na živalih so pokazale, da večkratno vdihavanje ozona v manjših koncentracijah povzroča odpornost proti dražilnemu učinku ozona. Živali, ki so dalj časa vdihavale manjše koncentracije ozona, niso poginile, če so jih pozneje izpostavili večjim (v splošnem smrtnim) koncentracijam. Na živalih, ki so več mesecev vdihavale subletalne (skoraj smrtne) koncentracije ozona, niso našli odebeljenih sten bronhiol, medtem ko so to ugotovili pri ljudeh v zgodnji fazi kroničnega bronhitisa. Doslej še niso pojasnili, ali obstaja zveza med koncentracijo ozona v gosto naseljenih središčih in pogostostjo kroničnih bronhialnih obolenj. (Kolar s sod. 1992, str. 390)

2.4.2 Žveplov dioksid

Pri dojenčkih povzroča žveplov dioksid tako imenovani Krupov sindrom, nevarno akutno bolezen, za katero so značilni močan kašelj, zvišana temperatura in težko dihanje, slednje je lahko tudi usodno. Sluznica v grlu in glasilke so otečene in vnete, dihalne poti močno zasluzene. Krupov sindrom se pojavlja predvsem v večernih in nočnih urah, zlasti v zimskih mesecih, ko so koncentracije žveplovega dioksida v zraku večje. Ob večjih koncentracijah žveplovega dioksida so pretekle raziskave pokazale posebno velik porast okvar srca in ožilja.

Poleg tega, da SO₂ škodljivo deluje na ljudi, vpliva negativno tudi na vegetacijo. Borovci na Pohorju so skoraj izumrli; to pripisujejo delovanju žveplovega dioksida. Zelo verjetno so poškodbe rastlin z žveplovim dioksidom povezane s sinergističnim delovanjem plinov, ki vsebujejo fluor (Poškodbe se kažejo kot ožig listnih vršičkov, sledi popolno odmrtnje listov. Ožgani listi so najprej rdeči, nato rjavi in rumenkasti, se posušijo in odpadejo. Še posebno so ogroženi iglavci, saj lahko povsem izumrejo). (Kolar s sod. 1992, str. 392)

2.4.3 Dušikovi oksidi

Dušikovi oksidi so strupeni, zlasti sta strupena dušikov monoksid (NO) in dušikov dioksid (NO₂). Napadata sluznico v dihalih in povzročata katarje in infekcije. Pod vplivom sončne svetlobe so dušikovi oksidi skupaj z organskimi sestavinami avtomobilskih izpušnih plinov glavni povzročitelji fotokemičnega smoga. Ugotovili so, da od eno do triletno vdihavanje zraka, ki vsebuje 0,1 ppm NO₂, povzroča porast pogostosti bronhitisa in negativno vpliva na delovanje pljuč pri otrocih. Pri osebah s kroničnim bronhitisom od 1,6 – 2 ppm NO₂ značilno poveča upor pri dihanju; dihanje je torej težje. Poizkusi na živalih so pokazali, da 0,25 ppm NO₂ povzroča spremembe pljučnega tkiva, medtem ko 0,5 ppm povzroča lažje vnetne reakcije in celične spremembe. (Kolar s sod. 1992, str. 388)

2.5 Pregled raziskav o vplivih zračnih onesnažil na zdravje ljudi v Sloveniji

V zraku, ki ga vdihavamo, so številni alergeni, strupeni in dražljivi plini ter prašni delci. Po vdihavanju visokih koncentracij in po dolgotrajni eksoziciji kemičnim snovem v vdihanem zraku lahko pride do funkcionalnih ali celo anatomskih sprememb dihal. Zanesljivo je, da se po vdihavanju onesnaženega zraka poslabša zdravstveno stanje bolnikom z alergičnimi obolenji dihal in bolnikom po prebolelih infekcijah dihal. Pri njih vnetne reakcije v sluznici dihalnih poti povzročijo nespecifično hiperreaktivnost bronhialnega vejevja, ki običajno traja od nekaj dni do več mesecev po osnovnem obolenju. Zaradi povečane občutljivosti bronhialnega vejevja, ki je predvsem posledica večje izpostavljenosti senzoričnih receptorjev vagusa, lahko nespecifični dejavniki v vdihanem zraku povzročijo bronhoobstrukcijo z dražečim kašljem, piskanjem v pljučih in povečano tvorbo sluzi. (Kuhar / Glavnik)

Analizirani so podatki o koncentraciji SO₂ in dima iz Hidrometeorološkega zavoda Slovenije in podatki trboveljske porodnišnice za obdobje od leta 1978 do 1982. Ugotovljeno je bilo, da je večje onesnaženje zraka v hladnih mesecih. Na osnovi računalniške obdelave je bilo ugotovljeno, da obstajajo statistično značilne razlike za obdobje hladnih mesecev v krajši nosečnosti, gestacijski starosti nedonošenih otrok, v zaostanku rasti in razvoju nedonošenih otrok ženskega spola, hiperbilirubinemiji in pojavu

malofacij pri donošenih otrocih. Onesnaževanje zraka je lahko eden od vzrokov omenjenih pojavov v perinatalni dobi otrok. (Terzič, 1982)

Ugotovljeno je bilo, da je pogostost respiratornih boleznij največja v jesensko - zimskih mesecih in prav v tem obdobju je bila stopnja onesnaženosti zraka največja z žveplovim dioksidom, dimom in usedlinami ter najbolj neugodne hidrometeorološke razmere kot so nizka temperatura zraka, velika relativna vlažnost zraka in veliko število meglenih dni. V pomladno - poletnih mesecih, ko je bila stopnja onesnaženosti zraka manjša in so bile hidrometeorološke razmere ugodnejše, je bila pogostost boleznij dihal dvakrat manjša. Iz tega lahko sklepamo, da obstaja določena medsebojna odvisnost med pogostostjo respiratornih boleznij pri otrocih in stopnjo onesnaženosti zraka in hidrometeorološkimi vplivi. (Lusič, 1984)

Virusne infekcije respiratornega sistema predstavljajo glavni dejavnik, ki vpliva na pogostost obstruktivnega bronhitisa (BO) pri predšolskih otrocih v mariborski regiji. Tveganje za obolenje z obstruktivnim bronhitisom je večje, če oba starša kadita v prvem letu starosti otroka in je s tem neuravnovešena mikroklima otroka v zaprtem prostoru, kjer preživi največ časa. Na dihal vpliva prav tako mikroklima, pri kateri ima največji vpliv onesnaženost ozračja s strupenimi plini, kot so: žveplov dioksid, ogljikov monoksid, dušikovi oksidi, saje in prah, saj le - ti okvarijo migetalčni epitelij bronhialne sluznice in zmanjšajo njeno odpornost. (Brunčko, 1985)

Dokazano je, da otroci iz industrijskih in gosto naseljenih mestnih predelov pogosteje obolevajo zaradi akutnih respiratornih infektov (ARI) kot njihovi vaški vrstniki. (Mramor s sod., 1986)

2.6 Zakonodaja s področja zračnih onesnažil in zdravja ljudi

Na Švedskem je bil leta 1999 podpisan protokol o zmanjševanju zakisevanja evtrofikacije in prizemnega ozona (UNECE, 1999) in tudi Slovenija je sprejela ta protokol. Retifikacijski zakon protokola h Konvenciji iz leta 1979 je bil objavljen 2. decembra 2005. Protokol je zahteval občutno zmanjšanje emisij do leta 2010. V 6. členu protokol predpisuje, da je vsaka država, ki je podpisala listino, dolžna zbirati in hraniti podatke o

vseh učinkih koncentracij v zunanjem zraku in usedlin žvepla, dušikovih spojin, hlapnih organskih spojin ter ozona na organizme in materiale. V 8. členu pa obvezuje vse pogodbenice, da vzpodbujajo raziskave, spremljajo stanje ter sodelujejo v zvezi z mednarodnimi usklajevalnimi metodami izračunavanja in vrednotenja škodljivih učinkov, ki so povezani s tem protokolom.

Evropska skupnost je izdala direktivo 2002/3/EC o ozonu. Opozorilna vrednost je $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$, alarmna vrednost za povprečje pa je $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Hkrati je bila določena tudi mejna dovoljena koncentracija ozona na delovnem mestu ($0,2 \text{ mg}/\text{m}^3$).

Cilje za izboljšanje kakovosti zraka opredeljuje Direktiva 2001/81/ES. Mejni izpusti za Slovenijo znašajo 27.000 ton za žveplov dioksid, 45.000 ton za dušikove okside, 40.000 ton za nemetanske hlapne ogljikovodike ter 20.000 ton za amoniak, ki pa jih mora Slovenija zmanjšati do leta 2012.

Obvladovanje in zmanjševanje izpustov onesnažil v zrak je glavni cilj Nacionalnega programa varstva okolja, katerega namen je zagotoviti boljšo kakovost zraka s postopnim zmanjševanjem emisij v zraku. Od leta 1990 do leta 2005 so se emisije ozona zmanjšale za 14 %, emisije iz energetskih virov pa za 17 %.

Tabela 1: Ciljne in dolgoročno naravnane vrednosti za ozon v Sloveniji (Uredba o ozonu ... 2003).

I. CILJNE VREDNOSTI ZA OZON		
	Parameter	Ciljna vrednost za leto 2010
Ciljna vrednost za varovanje zdravja ljudi	Največja dnevna 8-urna srednja vrednost	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne sme biti preseženih več kot v 25 dneh v koledarskem letu, izračunano kot povprečje v obdobju treh let
Ciljna vrednost za varstvo rastlin	AOT40 izračunan iz 1-urnih vrednosti v obdobju od maja do julija	$18.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$ kot povprečje v obdobju petih let
II. DOLGOROČNO NARAVNANE VREDNOSTI ZA OZON		
	Parameter	Dolgoročno naravnane vrednosti
Dolgoročno naravnana vrednost za varovanje zdravja ljudi	Največje 8-urna dnevna srednja vrednost v koledarskem letu	$120 \mu\text{g}/\text{m}^3$
Dolgoročno naravnana vrednost za varstvo rastlin	AOT40 izračunan iz 1-urnih vrednosti v obdobju od maja do julija	$6.000 (\mu\text{g}/\text{m}^3)\cdot\text{h}$

Slovenija je razdeljena na različne ravni onesnaženosti zraka. Sklep o določitvi območij in stopnji onesnaženosti zaradi žveplovega dioksida, dušikovih oksidov, delcev, svinca, benzena, ogljikovega monoksida in ozona v zunanjem zraku določa dve poselitveni območji z več kot 100.000 prebivalci (Ljubljana, Maribor) in štirimi območji onesnaženosti (Tabela 2).

Vsa območja v Slovenija so na podlagi ozona v najslabšem kakovostnem razredu, saj koncentracije vsepovsod presegajo ciljne vrednosti, prav tako na podeželnih in tudi v višjih legah. Zaradi transporta ozona iz Padske nižine je najbolj onesnaženo območje Primorska, glede žveplovega dioksida pa so občine Velenje, Šoštanj, Šmartno ob Paki, Trbovlje, Zagorje, Hrastnik in Krško tudi v najslabšem kakovostnem razredu. Na celotnem ozemlju Slovenije so koncentracije dušikovega dioksida in prašnih delcev med mejno vrednostjo in dopustnim odstopanjem.

Meritve onesnaženosti zraka v Sloveniji potekajo na dveh vzorčevalnih/merilnih mestih. Prvo merilno mesto je na Iskrbi pri Kočevski Reki in drugo na Krvavcu. Obe mesti se nahajata ne obremenjenem območju, proč od lokalnih virov onesnaženja. Namen meritev teh ozadij je predvsem dobiti informacije o stanju onesnaženosti zraka na širšem področju za zaščitno okolja in ljudi ter za potrebe študij. Ti dve merilni mesti delujeta v merilnih mrežah dveh mednarodnih programov, evropskem EMEP (European Monitoring and Evaluation Programme) in svetovnem WMO-GAW (World Meteorological Organisation – Global Atmosphere Watch). Slovenska zakonodaja sicer ne predpisuje posebnih zahtev glede neavtomatskih meritev ozadja, vendar pa so le-te v skladu z zahtevami in priporočili omenjenih mednarodnih programov.

Tabela 2: Območja onesnaženosti in raven koncentracij zračnih onesnažil na posameznem območju onesnaženosti v Sloveniji (Sklep o določitvi območij..., 2003).

Oznaka območja onesnaženosti	Obseg območja onesnaženosti	SO ₂	NO ₂	PM ₁₀	Pb	CO	Benzen	O ₃
SI 1	območje Pomurja in Podravja brez območja Mestne občine Maribor	5	2	2	5	5	5	1
SI 2 *	območje Koroške, Savinjske doline, Zasavja in Posavja	3	2	2	5	5	5	1
SI 2a	območje občin Velenje, Šoštanj in Šmartno ob Paki	1						
SI 2b	območje občin Trbovlje, Zagorje in Hrastnik	1						
SI 2c	območje občine Krško	1						
SI 3	območje Gorenjske, osrednje Slovenije in jugovzhodne Slovenije brez območja Mestne občine Ljubljana	5	2	2	5	5	5	1
SI 4	območje Goriške, Notranjsko-Kraške in Obalno-Kraške statistične regije	5	2	2	5	5	5	1
SI L	območje mestne občine Ljubljana	4	2	2	5	5	4	1
SI M	območje mestne občine Maribor	5	2	2	5	5	4	1

Pomen oznak:

- oznaka 1: za preseženo mejno vrednost ali vsoto mejne vrednosti in dopustnega odstopanja oziroma ciljno vrednost, če gre za ozon,
- oznaka 2: za koncentracijo med mejno vrednostjo in dopustnim odstopanjem,
- oznaka 3: za koncentracijo med zgornjim pragom za ocenjevanje in mejno vrednostjo,
- oznaka 4: med spodnjim in zgornjim pragom ocenjevanja in
- oznaka 5: pod spodnjim pragom ocenjevanja.

Onesnažen zrak, notranji in zunanji, je glavni problem, ki je povezan z zdravjem ljudi v razvitih državah in državah v razvoju (WHO Air quality and health, 2008). Svetovna zdravstvena organizacija (angleško World Health Organization; kratica WHO; slovensko SZO) ima vodilno vlogo na področju zdravstvenih vprašanj na globalnem nivoju in oblikuje zdravstvene raziskave, postavlja norme in standarde, oblikuje na dokazih temelječe politike, zagotavlja tehnično podporo državam ter nadzira in ocenjuje zdravstvene trende. (Wikipedija, 2008).

SZO je oblikovala smernice (2005 WHO Air quality guidelines (AQGs)), oziroma je določila ciljne koncentracije posameznih zračnih onesnažil, da bi se zmanjšal njihov vpliv

na zdravje ljudi. Smernice so oblikovali v sodelovanju z znanstveniki z vsega sveta in predstavljajo temelj, na podlagi katerega morajo države zgraditi svoje standarde za zagotavljanje kakovosti zraka.

