

ŠOLSKI CENTER VELENJE
SPLOŠNA IN STROKOVNA GIMNAZIJA VELENJE
Trg mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

VPLIV OZONA NA RASTLINE

Tematsko področje: BIOLOGIJA

Avtorja:

Urška Katanec, 3. letnik

Jernej Katanec, 2. letnik

Mentor:

dr. Nataša Kopušar, dipl. univ. inž. agr.

Velenje, 2012

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Gimnaziji Velenje.

Mentor: dr. Nataša Kopusar, dipl. univ. inž. agr.

Datum predavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Gimnazija Velenje – 2011/2012
KG *Nicotiana tabacum* `Bel W₃` / bioindikacija / oksidativni stres / vidne ozonske poškodbe / ozon / zaščita rastlin / azoksistrobin / vodni ekstrakt vrtnega ognjiča / *Calendula officinalis* / klorofil / termovizija
AV KATANEC, Urška / KATANEC, Jernej
SA KOPUŠAR, Nataša
KZ 3320 Velenje, SLO, Koroška 62 a
ZA ŠC Velenje – Gimnazija Velenje
LI 2012
IN VPLIV OZONA NA RASTLINE.
TD Raziskovalna naloga
OP IX, 39 s., 3 tab., 8 graf., 29 slik, 2 pril.
IJ sl
JI sl/en
AI Meritve onesnaženosti zraka z ozonom so v zadnjih letih na večini merilnih mest v Sloveniji nad ciljno in dolgoročno naravnano vrednostjo za zaščito vegetacije. Povečane koncentracije ozona skozi listne reže vstopajo v rastline, povzročajo nepopravljive poškodbe tkiv in tako vplivajo na rast in razvoj ter pridelek rastlin. Kaj je ozon, kje in kdaj nastaja, kakšne so njegove lastnosti, kdaj in zakaj je lahko koristen in kdaj postane nevaren, kateri so tisti dejavniki, ki lahko povečujejo njegovo škodljivost, kako učinkuje na rastlinske organizme in kakšni so možni ukrepi za zaščito rastlin, so vprašanja na katera smo iskali odgovore. Vpliv ozona na rastline smo beležili z ocenjevanjem poškodovanosti listov pri bioindikatorski rastlini za ozon - tobaku Bel W₃ (*Nicotiana tabacum* `Bel W₃`). Poskusno mesto je bilo v Lokovici. Rastline so rasle na stojalih in so bile izpostavljene enakim pogojem rasti, imele so vedno na razpolago zadostne količine vode in svetlobe. S staranjem rastline in daljšanjem obdobja izpostavljenosti (akumulacijski učinek vplivov ozona) je bilo vidnih vse več ozonskih poškodb na listih in rastline so začele propadati. Polovico rastlin smo pred vplivi ozona zaščitili. Določen del smo jih zaščitili s fungicidom Quadris (aktivna snov azoksistrobin) in del z naravnim, doma pripravljenim ognjičevim (*Calendula officinalis*) pripravkom. Polovica rastlin ni bila zaščiten. S primerjavo poškodovanosti listov in s primerjavo meritev