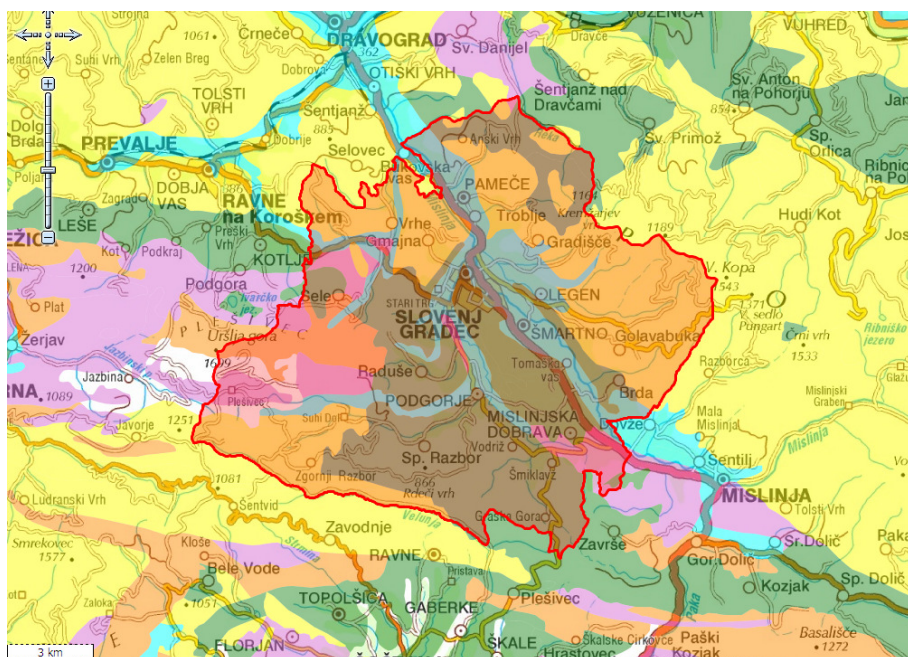
Onesnaženje z delci (PM10, PM2.5), ozon, žveplov dioksid, dušikov dioksid predstavljajo največje tveganje za zdravje ljudi. SZO je prve smernice oblikovala v l. 1987 in jih prenovila 1997 za Evropo. Nove smernice (l. 2005) so sprejete za vse WHO regije po vsem svetu.

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 Opis raziskovalnega območja

3.1.1 Mestna občina Slovenj Gradec

Mislinjska dolina leži pod Pohorjem in Uršljo goro ter predstavlja pomembno naravno vez med Štajersko in Koroško. Pokrajina v porečju Mislinje je ob zgornjem toku reke zožena v najdaljšo Pohorsko globačo, v srednjem se razširi v Slovenjgraško kotlino, v skoraj enakomerno ozkem spodnjem delu med Slovenj Gradcem in Dravogradom pa se stika s sosednjima Mežiško in Dravsko dolino.



Slika 3: Hidrogeološke značilnosti MO Slovenj Gradec (Geodetski inštitut Slovenije, 2009)

Ravnega dna doline je le dobra desetina, vse ostalo so slemena in pobočja hribov od Črnega do Kremžarjevega vrha na Pohorju in od Uršlje gore do Paškega Kozjaka. Ozemlje upravno skoraj v celoti pripada Mestni občini Slovenj Gradec in Občini Mislinja.

Slovenj Gradec je sedež edine Koroške mestne občine. Leži na nadmorski višini 413 m ter je s 7712 prebivalci največje naselje v Mislinjski dolini. Je sedež edine koroške mestne občine ter pravno, gospodarsko, bančno, šolsko, informacijsko, zdravstveno, oskrbovalno, prometno središče Mislinjske doline ter Koroške.

(MO Slovenj Gradec)



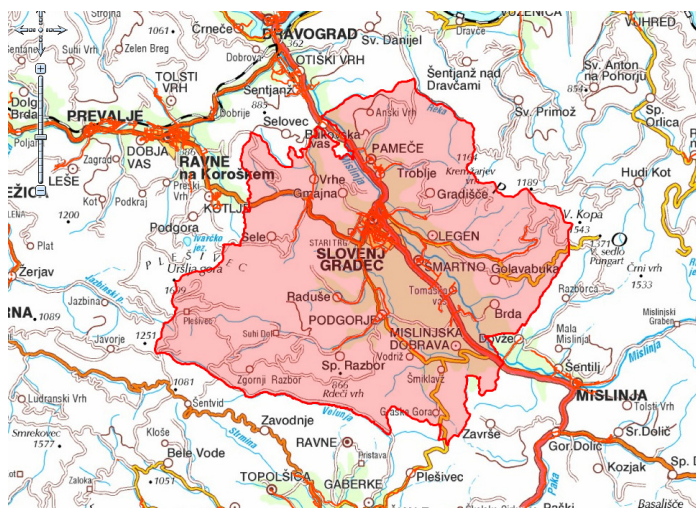
Slika 4: Ortofoto posnetek naselja Slovenj Gradec (Geodetski inštitut Slovenije, 2009)

Mesto je tipično srednjeveško mesto z glavno ulico (Glavni trg), Trg svobode in stransko ozko ulico (Meškova ulica).

Slovenj Gradec je tudi sinonim za kulturno središče.

Močnejši razvoj gospodarskih in storitvenih možnosti v zadnjih letih si je zato tukaj podal roko s starodavnim duhovnim izročilom in naravnimi bogastvi v bližnji okolici urbanega središča.

Slovenj Gradec je tudi eno redkih mest, ki mu je uspelo glavnino prometa speljati izven središča mesta. (Slovenj Gradec, 2009)



Slika 5: Ceste v MO Slovenj Gradec (Geodetski inštitut Slovenije, 2009)

3.1.1.1 *Koordinate izpostavitve v Mo Slovenj Gradec*

Na območju MO Slovenj Gradec smo izpostavili 32 vzorčevalnikov zračnih onesnažil in njihova mesta izpostavljenosti natančno zapisali s koordinatami.

Tabela 3: Koordinate izpostavitve pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov.

Id. št.	Način izpostavitve	Ulica	Kraj	Gauss Kruegerjeve koordinate (G-K)		GPS Koordinatni sistem (X, Y)	
01	Mobilna izp.	Gmajna	Slovenj Gradec	505112	153024	46°31'16,43"	15°3'42,55"
02	Mobilna izp.	Celjska cesta	Slovenj Gradec	507158	150915	46°30'8,05"	15°5'18,43"
04	Mobilna izp.	Gradišče	Slovenj Gradec	507142	152931	46°31'13,35"	15°5'17,79"
05	Mobilna izp.	Trg Svobode	Slovenj Gradec	506457	151676	46°30'32,73"	15°4'45,59"
17	Mobilna izp.	Gradišče	Slovenj Gradec	509457	153283	46°31'24,65"	15°7'6,44"
30	Zunaj-urbano	Gospovetska	Slovenj Gradec	506626	151603	46° 30' 30,36"	15° 4' 53,51"
20	Noter-urbano	Gospovetska	Slovenj Gradec	506626	151603	46° 30' 30,36"	15° 4' 53,51"
26	Zunaj-urbano	Kajuhova	Slovenj Gradec	507053	150832	46° 30' 5,37"	15° 5' 13,5"
16	Noter-urbano	Kajuhova	Slovenj Gradec	507053	150832	46° 30' 5,37"	15° 5' 13,5"
24	Zunaj-urbano	Čebularjeva	Slovenj Gradec	506860	151483	46° 30' 26,46"	15° 5' 4,48"
14	Noter-urbano	Čebularjeva	Slovenj Gradec	506860	151483	46° 30' 26,46"	15° 5' 4,48"
27	Zunaj-urbano	Levstikova	Slovenj Gradec	506877	152348	46° 30' 54,48"	15° 5' 5,33"
12	Noter-urbano	Levstikova	Slovenj Gradec	506877	152348	46° 30' 54,48"	15° 5' 5,33"
32	Zunaj-urbano	Gospovetska	Slovenj Gradec	506513	151527	46° 30' 27,9"	15° 4' 48,21"
22	Noter-urbano	Gospovetska	Slovenj Gradec	506513	151527	46° 30' 27,9"	15° 4' 48,21"
29	Zunaj-ruralno	Gradišče	Slovenj Gradec	510230	153793	46° 31' 41,13"	15° 7' 42,75"
19	Noter-ruralno	Gradišče	Slovenj Gradec	510230	153793	46° 31' 41,13"	15° 7' 42,75"
28	Zunaj-ruralno	Pameče	Slovenj Gradec	506153	155003	46° 32' 20,49"	15° 4' 31,48"
18	Noter-ruralno	Pameče	Slovenj Gradec	506153	155003	46° 32' 20,49"	15° 4' 31,48"
25	Zunaj-ruralno	Pot ob Homšnici	Slovenj Gradec	506491	151077	46° 30' 13,32"	15° 4' 47,16"
10	Noter-ruralno	Pot ob Homšnici	Slovenj Gradec	506491	151077	46° 30' 13,32"	15° 4' 47,16"
23	Zunaj-ruralno	Šmartno pri SG	Slovenj Gradec	508425	149845	46° 29' 33,35"	15° 6' 17,79"
13	Noter-ruralno	Šmartno pri SG	Slovenj Gradec	508425	149845	46° 29' 33,35"	15° 6' 17,79"
21	Zunaj-ruralno	Stari trg	Slovenj Gradec	505444	150704	46° 30' 1,28"	15° 3' 58,03"
31	Noter-ruralno	Stari trg	Slovenj Gradec	505444	150704	46° 30' 1,28"	15° 3' 58,03"
11	Mobilna SGVE	Ložnica	Velenje	508280	132121	46° 19'59,28"	15° 6' 9,89"
03	Mobilna SGVE	Podkraj	Velenje	507377	134555	46° 21'18,16"	15° 5' 27,80"
06	Mobilna izp.	Vinska Gora	Velenje	513886	132985	46° 20'26,94"	15° 10' 32,12"
07	Mobilna izp.	Koželjskega	Velenje	510247	134593	46° 21'19,26"	15° 7' 42,06"
08	Mobilna izp.	Škalske Cirkovce	Velenje	510602	138622	46° 23'29,73"	15° 7' 58,99"
09	Mobilna izp.	Ložnica	Velenje	507857	132585	46° 20'14,33"	15° 5' 50,14"
15	Mobilna izp.	Kavče	Velenje	508234	133154	46° 20'32,74"	15° 6' 7,81"

3.1.2 Šaleška dolina

Šaleška dolina leži na severnem delu Slovenije. Dolina je dolga približno 8 kilometrov in 2 kilometra široka. Na koncu vzhodne odprtine leži območje MO Velenje na nadmorski višini 396 m. Ves vzhodni del Šaleške doline je urbaniziran. Mesto Velenje je po številu prebivalcev peto največje mesto v Sloveniji. V svojem razvoju se je urbanost v zadnjih 50 letih razširila med nekdanjimi naselji in zaselki Škale, Stara vas, Staro Velenje, Šalek in Šmartno. Središče MO Velenje je izrazito industrijsko (Gorenje, Premogovnik Velenje, Vegrad, Esotech, ...). (MO Velenje, 2009)

Severna meja občine sega v hribovit svet, ki se razteza od Razborja do Graške Gore in preko prebojne doline Pake v Hudi luknji do Paškega Kozjaka.

Vzhodna meja občine poteka po Dobrnskem podolju, preko potoka Pirešica, proti jugu na Ponikovsko planoto in Ložniško gričevje, ki Šaleško dolino ločujeta od Spodnje Savinjske doline.

Zahodna meja občine razpolovi Šaleško dolino v smeri sever-jug na območju nekdanje vasi Preloge, kjer danes pod dolinskim dnom poteka v Premogovniku Velenje najintenzivnejši odkop lignita. Meja se nadaljuje po spodnjem toku potoka Velunja do podnožja Graške Gore.

(Šaleška dolina, 2009)



Slika 6: Šaleška dolina (foto: Rok Mikša)

3.2 Pasivni difuzivni vzorčevalniki

Difuzivni vzorčevalniki merijo prisotnost določenih snovi v zraku z metodo nedejavnega vzorčenja, zato jim rečemo tudi pasivni vzorčevalniki. Pasivni difuzivni vzorčevalniki imajo obliko 7 cm dolgih epruvet s pokrovčki. Vzorčevalniki se po zunanosti med sabo ločijo po različnih barvah pokrovčkov, znotraj pa imajo različne reaktante za posamezna onesnažila. Za vsako onesnažilo posebej smo imeli svoj vzorčevalnik.

Vzorčevalnike smo naročili pri Gradko environmental (A division of Gradko International Ltd.), St. Martins House 77 Wales Street Winchester, Hampshire SO23RH, Velika Britanija. Pri komunikaciji z Gradko firmo sva uporabili že vzpostavljene zveze med ERICo Velenje in njimi.

Pasivni vzorčevalnik za dušikov dioksid, dušikove okside

Akrilne epruvete so zaprte s sivo obarvanimi pokrovčki na zgornji strani in z belim termoplastičnim pokrovčkom in pri nekaterih še z dodatnim filtrom na spodnji strani epruvete. Obarvan pokrovček vsebuje absorbent s trietanolaminom. Koncentracija nitritnih ionov in kemično absorbiranega NO_2 je kvantitativno določena z U.V./vidno spektrometrijo z referenčno na osnovi kalibracijske krivulje iz analize standardnih raztopin nitritov. Pri dušikovih oksidih in dioksidu je absorbent trietanolamin.

Pasivni vzorčevalnik za ozon

Epruvete s fluoriniranim etilenskim polimerom so pokrite s črnim termoplastičnim pokrovčkom. Obarvan pokrovček vsebuje absorbent. Filter s premerom enega mikrona je vstavljen v bel pokrovček za preprečitev vstopa delcev nitrata v zraku. Koncentracija nitratnih ionov, ki se kemijsko adsorbirajo, je kvantitativno določena z ionsko kromatografijo z referenčno na osnovi kalibracijske krivulje iz analize standardnih raztopin nitratov.

Pasivni vzorčevalnik za žveplov dioksid

Epruvete s fluoriniranim etilenskim polimerom so zaprte z vijoličnim in belim termoplastičnim pokrovom. Obarvan pokrovček vsebuje absorbent kalijev hidroksid. Filter

s premerom enega mikrona je vstavljen v bel pokrovček za preprečitev vstopa delcev, ki jih vsebuje dim. Koncentracija žveplovih ionov, ki se kemično adsorbirajo, se določi z ionsko kromatografijo na osnovi kalibracijske krivulje iz analize standardnih raztopin sulfatov.



Slika 7: Primer vzorčevalnika pri notranji izpostavitvi (Foto: Patricija Janežič)

Nosilce za vzorčevalnike so nam posodili v podjetju ERICo Velenje in sicer stacionarne vzorčevalnike (udeleženci so jih namestili v notranjih prostorih, kjer preživijo večino časa, ter zunaj, v okolici bivalnega prostora) ter mobilne vzorčevalnike (dijak je vzorčevalnike imel pri sebi). Vzorčevalniki niso bili izpostavljeni direktni sončni svetlobi, vlagi, dežju in niso smeli priti v stik s kislinami.



Slika 8: Primer vzorčevalnika pri zunanji izpostavitvi (Foto: Zdenka Lesjak)

Ob začetku postopka, ko smo vzorčevalnike izpostavili zunanjemu zraku, smo sneli bele pokrovčke na spodnjem delu epruvete oziroma smo epruveto vzeli iz plastičnega etuija (tisti vzorčevalniki, ki imajo na spodnji strani filtre).

Po opravljeni izpostavitvi smo cevke zopet zaprli oziroma jih spravili v plastične etuije in dali na hladno. Tako so počakali na laboratorijsko analizo.

3.3 Anketni vprašalnik

Nosilec pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov sva razdelili anonimne anketne vprašalnike, kamor so vpisali osebne podatke (spol, starost), podatke o zaposlenosti (če so zaposleni), podatke o bivališču, aktivnostih s katerimi se ukvarjajo, število članov v gospodinjstvu...

Anketa je bila sestavljena iz 19 vprašanj, od tega 5 odprtih in 14 zaprtih. Zaposleni anketiranci so odgovarjali na vseh 19 vprašanj, nezaposleni pa so izpustili del vprašanj, povezanih z delovnim mestom (7 vprašanj). Iz anketnega vprašalnika sva želeli izvedeti čim več o načinu izpostavljenosti zračnim onesnažilom. Spraševali sva o delovnem mestu, s čim se ukvarjajo v prostem času, koliko časa preživijo na prostem, koliko časa v povprečju porabijo za vožnjo z avtomobilom, število članov v gospodinjstvu. Vprašalnik je v prilogi (št. 1) raziskovalne naloge.

Nosilec difuzivnih vzorčevalnikov (mobilna izpostavitve) sva poleg anketnih vprašalnikov razdelili obrazce, v katere so vpisovali dnevne aktivnosti (spanje, zunanje aktivnosti, promet, aktivnosti v zaprtem prostoru) za vsako uro. Obrazec je v prilogi (št. 2).

3.4 Obdelava podatkov

Obdelava podatkov in rezultatov je potekala v treh fazah. Najprej sva rezultatom, ki so nama bili posredovani v Excelovi preglednici izračunali povprečja. Za prikaz podatkov in rezultatov sva uporabili meritve, izražene v $\mu\text{g}/\text{m}^3$. V drugi fazi sva izračunane povprečne vrednosti med seboj primerjali s pomočjo stolpičnih grafov. Ankete sva obdelali s pomočjo prikazovanja deležev v tortnem grafikonu in jim pripisali vrednost deleža. Tretja faza pa je bila namenjena pregledu in komentiranju rezultatov ter posameznih grafov.

4 REZULTATI

Zakonodajno so v Sloveniji predpisane mejne, alarmne, dopustne in ciljne vrednosti ter sprejemljiva preseganja koncentracij posameznih zračnih onesnažil. Predpisane dovoljene koncentracije zračnih onesnažil so usklajene z evropskimi direktivami in vrednostmi, ki jih določa Svetovna zdravstvena organizacija. V tabeli 4 so te vrednosti prikazane za urno, 3-urno, 8-urno, dnevno, zimsko in letno obdobje meritev.

Tabela 4: Mejne, alarmne, dopustne in ciljne vrednosti ter sprejemljiva preseganja koncentracij za leto 2008 (Bolte s sod., 2009)

	1 ura	3 ure	8ur	dan	zima	leto
SO ₂ (µg/m ³)	350 (MV) ¹	500 (AV)		125 (MV) ³ 75 (ZOP) ³ 50 (SOP) ³	20 (MV) 12 (ZOP) 8 (SOP)	20 (MV)
za zaščito	zdravja	zdravja		zdravja	ekositemov	ekositemov
NO ₂ (µg/m ³)	200 (MV) ² 100 (SOP) ² 140 (ZOP) ²	400 (AV)				46 (DV)= 40 (MV)+ 6 (SP) 26 (SOP) 32 (ZOP)
za zaščito	zdravja	zdravja				zdravja
NO _x (µg/m ³)						30 (MV) 19.5 (SPO) 24 (ZOP)
za zaščito						vegetacije
CO (mg/m ³)			10 (MV) 7 (ZOP) 5 (SOP)			
za zaščito			zdravja			
benzen (µg/m ³)						6.5 (DV)= 5 (MV)+ 1.5 (SP) 3.5 (ZOP) 2 (SOP)
za zaščito						zdravja
ozon (µg/m ³)	180(OV) 240(AV)		120 (CV) ⁵			40 (MV)
za zaščito	zdravja	zdravja				materialov
delci PM ₁₀ (µg/m ³)				50 (MV) ⁴ 20 (SOP) ⁴ 30 (ZOP) ⁴		40 (MV) 10 (SOP) 14 (ZOP)
za zaščito				zdravja		zdravja
svinec ▲ (ng/m ³) [*]						500 (MV) 250 (SOP) 350 (ZOP)
za zaščito						zdravja
kadmij ▲ (ng/m ³)						5 (CV)
za zaščito						zdravja
arzen ▲ (ng/m ³)						6 (CV)
za zaščito						zdravja
nikelj ▲ (ng/m ³)						20 (CV)
za zaščito						zdravja

¹ – vrednost je lahko presežena 24-krat v enem letu

³ – vrednost je lahko presežena 3-krat v enem letu

² – vrednost je lahko presežena 18-krat v enem letu

⁴ – vrednost je lahko presežena 35-krat v enem letu

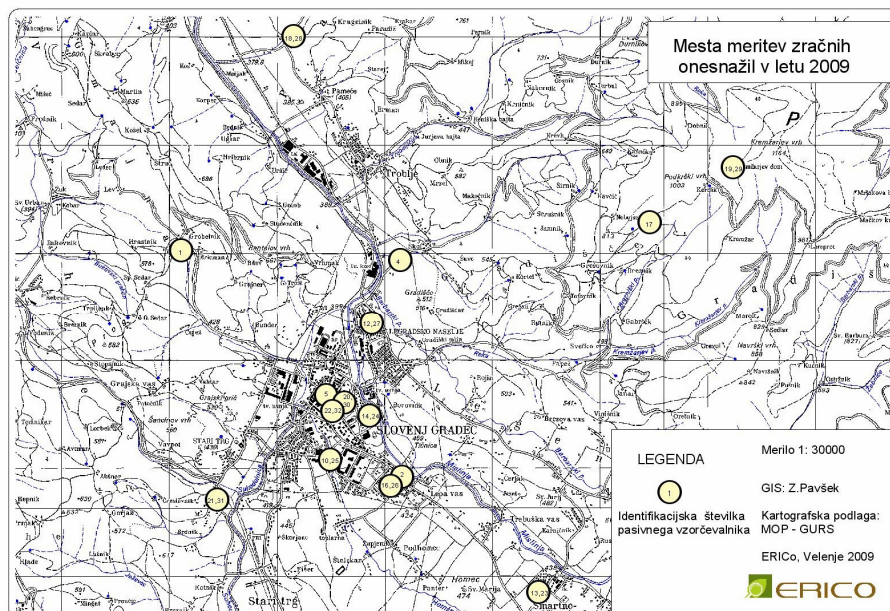
⁵ – vrednost je lahko presežena 25-krat v enem letu (cilj za leto 2010)

▲ izmerjeno v delcih PM₁₀

* Uredba o žveplovem dioksidu, dušikovih oksidih, delcih in svincu v zunanjem zraku sicer predpisuje koncentracije v µg/m³, vendar bomo zaradi nizkih vrednosti in zaradi lažje primerjave z ostalimi kovinami podajali koncentracije v ng/m³.

Na območju MO Slovenj Gradec smo merili koncentracije petih različnih zračnih onesnažil v ruralnem in urbanem okolju na 20 mestih (stacionarna izpostavitve) ter 5 mobilno izpostavljenih vzorčevalnikov na območju MO Slovenj Gradec in 2 mobilni

izpostavitvi, ki sta bili takšni, da sta se dijakinji vozili v šolo v MO Slovenj Gradec iz Šaleške doline.



Slika 9: Prikaz mest izpostavitvev na zemljevidu na območju MO Slovenj Gradec

Za primerjavo sva postavili 5 vzorčevalnikov (mobilna izpostavitvev) na območju Šaleške doline.

Izbrali smo 14-dnevno izpostavitvev vzorčevalnikov v poletnem času (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) in v zimskem času (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009). Rezultati so prikazani v tabelah 5 in 6.

Tabela 5: Rezultati meritev zračnih onesnažil v poletnem času od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009, na območju MO Slovenj Gradec

Z. št.	Id. št.	O ₃	SO ₂	NO ₂ -1.m.	NO ₂ -2.m.	NO _x	NO	O ₃	SO ₂	NO ₂ -1.m.	NO ₂ -2.m.	NO _x	NO	Način izpost.
		µg/m ³							ppb					
1	1	55,32	3,88	10,01	8,92	28,71	19,79	27,66	1,46	5,22	4,64	14,95	10,31	MI-SG
2	2	PMD	1,80	9,26	9,26	37,54	28,28	PMD	0,68	4,83	4,82	19,55	14,73	MI-SG
3	3	5,35	PMD	6,61	6,28	29,94	23,65	2,68	PMD	3,45	3,27	15,59	12,32	MI-SGVE
4	4	PMD	PMD	/	4,71	38,22	33,51	PMD	PMD	/	2,46	19,91	17,45	MI-SG
5	5	16,06	2,14	8,29	8,24	23,23	14,99	8,03	0,80	4,33	4,29	12,1	7,81	MI-SG
6	10	PMD	1,75	7,76	7,94	15,42	7,47	PMD	0,66	4,05	4,14	8,03	3,89	SI-SG-N
7	11	7,14	PMD	7,10	7,22	29,98	22,76	3,57	PMD	3,71	3,76	15,62	11,86	MI-SGVE
8	12	1,78	PMD	9,26	7,98	19,24	11,25	0,89	PMD	4,83	4,16	10,02	5,86	SI-SG-N
9	13	PMD	PMD	6,88	6,45	10,28	3,82	PMD	PMD	3,59	3,36	5,35	1,99	SI-SG-N
10	14	1,78	PMD	11,16	10,96	30,32	19,36	0,89	PMD	5,82	5,71	15,79	10,09	SI-SG-N
11	16	PMD	PMD	11,64	11,85	30,92	19,07	PMD	PMD	6,08	6,17	16,1	9,93	SI-SG-N
12	17	64,25	4,50	4,94	4,46	26,41	21,95	32,13	1,69	2,58	2,32	13,76	11,43	MI-SG
13	18	PMD	3,00	8,73	8,32	27,35	19,02	PMD	1,13	4,56	4,34	14,24	9,91	SI-SG-N
14	19	PMD	2,20	21,48	19,53	45,27	25,73	PMD	0,83	11,21	10,17	23,58	13,40	SI-SG-N
15	20	PMD	PMD	10,67	9,55	20,43	10,87	PMD	PMD	5,57	4,98	10,64	5,66	SI-SG-N
16	21	PMD	2,03	7,45	7,09	26,71	19,62	PMD	0,76	3,89	3,69	13,91	10,22	SI-SG-N
17	22	24,99	1,32	6,53	7,01	21,87	14,86	12,50	0,50	3,41	3,65	11,39	7,74	SI-SG-N
18	23	58,89	PMD	10,05	9,55	28,88	19,32	29,45	PMD	5,25	4,98	15,04	10,06	SI-SG-Z
19	24	62,46	PMD	10,63	10,28	35,50	25,22	31,23	PMD	5,55	5,35	18,49	13,14	SI-SG-Z
20	25	30,34	/	7,72	7,64	17,92	10,28	15,17	/	4,03	3,98	9,33	5,35	SI-SG-Z
21	26	51,76	PMD	13,76	13,12	33,21	20,09	25,88	PMD	7,18	6,83	17,3	10,46	SI-SG-Z
22	27	51,76	PMD	10,45	8,88	19,53	10,66	25,88	PMD	5,45	4,62	10,17	5,55	SI-SG-Z
23	28	58,89	PMD	7,85	7,05	25,44	18,39	29,45	PMD	4,10	3,67	13,25	9,58	SI-SG-Z
24	29	82,09	1,94	8,11	7,43	24,21	16,77	41,05	0,73	4,24	3,87	12,61	8,74	SI-SG-Z
25	30	48,19	PMD	14,86	13,29	27,65	14,35	24,10	PMD	7,76	6,92	14,4	7,48	SI-SG-Z
26	31	73,17	1,75	8,25	7,90	20,85	12,95	36,59	0,66	4,30	4,11	10,86	6,75	SI-SG-Z
27	32	66,03	3,13	11,55	10,62	25,44	14,82	33,02	1,18	6,03	5,53	13,25	7,72	SI-SG-Z

Legenda:

Merilna negotovost:

O₃: ± 8,08 %- SO₂: ± 12,38 %
 NO₂: ± 8,07 % NO_x: ± 8,07 %

Meja določitve:

O₃: 0,04 µg SO₂: 0,019 µg
 NO₂: 0,011 µg NO₂: 0,11 ppb
 NO_x: 3,43 ppb

PMD: pod mejo določitve uporabljene analitske metode

+

MI-SG: mobilna izpostavitvev dijaka v Slovenj Gradcu

MI-SGVE: mobilna izpostavitvev dijaka Slovenj Gradec – Velenje

SI-SG-Z: zunanja, stacionarna izpostavitvev

SI-SG-N: notranja, stacionarna izpostavitvev

/ : Ni meritve (npr. poškodbe vzorčevalnika ...).

Ugotovili sva, da so bile vse izmerjene vrednosti povprečnih koncentracij zračnih onesnaževal v poletnem in zimskem obdobju na območju MO Slovenj Gradec v letu 2009 pod mejnimi vrednostmi, ki jih določa evropska in slovenska zakonodaja z namenom zaščite zdravja ljudi.

V poletnem 14-dnevnem obdobju meritev so bile koncentracije žveplovega dioksida (SO_2) 14-krat pod mejo določitve uporabljene analitske metode - PMD (tabela 5) od skupno 27-tih meritev. Od tega je bilo največ meritev pri stacionarni zunanji izpostavitvi (6-krat) in stacionarni notranji izpostavitvi (5-krat). Pod mejo določitve koncentracije žveplovega dioksida v poletnem obdobju sta bili tudi obe mobilni izpostavitvi, ko sva vzorčevalnike prenašali iz Velenja v Slovenj Gradec in nazaj. Od mobilnih izpostavitvev v Slovenj Gradcu je bil za žveplov dioksid en primer od petih pod mejo določitve. Največja koncentracija žveplovega dioksida ($4,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila v poletnem obdobju izmerjena v primeru mobilne izpostavitve. Od izmerjenih vrednosti koncentracij žveplovega dioksida v 14-dnevnem poletnem obdobju izpostavitve 2009 na območju MO Slovenj Gradec je povprečna izračunana koncentracija SO_2 $2,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Meritve koncentracij ozona (O_3) v poletnem času so bile PMD v devetih primerih od 27-tih (tabela 5). Od teh 9-ih primerov meritev je bilo 7 takšnih, da so bili vzorčevalniki stacionarno izpostavljeni v notranjih bivalnih prostorih udeležencev v raziskavi, 2 primera pa sta bila pri mobilni izpostavitvi v Slovenj Gradcu. Ugotavljava, da so bile v poletnem obdobju koncentracije ozona v bivalnih prostorih občanov Slovenj Gradca v večini primerov PMD. Največja koncentracija ozona ($82,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila izmerjena v ruralnem okolju pri zunanji stacionarni izpostavitvi (Kremžarica). Malo manjša vrednost za ozon, to je $73,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, je bila izmerjena v urbanem delu Slovenj Gradca (Stari trg), zunaj na prostem. Izračunana povprečna koncentracija ozona (brez meritve PMD) za 14-dnevno obdobje izpostavitve v juniju 2009 je bila $42,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Povprečna koncentracija dušikovih oksidov (NO_x) na območju MO Slovenj Gradec v poletnem obdobju izpostavitve (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) je bila $26,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ne glede na način izpostavitve. Najmanjša vrednost NO_x (tabela 5; $10,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila izmerjena na lokaciji Šmartno pri Slovenj Gradcu v notranjem prostoru (ruralno okolje). Največja koncentracija NO_x ($45,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila izmerjena v notranjem prostoru na Kremžarici. Druga največja vrednost NO_x ($38,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila izmerjena pri mobilni izpostavitvi, ko udeleženec biva v urbanem delu MO Slovenj Gradec, svoj prosti čas pa preživlja veliko na prostem (več kot 4 ure v povprečju) s sprehodi, na igrišču in z obiskovanjem lokalov v Slovenj Gradcu.

Najmanjša izpostavljenost koncentracijam dušikovega monoksida (NO ; $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila poleti izmerjena v notranjem prostoru v ruralnem okolju (tabela 5). Največja vrednost NO ($33,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) pa je bila izmerjena pri isti mobilni izpostavitvi, ko je bila izmerjena največja NO_x vrednost (v urbanem delu na območju MO Slovenj Gradec). Povprečna vrednost koncentracije NO na območju MO Slovenj Gradec je bila v poletnem obdobju $17,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Od dušikovih oksidov je bil v poletnem in v zimskem času merjen še dušikov dioksid (NO_2). Povprečna koncentracija dušikovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec (če upoštevamo načine izpostavitve in obe meritvi) je bila $9,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Največja koncentracija NO_2 je bila izmerjena na Kremžarici (tabela 5; $21,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Meritve zračnih onesnažil na območju MO Slovenj Gradec v zimskem času (tabela 6), od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009, so bile izvedene na enak način, kot v poletnem času.

Tabela 6: Rezultati meritev zračnih onesnažil v zimskem času, od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009 na območju MO Slovenj Gradec

Z. št.	Id. št.	O ₃	SO ₂	NO ₂ -1.m.	NO ₂ -2.m.	NO _x	NO	O ₃	SO ₂	NO ₂ -1.m.	NO ₂ -2.m.	NO _x	NO	Način izpost.
		μg/m ³							ppb					
1	2	8,92	PMD	6,41	6,88	62,38	55,50	4,46	PMD	3,35	3,58	32,49	28,91	MI-SG
2	4	1,78	PMD	3,91	3,35	33,72	30,36	0,89	PMD	2,04	1,75	17,56	15,81	MI-SG
3	7	8,92	2,53	4,50	6,41	35,03	28,62	4,46	0,95	2,35	3,34	18,25	14,91	SI-SG-N
4	8	8,92	PMD	9,89	9,05	37,75	28,71	4,46	PMD	5,16	4,71	19,66	14,95	MI-SG
5	10	5,35	PMD	5,69	5,61	32,23	26,63	2,68	PMD	2,97	2,92	16,79	1,87	SI-SG-N
6	12	17,85	PMD	17,50	16,01	50,79	34,78	8,92	PMD	9,13	8,34	26,45	18,11	SI-SG-Z
7	13	8,92	PMD	6,75	6,24	41,91	35,67	4,46	PMD	3,52	3,25	21,83	18,58	SI-SG-N
8	14	3,57	PMD	5,22	4,76	65,36	60,60	1,78	PMD	2,73	2,48	34,04	31,56	SI-SG-N
9	16	10,71	PMD	13,59	12,87	83,70	70,83	5,35	PMD	7,09	6,70	43,59	36,89	MI-SG
10	17	1,78	3,34	6,84	6,12	65,27	59,16	0,89	1,25	3,57	3,18	33,99	30,81	MI-SG
11	18	PMD	3,92	6,12	5,82	45,14	39,32	PMD	1,47	3,19	3,03	23,51	20,48	SI-SG-N
12	19	1,78	3,39	12,57	9,60	28,15	18,56	0,89	1,27	6,56	5,00	14,66	9,67	SI-SG-N
13	20	PMD	3,81	5,56	5,69	33,25	27,56	PMD	1,43	2,90	2,96	17,32	14,35	SI-SG-N
14	21	8,92	2,00	14,61	15,29	42,17	26,88	4,46	0,75	7,62	7,96	21,96	14,00	SI-SG-Z
15	22	14,28	PMD	21,40	20,00	54,82	34,82	7,14	PMD	11,17	10,42	28,55	18,14	SI-SG-Z
16	23	10,71	1,71	12,10	11,55	51,64	40,09	5,35	0,64	6,32	6,02	26,90	20,88	SI-SG-Z
17	24	8,92	PMD	17,28	16,82	56,01	39,20	4,46	PMD	9,02	8,76	29,17	20,41	SI-SG-Z
18	25	7,14	PMD	13,97	13,76	40,98	27,22	3,57	PMD	7,29	7,17	21,34	14,18	SI-SG-Z
19	26	3,57	2,82	9,64	10,15	38,09	27,94	1,78	1,06	5,03	5,29	19,84	14,55	SI-SG-Z
20	27	PMD	2,29	13,50	13,38	29,51	16,14	PMD	0,86	7,05	6,97	15,37	8,40	SI-SG-N
21	28	21,42	PMD	12,91	12,78	41,11	28,32	10,71	PMD	6,74	6,66	21,41	14,75	SI-SG-Z
22	29	70,80	PMD	9,34	10,66	29,90	19,24	35,40	PMD	4,88	5,55	15,57	10,02	SI-SG-Z
23	30	15,97	1,86	17,50	18,18	44,29	26,12	7,99	0,70	9,13	9,47	23,07	13,60	SI-SG-Z
24	35	12,49	PMD	14,35	14,31	45,18	30,87	6,25	PMD	7,49	7,45	23,53	16,08	SI-SG-N
25	37	PMD	3,49	3,74	3,35	29,77	26,41	PMD	1,31	1,95	1,75	15,5	13,76	MI-SGVE
26	39	3,57	1,95	9,26	9,17	24,76	15,59	1,78	0,73	4,83	4,78	12,89	8,12	MI-SGVE
27	40	17,85	PMD	16,22	15,71	40,94	25,22	8,92	PMD	8,47	8,18	21,32	13,14	SI-SG-N

Legenda:

Merilna negotovost:

O₃: ± 8,08 % SO₂: ± 12,38 %

NO₂: ± 8,07 % NO_x: ± 8,07 %

Meja določitve:

O₃: 0,04 μg SO₂: 0,019 μg

NO₂: 0,011 μg NO₂: 0,11 ppb

NO_x: 3,43 ppb

PMD: pod mejo določitve uporabljene analitske metode

MI-SG: mobilna izpostavitve dijaka v Slovenj Gradcu

MI-SGVE: mobilna izpostavitve dijaka Slovenj Gradec – Velenje

SI-SG-Z: zunanja, stacionarna izpostavitve

SI-SG-N: notranja, stacionarna izpostavitve

/ : Ni meritve (npr. poškodbe vzorčevalnika ...).

V zimskem delu izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov so bile koncentracije žveplovega dioksida (SO₂) 14-krat od 27-tih meritev PMD (Tabela 6). Največ meritev PMD je bilo pri stacionarni zunanji izpostavitvi (6-krat). Pri mobilni izpostavitvi (MI-SG) je bilo takšnih meritev v 4-ih primerih od petih in pri stacionarni notranji izpostavitvi v 3 primerih od 10-ih. Največja koncentracija SO₂ v zimskem delu meritev je bila 3,9 μg/m³ in je manjša od poletne najvišje izmerjene vrednosti. Razlika v največji vrednosti med obdobjema

meritev je tudi ta, da je bila največja koncentracija SO₂ v zimskem delu izmerjena v ruralnem okolju v notranjih - bivalnih prostorih, medtem ko je bila najvišja vrednost v poletnem delu meritev izmerjena v primeru mobilne izpostavitve. Od izmerjenih koncentracij žveplovega dioksida v 14-dnevnom obdobju november-december 2009 na območju MO Slovenj Gradec je bila povprečna koncentracija SO₂ 2,76 µg/m³.

V zimskem delu meritev so bile koncentracije ozona (O₃) pod PMD v 4-ih primerih od 27-tih. Od tega je v treh primerih šlo za meritve v zaprtih (notranjih) prostorih in v enem primeru za mobilno izpostavitve, ko je dijakinja vzorčevalnike prenašala iz Velenja v Slovenj Gradec in nazaj. Glede na poletne in zimske meritve ugotavlja, da so koncentracije ozona v bivalnih prostorih občanov Slovenj Gradca manjše, kot v zunanjem prostoru v obeh letnih časih. Večjim koncentracijam ozona so tako bolj izpostavljeni tisti ljudje, ki so bolj športno aktivni in več časa preživijo na prostem. Največja koncentracija ozona (70,8 µg/m³) je bila v zimskem delu za 11,3 µg/m³ manjša od poletne najvišje meritve ozona, toda v obeh letnih časih je bila najvišja vrednost izmerjena v primeru zunanje stacionarne izpostavitve na Kremžarici. Višje ležeči kraji na območju MO Slovenj Gradec so izpostavljeni večjim koncentracijam ozona. Meritve ozona na drugih lokacijah so bile precej manjše, to je za 3,4 µg/m³ ali več. Izračunana povprečna koncentracija ozona (brez meritev PMD) za 14-dnevno obdobje izpostavitve v zimskem obdobju 2009 je bila 11,9 µg/m³ in je bila za 3,55-krat manjša od poletne.

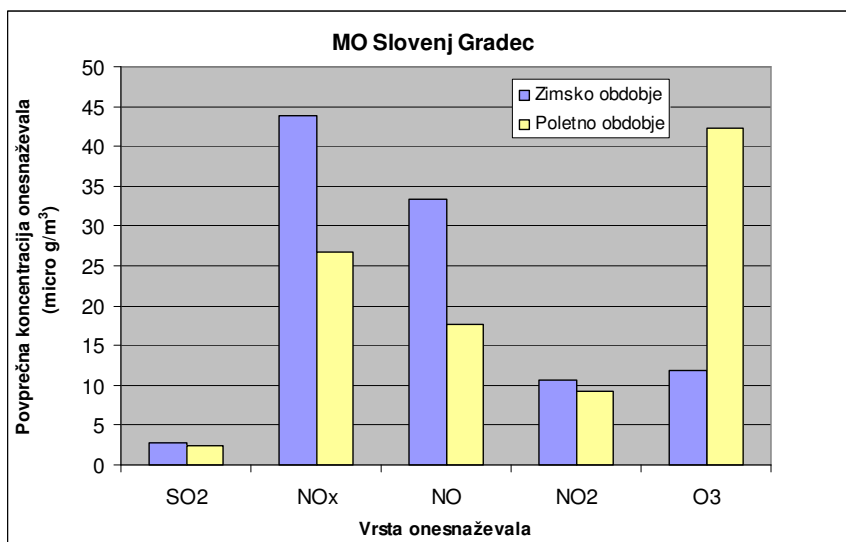
Povprečna koncentracija dušikovih oksidov (NO_x) na območju MO Slovenj Gradec (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009) je bila 43,8 µg/m³ ne glede na način izpostavitve in je bila v zimskem delu meritev za 1,6-krat večja, kot v poletnem delu meritev (poleti: 26,7 µg/m³). Najmanjša vrednost NO_x (24,8 µg/m³) je bila izmerjena v primeru mobilne izpostavitve, ko sva prenašali vzorčevalnike iz Velenja v Slovenj Gradec in nazaj. Druga najmanjša vrednost (28,2 µg/m³) je bila izmerjena na Kremžarici. Največja koncentracija NO_x (83,7 µg/m³) je bila izmerjena v primeru mobilne izpostavitve, ko je udeleženec v raziskavi večino časa preživel v urbanem okolju, kjer je tudi bival. Iz meritev najvišjih in najnižjih vrednosti NO_x sva ugotovili, da način izpostavitve na koncentracije NO_x ni pomembno vplival, velik vpliv na koncentracije NO_x ima obdobje izvajanja meritev.

V zimskem času izpostavitve je bila izmerjena najmanjša izpostavljenost koncentracijam dušikovega monoksida (NO) $15,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in je večja od najmanjše izmerjene koncentracije NO v poletnem obdobju meritev. Največja vrednost NO v zimskem delu meritev ($70,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila izmerjena pri isti mobilni izpostavitvi, kot je bila izmerjena največja NO_x vrednost (v urbanem delu Slovenj Gradca), enako pa sva ugotovili tudi v poletnem obdobju meritev. Povprečna vrednost koncentracije NO v zimskem obdobju meritev na območju MO Slovenj Gradec je bila $33,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Povprečna koncentracija dušikovega dioksida (NO_2) na območju MO Slovenj Gradec, če upoštevamo vse načine izpostavitve in obe ponovitvi meritev, je bila $10,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Največja koncentracija NO_2 ($21,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) je bila izmerjena v urbanem okolju v zunanjem prostoru. Iz meritev sva ugotovili, da letni čas nima tako pomembnega vpliva na koncentracijo NO_2 , kot na koncentracije NO in NO_x .

Pri upoštevanju vseh meritev (notranji in zunanji prostor ter mobilna izpostavitve) zimskega dela izpostavitve vzorčevalnikov s poletnimi meritvami na območju MO Slovenj Gradec sva ugotovili, da so bile koncentracije žveplovega dioksida v poletnem in v zimskem času najmanjše glede na druge vrste onesnažil. Največje povprečne koncentracije smo izračunali za dušikove okside (NO_x) v zimskem in za ozon (O_3) v poletnem času (slika 10).

Koncentracije ozona v zimskem obdobju so bile v primerjavi s koncentracijami v poletnem obdobju meritev nižje za več kot polovico (stacionarna in mobilna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov), medtem ko so bile koncentracije dušikovega dioksida, dušikovega monoksida oziroma dušikovih oksidov večje v zimskem delu meritev (slika 10). Za koncentracije žveplovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec ne ugotavljamo velikih razlik v poletnem in zimskem delu meritev (slika 10).



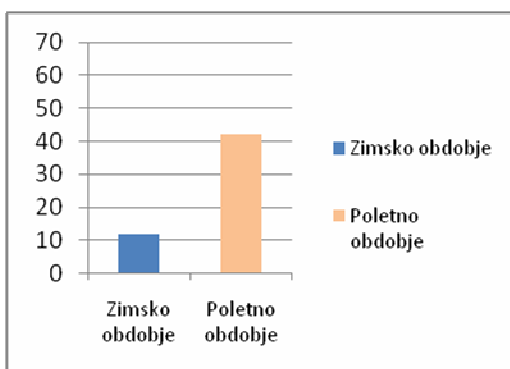
Slika 10: Povprečna koncentracije zračnih onesnažil na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju meritev

4.1 Ozon

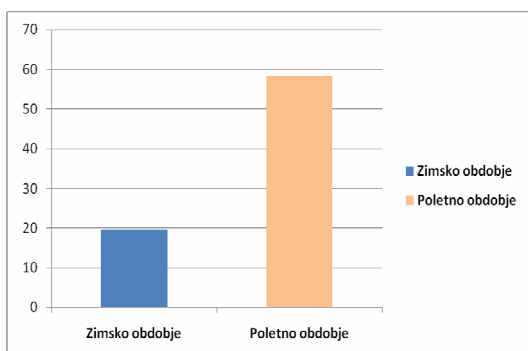
Na območju MO Slovenj Gradec so meritve zračnih onesnažil pokazale, da je bila koncentracija ozona v poletnem obdobju (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) večja, kot v zimskem obdobju (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009). Do enakih ugotovitev sva prišli, ko sva primerjali meritve za Velenje (stacionarna in mobilna izpostavitve vzorčevalnikov) (slika 11, slika 12).

Presenetili so naju rezultati, da je v ruralnem okolju več ozona, kot v urbanem in da je s tem izpostavljenost ljudi ozonu v ruralnem okolju večja (izpostavitve na območju MO Slovenj Gradec in območje Šaleške doline skupaj) - slika 13.

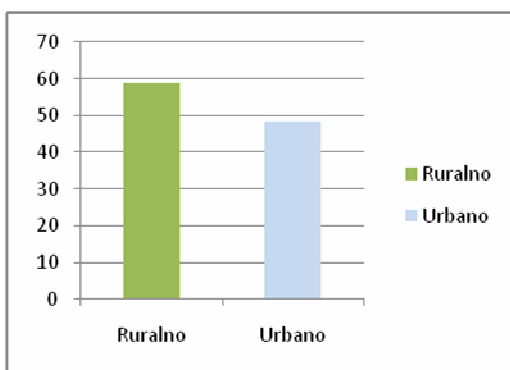
Udeleženci v raziskavi so bili na območju Šaleške doline v merjenem obdobju bolj izpostavljeni ozonu v poletnem in v zimskem času, kot prebivalci na območju MO Slovenj Gradec (slika 14, slika 15).



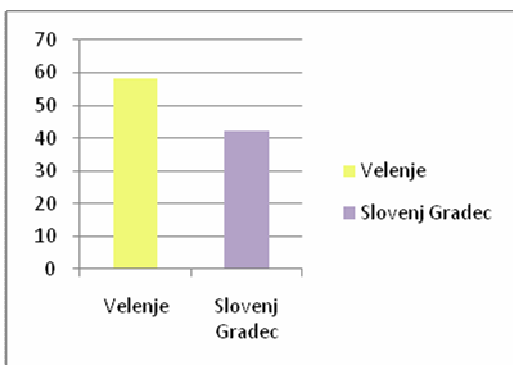
Slika 11: Koncentracije ozona v MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 – 23. 6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



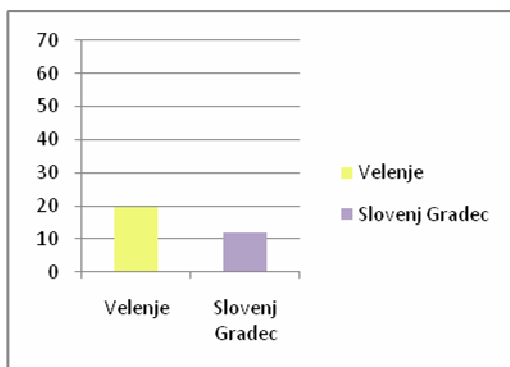
Slika 12: Koncentracije ozona na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



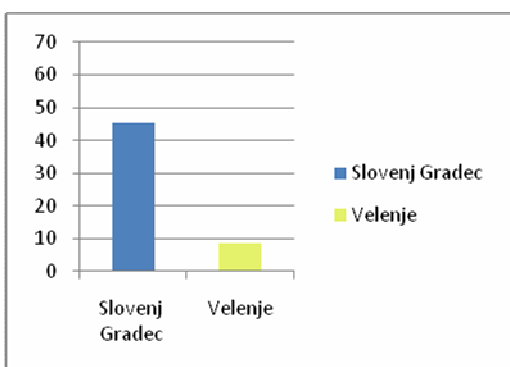
Slika 13: Primerjava ozona v ruralnem in urbanem okolju v MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)



Slika 14: Primerjava koncentracij ozona med MO Slovenj Gradec in Šaleško dolino v poletnem času meritev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)



Slika 15: Primerjava koncentracij ozona med MO Slovenj Gradec in Šaleško dolino v zimskem času meritev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)

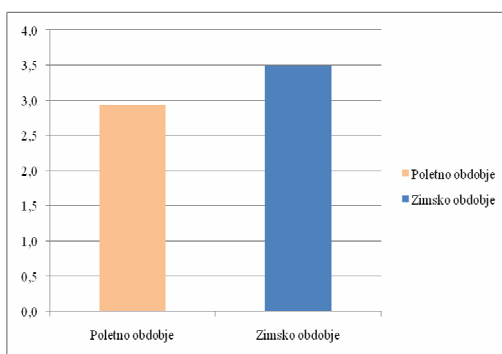


Slika 16: Primerjava koncentracij ozona mobilne izpostavitve na območju MO Slovenj Gradec in Šaleško dolino v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju meritev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)

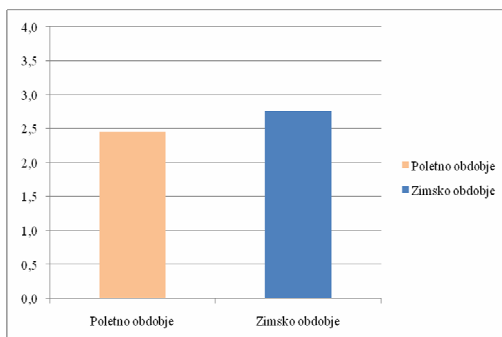
4.2 Žveplov dioksid

Na območju MO Slovenj Gradec so meritve zračnih onesnažil pokazale, da je bila koncentracija SO₂ v zimskem obdobju (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009) malo večja kot v poletnem obdobju (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) - slika 17. Na območju MO Slovenj Gradec je koncentracija SO₂ v zimskem obdobju (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009) manjša od koncentracije SO₂ na območju Šaleške doline. Do enake ugotovitve sva prišli v primerjavi s poletnim obdobjem (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) - slika 19 in slika 20.

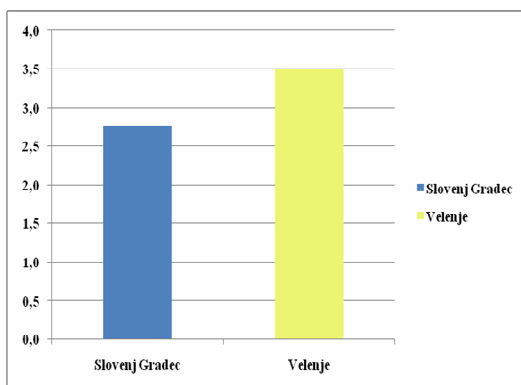
Koncentracije SO₂ v ruralnem in urbanem okolju so bile v enakih povprečnih vrednostih (izpostavitvev na območju MO Slovenj Gradec in območje Šaleške doline skupaj) - slika 21. Dijaki, ki so sodelovali pri mobilni izpostavitvi na območju MO Slovenj Gradec, so bolj izpostavljeni žveplovemu dioksidu, kot dijaki na območju Šaleške doline (mobilna izpostavitvev vzorčevalnikov) - slika 22.



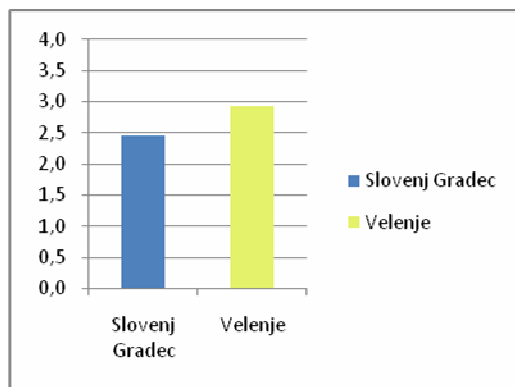
Slika 17: Koncentracije žveplovega dioksida na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



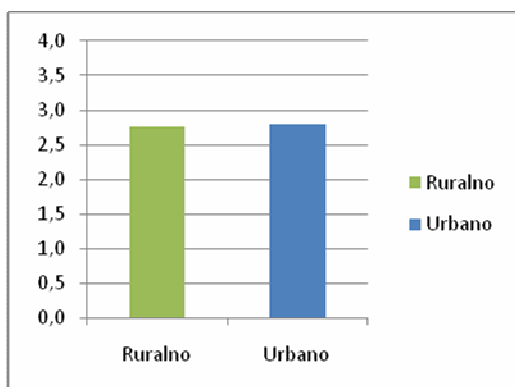
Slika 18: Koncentracija žveplovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



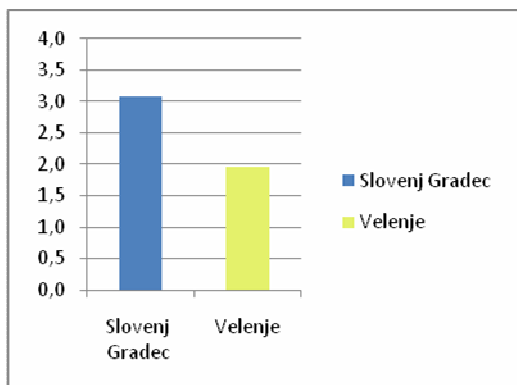
Slika 19: Primerjava koncentracij žveplovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v zimskem času izpostavitv (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



Slika 20: Primerjava koncentracij žveplovega dioksida v MO Slovenj Gradec in v Šaleški dolini v poletnem času izpostavitv (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)



Slika 21: Primerjava koncentracij žveplovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem času izpostavitv (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)

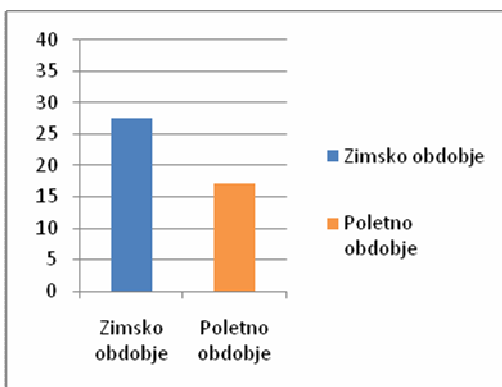


Slika 22: Koncentracije žveplovega dioksida v mobilni izpostavitvi na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec v poletnem obdobju izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)

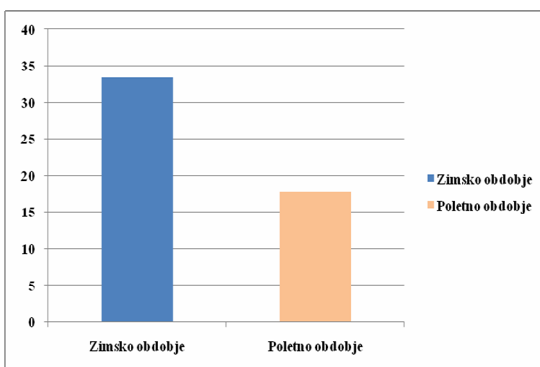
4.3 Dušikov monoksid

V MO Slovenj Gradec so meritve zračnih onesnažil pokazale, da je bila koncentracija dušikovega monoksida v zimskem obdobju (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009) večja od koncentracij NO v poletnem obdobju (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) - slika 24. Koncentracije NO na območju Šaleške doline so primerljive v poletnem in zimskem obdobju (stacionarna izpostavitve vzorčevalnikov) - slika 23.

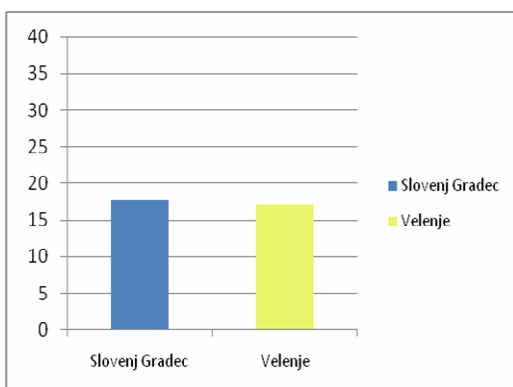
V poletnem obdobju (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) se koncentracije NO gibljejo v enakih vrednostih na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline (slika 25), v zimskem pa so koncentracije NO večje na območju MO Slovenj Gradec (slika 26). Koncentracije dušikovega monoksida so približno enake v ruralnem in urbanem okolju (slika 27). Dijaki iz območja MO Slovenj Gradec so bolj izpostavljeni NO kot dijaki iz območja Šaleške doline (mobilna izpostavitve vzorčevalnikov) - slika 28.



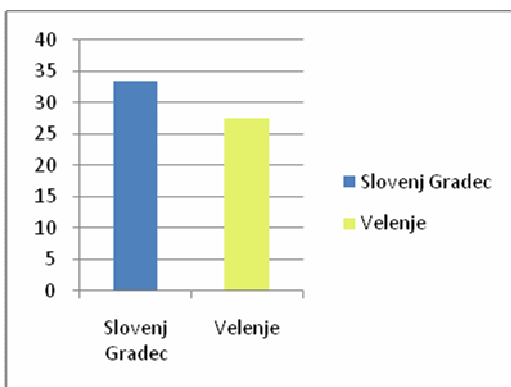
Slika 23: Koncentracije dušikovega monoksida na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



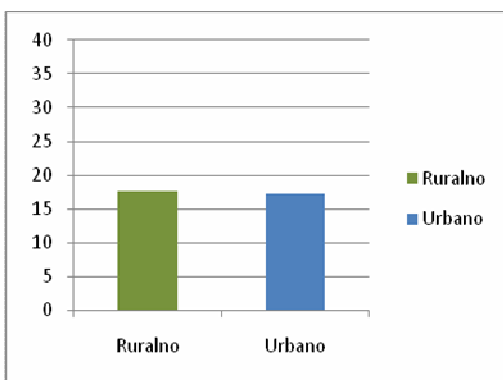
Slika 24: Koncentracije dušikovega monoksida na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



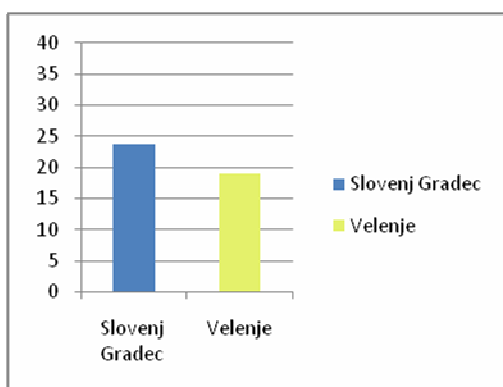
Slika 25: Koncentracije dušikovega monoksida v poletnem obdobju izpostavitve (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec



Slika 26: Koncentracije dušikovega monoksida v zimskem obdobju izpostavitvev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline



Slika 27: Koncentracije dušikovega monoksida v ruralnem in urbanem okolju na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)



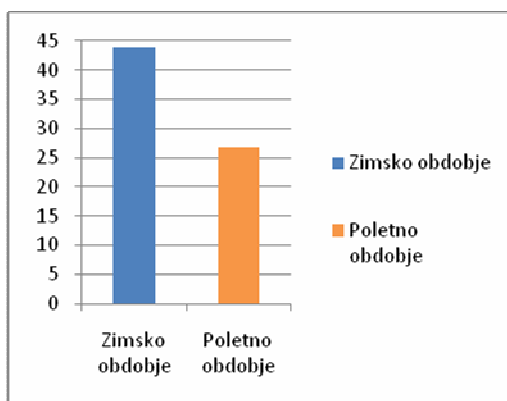
Slika 28: Koncentracije dušikovega monoksida pri mobilni izpostavitvi na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) obdobju izpostavitvev

4.4 Dušikovi oksidi

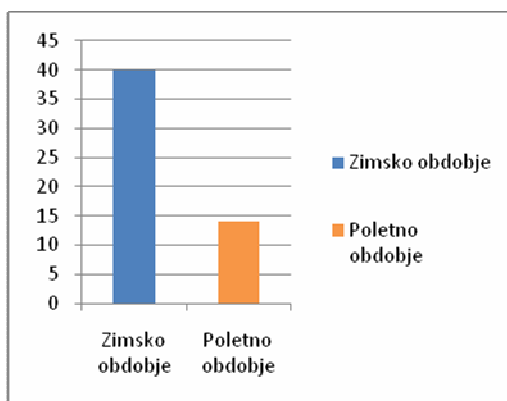
Na območju MO Slovenj Gradec so meritve zračnih onesnažil pokazale, da je bila koncentracija dušikovih oksidov v zimskem obdobju (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009)

veliko večja, kot koncentracija NO_x v poletnem v obdobju (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) - slika 29, prav tako je bilo tudi na območju Šaleške doline (stacionarna izpostavitve vzorčevalnikov) - slika 30.

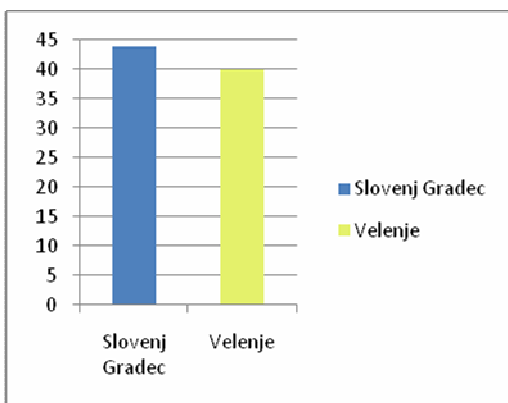
Koncentracije dušikovih oksidov so prav tako v poletnem, kot tudi v zimskem obdobju izpostavitve večje na območju MO Slovenj Gradec, kot na območju Šaleške doline (stacionarna izpostavitve vzorčevalnikov) - slika 31, slika 32. Koncentracije NO_x so v urbanem okolju večje, kot v ruralnem (na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec skupaj) - slika 33. Koncentracijam NO_x so bili bolj izpostavljeni dijaki na območju MO Slovenj Gradec - mobilna izpostavitve vzorčevalnikov) - slika 34.



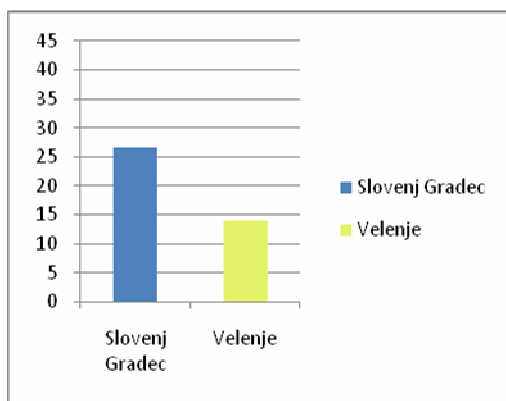
Slika 29: Koncentracije dušikovih oksidov na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



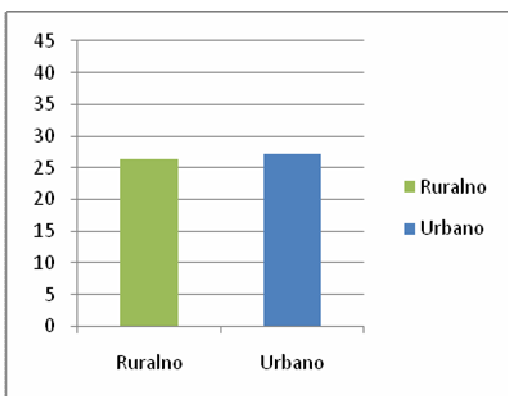
Slika 30: Koncentracije dušikovih oksidov na območju Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitve (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



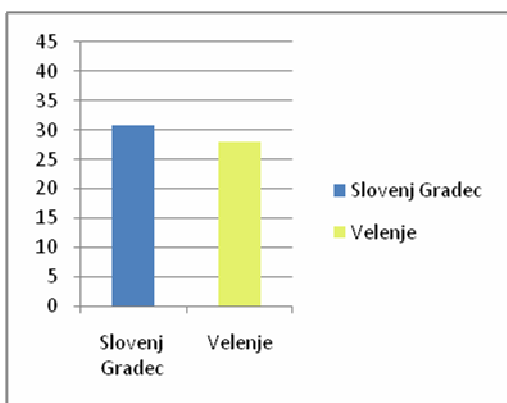
Slika 31: Koncentracije dušikovih oksidov v zimskem času izpostavitvev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline



Slika 32: Koncentracije dušikovih oksidov v poletnem času izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline



Slika 33: Koncentracije dušikovih oksidov v ruralnem in urbanem okolju na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)

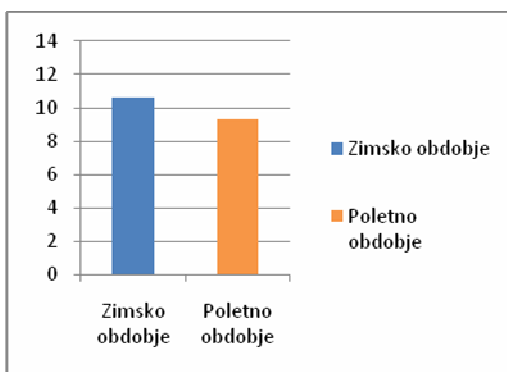


Slika 34: Koncentracije dušikovih oksidov pri mobilni izpostavitvi na območju MO Slovenj Gradec in na območju Šaleške doline v poletnem obdobju izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009)

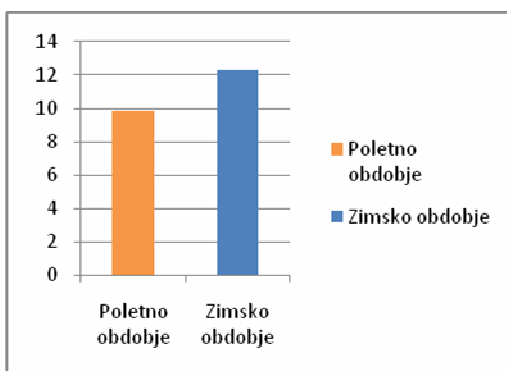
4.5 Dušikov dioksid

Na območju MO Slovenj Gradec so meritve zračnih onesnažil pokazale, da je bila koncentracija dušikovega dioksida v zimskem obdobju (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009) malo večja, kot koncentracija NO_2 v poletnem obdobju (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) - slika 35. Enako ugotavljava za območje Šaleške doline (stacionarna izpostavitvev vzorčevalnikov) - slika 36.

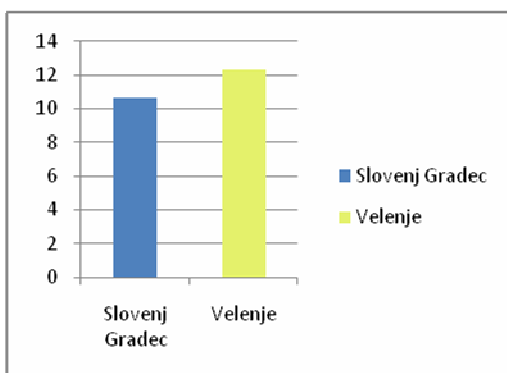
Koncentracije NO_2 so v zimskem obdobju, kot tudi v poletnem večje na območju Šaleške doline (slika 37, slika 38) - stacionarna izpostavitvev vzorčevalnikov. Izpostavljenost NO_2 je večja v urbanem, kot v ruralnem okolju (meritve na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec skupaj) - slika 39. Pri mobilni izpostavitvi so dijaki na območju Šaleške doline bolj izpostavljeni dušikovemu dioksidu, kot dijaki na območju MO Slovenj Gradec (slika 40).



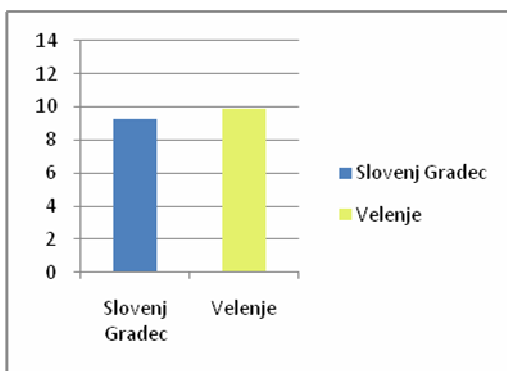
Slika 35: Koncentracije dušikovega dioksida na območju MO Slovenj Gradec v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitvev (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



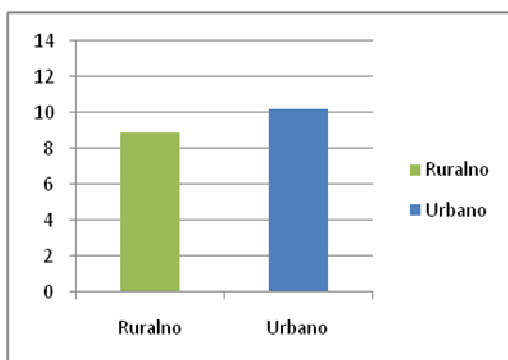
Slika 36: Koncentracije dušikovega dioksida na območju Šaleške doline v poletnem v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem obdobju izpostavitv (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009)



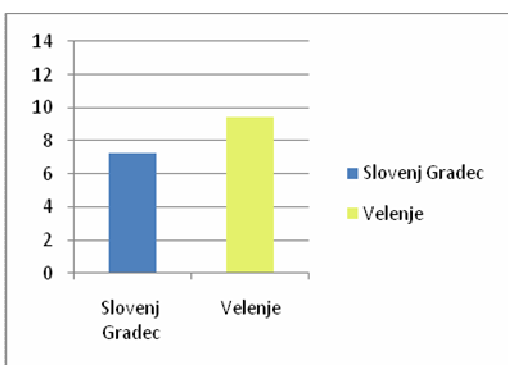
Slika 37: Koncentracije dušikovega dioksida v zimskem času izpostavitv (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline



Slika 38: Koncentracije dušikovega dioksida v poletnem času izpostavitv (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec



Slika 39: Koncentracije dušikovega dioksida v ruralnem in urbanem okolju na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) obdobju izpostavitvev



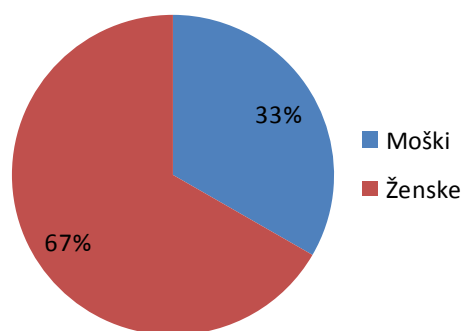
Slika 40: Koncentracije dušikovega dioksida pri mobilni izpostavitvi v poletnem času izpostavitvev (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec

4.6 Anketni vprašalnik

Za anketiranje in izvajanje izpostavitvev so bile bolj pripravljene sodelovati ženske (slika 41). Pri anketiranju sva povpraševali tudi po statusu oz. zaposlitvi (slika 42). Rezultati anketiranja so pokazali, da je bilo sodelujočih največ s končano osnovno šolo. Ugotovili sva, da ima večina anketirancev 4 družinske člane (slika 43), sledijo družine s 3, 5 in 6 družinskimi člani, nekaj pa jih je tudi z 2 ali 7 družinskimi člani. Večina anketirancev je živela v hišah (slika 44), le majhen odstotek v večstanovanjskih stavbah. Na vprašanje glede zaposlitve (slika 45) so prevladovali tisti, ki se trenutno šolajo, bilo je tudi nekaj kvartarne dejavnosti, premogovnik, ljudje ki čakajo na zaposlitev in sekundarne dejavnosti. Zaradi izpostavljenosti emisijam zraka sva dodali graf, koliko časa ljudje, ki niso zaposleni, preživijo dnevno na prostem. Polovica anketirancev je odgovorila, da na prostem preživi več kot 4 ure, polovica pa manj kot 4 ure (slika 46). Želeli sva tudi izvedeti, koliko časa preživijo na prostem zaposleni (slika 47). Ugotovili sva, da se delež

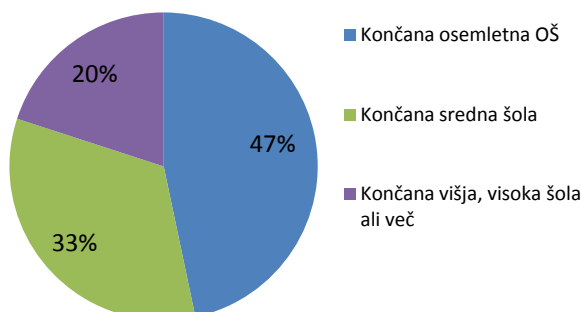
tistih, ki preživijo zunaj več kot 4 ure zmanjša na 40 %, tisti ki preživijo od 2 do 4 ure je prav tako 40 % in 20 % tistih, ki na prostem preživijo 1 do 2 uri. Opazili sva, da pri zaposlenih manj kot polovica preživi zunaj več kot 4 ure. Nihče od anketirancev ne preživi na prostem manj kot 1 uro na dan. Ugotavljava, da na izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom veliko bolj vpliva kakovost notranjega kot zunanjega zraka, saj pretežni del časa preživijo v notranjih prostorih. Žal ugotavljava, da je slovenska zakonodaja pomanjkljiva in število raziskav, ki bi se ukvarjale s kakovostjo zraka (zračna onesnažila) v Sloveniji premalo.

Spol udeležencev v raziskavi



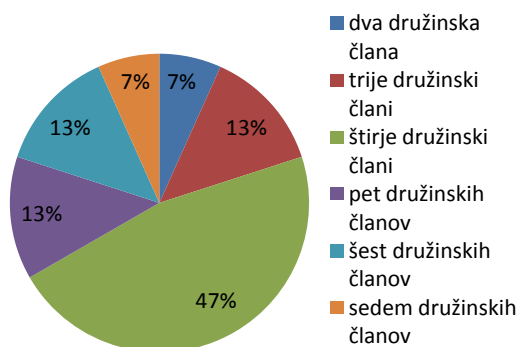
Slika 41: Delež moških in žensk, ki so sodelovali v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitve

Izobrazba udeležencev v raziskavi



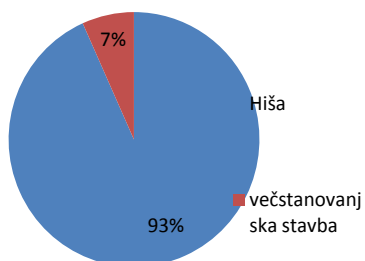
Slika 42: Stopnja izobrazbe udeležencev, ki so sodelovali v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitve

Število družinskih članov v gospodinstvu



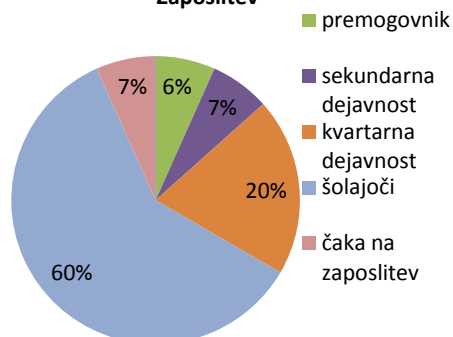
Slika 43: Število članov v družini sodelujočih v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitve

Tip stalnega prebivališča



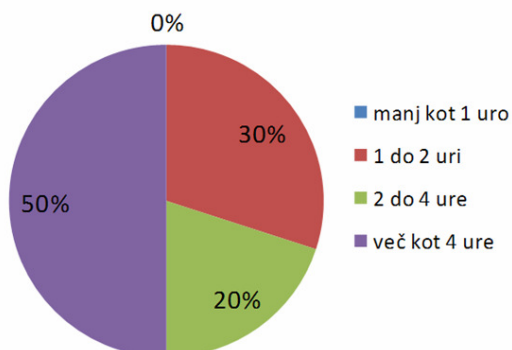
Slika 44: Tip prebivališča sodelujočih v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitve

Zaposlitev



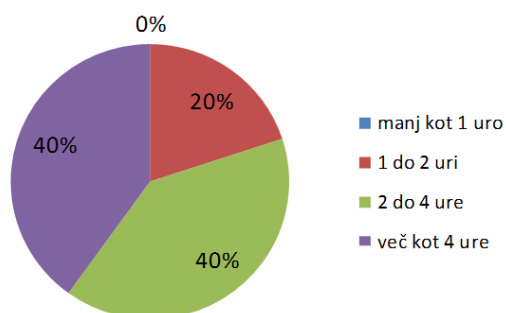
Slika 45: Zaposlitev sodelujočih v raziskavi na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitve

Čas, ki ga nezaposleni preživijo na prostem



Slika 46: Čas, ki ga nezaposleni udeleženci raziskave preživijo na prostem na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitve

Čas, ki ga zaposleni preživijo na prostem



Slika 47: Čas, ki ga zaposleni udeleženci raziskave preživijo na prostem na območju MO Slovenj Gradec in Šaleške doline v letu 2009 v poletnem (10. 6. 2009 - 23. 6. 2009) in zimskem (20. 11. 2009 - 4. 11. 2009) obdobju izpostavitve

4.7 Obolenja dihal v obdobju raziskave - Slovenj Gradec

Najino formalno izobraževanje in posledično raziskovanje je usmerjeno k skrbi zdravja ljudi, zato naju je še posebej zanimalo, pri koliko ljudeh so se v času izpostavitve pojavila obolenja dihal. V Zdravstvenem domu Velenje in Slovenj Gradec sva prosili za podatke o zbolelih za respiratornimi obolenji. Teh podatkov ne moremo neposredno povezovati z rezultati meritev izpostavljenosti ljudi zračnim onesnažilom. Za takšno raziskavo bi bilo potrebno izvajati več ponovitev meritev z mobilnimi vzorčevalniki in potrebno bi bilo

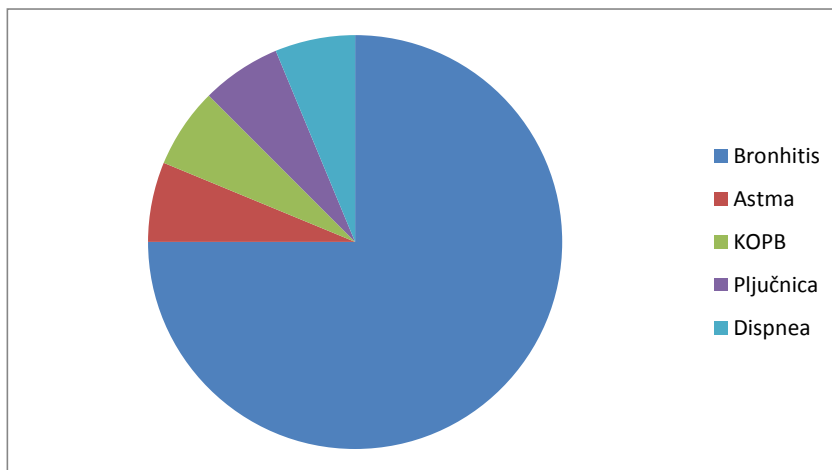
pridobiti še natančnejše podatke o diagnozah obolenj, izpostavljenosti in še dodatne raziskave.

V Zdravstveni dom se je zateklo po pomoč v zimskem obdobju večje skupno število obolelih na dihalih pri ženskah in moških, kot v poletnem obdobju. Ugotavljava, pa da je bilo število obolelih otrok večje v poletnem v primerjavi z zimskim časom. V obeh obdobjih raziskave so v Zdravstvenem domu Slovenj Gradec prevladovala bronhialna obolenja.

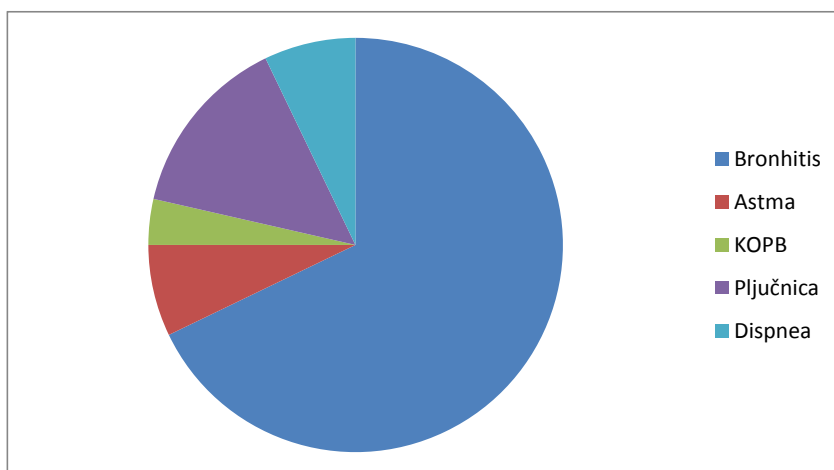
Tabela 7: Število bolnikov z obolenjem dihal v MO Slovenj Gradec (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009 in od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009)

OBD OBJE	MOŠKI	ŽENSK E	OTROCI (do 15 let)	SKUPAJ
10. 6. - 23. 6. 2009	2	4	10	16
20. 11.- 4. 12. 2009	16	9	3	28

Legenda: KOPB = kronične obstruktivne pljučne bolezni



Slika 48: Delež števila obolelih na dihalih, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009)



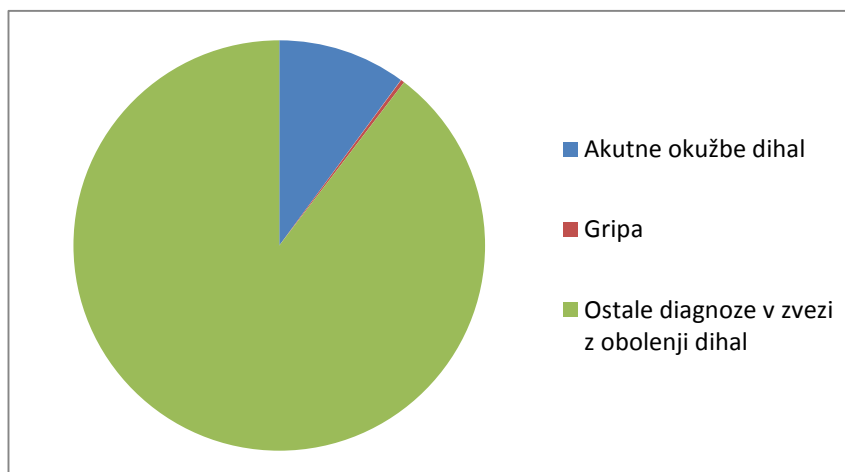
Slika 49: Delež števila obolelih na dihalih, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu (od 19. 11. 2009 do 4. 12. 2009)

4.8 Obolenja dihal v obdobju raziskave - Velenje

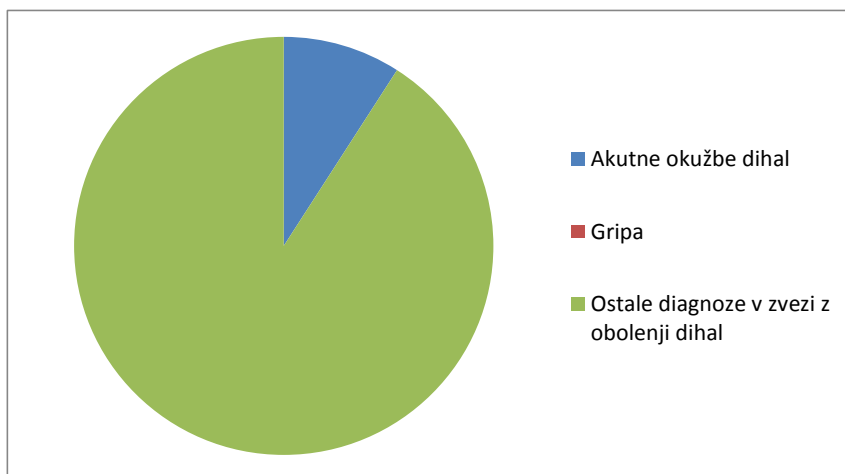
V Zdravstvenem domu Velenje, se je po pomoč zateklo večje skupno število obolelih. Razlog je v neposredna bližina splošne bolnišnice Slovenj Gradec, za katero pa podatkov nimava. večje, saj je v neposredni bližini Zdravstvenega doma Slovenj Gradec tudi Splošna bolnišnica Slovenj Gradec, za katero pa nisva uspeli dobiti podatkov. Na območju Šaleške doline je skupno število obolelih večje v poletnem času. V obeh letnih časih pa za dihalnimi obolenji bolj zbolevalo ženske kot moški. Ugotavljava, da se način beleženja obolenosti na dihalih pri ZD Velenje in ZD Slovenj Gradec razlikuje, kar otežuje primerjavo teh podatkov. V prihodnje bi bilo zanimivo opraviti raziskavo, kjer bi podatke o zbolelosti na dihalih primerjali z meritvami koncentracija zračnih onesnažil v daljšem obdobju.

Tabela 8: Število bolnikov z obolenji dihal, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu Velenje od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009 in od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009

OBDOBJE	MOŠKI	ŽENSKE	OTROCI	SKUPAJ
20. 11. - 4. 12. 2009	3453	4311	2540	10304
10. 6. - 23. 6. 2009	1409	1574	900	3883



Slika 50: Delež števila obolelih na dihalih, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu Velenje (od 19. 11. 2009 do 4. 12. 2009)



Slika 51: Delež števila obolelih na dihalih na, ki so poiskali pomoč v Zdravstvenem domu Velenje (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009)

5 ZAKLJUČKI

Izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom je tematsko zelo pomembno področje, saj okolje pomembno vpliva na kakovost življenja na Zemlji. Literature o izpostavljenosti in vplivu onesnažil na ljudi ter okolje je po najinem mnenju premalo. Prav to je naju še bolj pritegnilo k raziskavi tega tematskega področja.

Na začetku raziskave sva si zastavili hipoteze, ki sva jih potrdili ali ovrgli:

- Prvo hipotezo: » Izpostavljenost ljudi zračnim onesnažilom bo v urbanem okolju zaradi večje gostote prebivalstva na m² oz. večjega prometa večja kot v ruralnem (stacionarna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov na območju Šaleške doline in MO Slovenj Gradec)«, sva lahko le delno potrdili, saj sva ugotovili, da je v urbanem okolju (območje MO Slovenj Gradec in Šaleška dolina skupaj) več le žveplovega dioksida, dušikovih oksidov in dušikovega dioksida (slike 21, 33, 39), v ruralnem pa več ozona in dušikovega monoksida (sliki 13 in 27).
- Hipotezo, da bodo koncentracije ozona v zimskem obdobju v primerjavi s koncentracijami v poletnem obdobju nižje (stacionarna in mobilna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov), ker je poleti več prometa, sva v celoti lahko potrdili (sliki 14 in 15).
- Hipotezo Koncentracije onesnažil bodo na območju Šaleške doline večje, kot na območju MO Slovenj Gradec (stacionarna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov), ker je v Šaleški dolini Termoelektrarna Šoštanj, kot eden glavnih stacionarnih virov zračnih onesnažil (SO₂) v Sloveniji, sva lahko le delno potrdili. Meritve so pokazale, da so bile koncentracije dušikovega monoksida v poletni in zimski izpostavitvi večje na območju MO Slovenj Gradec kot na območju Šaleške doline (sliki 25 in 26). Prav tako je bila koncentracija dušikovih oksidov v poletni in zimski izpostavitvi večja na območju MO Slovenj Gradec kot na območju Šaleške doline (sliki 31 in 32). Vsi drugi onesnaževalci (ozon, žveplov dioksid in dušikov dioksid) imajo večje koncentracije na območju Šaleške doline (slike 14, 15, 19, 20, 37, 38).

- Hipotezo, da so dijaki (mobilna izpostavitve pasivnih vzorčevalnikov), ki živijo na območju Šaleške doline, bolj izpostavljeni zračnim onesnažilom, kot dijaki, ki živijo na območju MO Slovenj Gradec, sva delno potrdili, saj je raziskava potrdila le večje koncentracije dušikovega oksida na območju Šaleške doline.

Meniva, da so rezultati zelo zanimivi. Najbolj naju je presenetilo, da so koncentracije onesnažil v ruralnem okolju primerljive ali celo višje (ozon) kot v urbanem okolju. Marsikdo namreč misli, da je zrak v ruralnem okolju precej manj onesnažen.

Težave so se pojavljale pri anketiranju, iskanju ustreznih posameznikov za izvedbo izpostavitve in pri dostavi vzorčevalnikov. Z nekaj iznajdljivosti sva jih dokaj hitro odpravili.

Iz raziskovalnega dela sva ugotovili, da so sicer vse merjene koncentracije pod mejnimi vrednostmi, ki jih določata slovenska in evropska zakonodaja za zaščito in zdravje ljudi, vendar onesnažila lahko zelo vplivajo na kakovost življenja na Zemlji, česar se premalo zavedamo.

Kaj pa lahko storimo sami?

Varčevanje z energijo, ekonomična uporaba prevoza, uvajanje obnovljivih virov energije, pravilna prehrana in skrb za lastno zdravje z rednimi aktivnostmi so pomembni prispevki vsakega posameznika h kakovostnejšemu in bolj zdravemu življenju.

6 POVZETEK

Za raziskovalno nalogo sva se odločili, ker naju je zanimalo, kakšnim koncentracijam zračnih onesnažil smo ljudje, še posebej pa dijaki, izpostavljeni na območju MO Slovenj Gradec in v Šaleški dolini. Menili sva, da smo dijaki populacija, ki veliko časa preživi na prostem. Prav tako naju je zanimalo, če je razlika v izpostavljenosti ljudi zračnim onesnažilom glede na to, ali preživijo več časa v notranjih oziroma zunanjih prostorih.

Z raziskavo sva s pasivnimi difuzivnimi vzorčevalniki izmerili koncentracije pomembnejših vrst onesnažil (obravnavana so v slovenski zakonodaji) v zraku v poletnem (od 10. 6. 2009 do 23. 6. 2009) in v zimskem obdobju (od 20. 11. 2009 do 4. 12. 2009).

Difuzivni vzorčevalniki merijo prisotnost določenih snovi v zraku z metodo nedejavnega vzorčenja, zato jim rečemo tudi pasivni vzorčevalniki. Pasivni difuzivni vzorčevalniki imajo obliko 7 cm dolgih epruvet s pokrovčki različnih barv, znotraj pa imajo različne reaktante na posamezna onesnažila (NO_x , NO_2 , NO , O_3 , SO_2). Nosilce za vzorčevalnike so nama posodili v podjetju ERICo Velenje.

Na območju MO Slovenj Gradec smo merili koncentracije petih različnih onesnažil v ruralnem in urbanem okolju z načinom mobilne in stacionarne izpostavitve. Udeležencem raziskave sva razdelili anketne vprašalnike, pri mobilni izpostavitvi pa sva anketi dodali še obrazce, v katere so vpisovali dnevno porabo ur, namenjeno spanju, vožnjam, zunanjim aktivnostim in aktivnostim v stanovanju.

Namen najine raziskave je bil, da z uporabo pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov določimo izpostavljenost dijakov in drugih ljudi zračnim onesnažilom na območju MO Slovenj Gradec in te meritve primerjamo z rezultati na območju Šaleške doline. Rezultati so bili primerjani z mejnimi vrednostmi posameznih onesnažil, ki jih določata slovenska in evropska zakonodaja za zaščito in zdravje ljudi. Namen raziskovalne naloge je bil tudi ljudi osveščati z namenom čim manjšega onesnaževanja okolja, saj bi to omogočalo boljšo kakovost življenja na Zemlji.

Na območju MO Slovenj Gradec (zimsko obdobje izpostavitve) je bila povprečna koncentracija ozona (O_3) ne glede na način izpostavitve $11,92 \mu\text{g}/\text{m}^3$, žveplovega dioksida (SO_2) $2,76 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dušikovega dioksida (NO_2) $10,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dušikovitih oksidov (NO_x) $43,85 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ter dušikovega monoksida (NO) $33,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$. V poletnem obdobju izpostavitve je bila povprečna koncentracija ozona $42,24 \mu\text{g}/\text{m}^3$, žveplovega dioksida $2,45 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dušikovega dioksida $9,30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dušikovitih oksidov $26,68 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in dušikovega monoksida $17,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Ugotavlja, da so bile vse izmerjene vrednosti povprečnih koncentracij zračnih onesnažil v poletnem in zimskem obdobju na območju MO Slovenj Gradec v letu 2009 pod mejnimi vrednostmi, ki jih določa evropska in slovenska zakonodaja z namenom zaščite zdravja ljudi.

Dijaki, ki živijo na območju MO Slovenj Gradec, so bili bolj izpostavljeni koncentracijam dušikovega monoksida in dušikovitih oksidov, kot dijaki na območju Šaleške doline v obeh obdobjih meritev. Prav tako so bili dijaki na območju MO Slovenj Gradec bolj izpostavljeni koncentracijam žveplovega dioksida.

Z raziskavo sva pomembno prispevali k boljšemu poznavanju kakovosti zraka na območju MO Slovenj Gradec, saj se na tem območju z razliko od območja Šaleške doline ne izvajajo kontinuirane polurne meritve SO_2 in O_3 , ki se na območju Šaleške doline izvajajo v Velenju, NO_2 in NO_x meritve, ki se na območju Šaleške doline izvajajo v Škalah.

7 ZAHVALA

Raziskovalna naloga je nastala ob pomoči mentoric, sošolcev, prijateljev, drugih raziskovalcev, sorodnikov, politikov in vodstva naše šole.

Posebej se želiva zahvaliti mentorici Zdenki Kočivnik Lesjak za nasvete, vzpodbudo, pomoč pri razdeljevanju vzorčevalnikov, reševanju zapletov in somentorici dr. Nataši Kopusar za odlično usmerjanje raziskave, pomoč pri iskanju literature in določanju smernic pri izdelavi raziskovalne naloge.

Zahvaljujema se županu Matjažu Zanoškarju in Mestni občini Slovenj Gradec za finančna sredstva, ki so bila potrebna za nakup pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov.

Iskrena zahvala je namenjena vsem, ki so sodelovali pri izpostavitvi difuzivnih vzorčevalnikov in Zdravstvenemu domu Velenje ter Zdravstvenemu domu Slovenj Gradec za rezultate o boleznih dihal v izpostavitvenih obdobjih.

Podobno raziskavo so v letu 2008 izvedle raziskovalke v Šaleški dolini. Rezultati raziskave so nama bili v veliko pomoč.

Zahvaljujema se Bojani Vrbnjak za lektoriranje naloge, Jolandi Melanšek za pomoč pri pregledu angleškega dela povzetka in Simonu Konečniku za vzpodbude in pomoč pri pregledu naloge ter pripravi na javni nastop. Zahvala gre tudi Roku pri odpravljanju računalniških težav, vedno je bil v veliko oporo in pripravljen pomagati. Hvala tudi Nejcju in Džoniju. Pri oblikovanju angleškega dopisa in navezanju stika za nabavo pasivnih vzorčevalnikov s firmo Gredko International Ltd so nama pomagali iz ERICa Karin Savinek in somentorica dr. Nataša Kopusar. Brez vzpodbud in iskrenega zanimanja najinih staršev za raziskovalno delo, bi bila pot do uresničitve najinih raziskovalnih ciljev veliko težja.

Še enkrat hvala vsem, tudi tistim, ki sva jih morda pozabili omeniti.

8 VIRI IN LITERATURA

- KOŽELJ, Bogomir / VUK Drago. 1987. Splošna ekologija z varstvom okolja. Založba Obzorja.
- DREV, Janez. 1994. Sanacija zraka v urbaniziranih območjih. V: Okolje v Sloveniji. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije, str. 355-356.
- Dr. LIKAR, Miha. 1998. Vodnik po onesnaževalcih okolja. Zbornica sanitarnih tehnikov in inženirjev Slovenije. 370
- KUHAR, Marjana / GLAVNIK, Vesna. Vplivi onesnaženega zraka na dihala.
- LAZARINI, Franc / BRENČIČ, Jurij, 1989. Splošna in anorganska kemija Visokošolski učbenik. DZS Ljubljana, str. 272-355
- TERZIČ Nenad. 1982. Vpliv stopnje onesnaženega zraka na intrazterini razvoj novorojencev v Zasavju.
- MARMOR, Marjan / IGERC, Marija / GRUM, Darinka. 1986. Izsledki spremljanja bolezni dihal v pulmološki ambulanti otroškega dispanzerja.
- LUSIČ, Magda. 1984. Vpliv življenjskega okolja na ponavljanje bolezni dihal pri otrocih v Zasavju.
- BRUNČKO, Aleksander. 1985. Onesnaženo ozračje in pogostost recidivnih obstruktivnih bronhitisov pri predšolskih otrocih v mariborski regiji.
- BOLTE Tanja / ŠEGULA Andrej / MUROVEC Marijana / KOLEŠA Tanja / BRINC Rok / Cegnar Tanja / dr. MURI Gregor. 2009. Kakovost zraka v Sloveniji v letu 2008. Agencija RS za okolje Vojkova 1b, Ljubljana

- KOLAR, Jože / RISMAL Mitja / SKOBERNE Peter / VIDIC Jana / VUK Drago. 1992. KAKO DELUJE? Človekovo okolje. Tehniška založba Slovenije

Spletne strani:

- Atmosfera, 2009, www.wikipedia.org/wiki/Zemljina_atmosfera (23. 9. 2009)
- Atmosfera, 2009; http://www.minet.si/sola/geslo_pop.php?id=269 (23. 9. 2009)
- Atmosfera, 2009; <http://www.minet.si/gradivo/sola/gesla/88404geslo.gif> (23. 9. 2009)
- Uredba o ozonu ... 2003, 2009;
http://zakonodaja.gov.si/rpsi/r04/predpis_URED2964.html (3. 10. 2009)
- Geodetski inštitut Slovenije, 2009; www.geopedija.si (14. 11. 2009)
- MO Velenje, 2009; www.velenje.si/619 (14. 11. 2009)
- Šaleška dolina, 2009; www.sl.wikipedia.org/wiki/%C5%A0ale%C5%A1ka_dolina (14. 11. 2009)

9 PRILOGE

Priloga 1: Anketni vprašalnik

ANKETA

Vljudno vas prosimo, da bi odgovorili na nekaj vprašanj. Vsi podatki ankete so zaupni in bodo uporabljeni izključno v raziskovalne namene.

1. Spol:

a) moški	b) ženski
----------	-----------

2. Starost anketiranca: _____

3. Izobrazba anketiranca:

a) končana osemletna OŠ	c) končana srednja šola
b) končana 3-letna strokovna šola	d) končana višja, visoka šola ali več

4. Število družinskih članov v gospodinjstvu _____

5. Kraj stalnega bivališča _____

6. Tip stalnega bivališča

a) hiša	b) večstanovanjska stavba (stolpnica, blok)
---------	---

7. Zaposlitev:

a) premogovnik	g) kvartarna dejavnost (uprava, šolstvo, zdravstvo..)
b) termoelektrarna	h) šolajoči
c) Gorenje	i) čaka na zaposlitev
d) drugi industrijski obrati (sekundarna dejavnost)	j) upokojenec, gospodinja
f) terciarna dejavnost (storitvena obrt, turizem, trgovina)	k) ostalo-kaj?

Vprašanja povezana z delovnim mestom (odgovarjajo tisti, ki so zaposleni)

8. Kraj zaposlitve _____

9. Koliko časa povprečno dnevno preživite na delovnem mestu?

a) 8 ur	b) več kot 8 ur	c) manj kot 8 ur
---------	-----------------	------------------

10. Kako bi z vidika fizičnega napora opisali vaše delovno mesto?

a) zelo naporno	b) srednje naporno	b) manj naporno
-----------------	--------------------	-----------------

11. Kako pogosto pri vašem delu uporabljate tehnične pripomočke kot so računalnik, tiskalnik, fotokopirni stroj ipd?

a) vedno	b) pogosto	c) včasih	d) nikoli
----------	------------	-----------	-----------

12. Kje opravljate svoje delo?

a) v zaprtem prostoru	b) na prostem	c) oboje
-----------------------	---------------	----------

13. Kako bi z vidika tveganosti za boleznih dihal ovrednotili vaše delovno mesto?

a) velika tveganost	b) srednja tveganost	c) majhna tveganost
---------------------	----------------------	---------------------

14. Ali ste imeli v tem tednu kakršnekoli probleme z zdravjem, ki bi jih lahko povezali z vplivom delovnega mesta?

a) da	Katere?	b) ne
-------	---------	-------

Še nekaj splošnih vprašanj (odgovarjajo vsi)

15. Koliko prostega časa dnevno preživite na prostem (izven stanovanjskih oz. službenih prostorov)-poleti?

a) manj kot 1 uro	c) 2 do 4 ure
b) 1 do 2 uri	d) več kot 4 ure

16. Koliko časa dnevno preživite na prostem (izven stanovanjskih oz. službenih prostorov) - poleti?

a) manj kot 1 uro	c) 2 do 4 ure
b) 1 do 2 uri	d) več kot 4 ure

17. Naštejte pet najpogostejših načinov vašega preživljanja prostega časa na prostem (npr. šport, rekreacija, obiskovanje lokalov, izleti ipd.) in kje to počnete (npr. gozd, gore, vrt ipd.)

OBLIKA	KJE?

18. Koliko časa dnevno preživite v avtomobilu?

a) manj kot 1 uro	c) 2 do 3 ure
b) 1 do 2 uri	d) več kot 3 ure

19. Ali kadite?

a) da	b) ne	c) občasno
-------	-------	------------

Za sodelovanje se vam še enkrat najlepše zahvaljujemo!

Anketiral: _____

Datum: _____

Kraj anketiranja: _____

Priloga 2: Obrazec aktivnosti udeleženca v času nošenja pasivnih difuzivnih vzorčevalnikov za zračna onesnažila

Številka vzorca:	Datum izpostavitve:														Kraj:										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
URA → ↓ DAN																									
1																									
2																									
3																									
4																									
5																									
6																									
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13																									
14																									

Legenda:

- Z Zunanje aktivnosti
- P Promet (vožnja z avtom)
- S Spanje
- A Aktivnosti v zaprtem prostoru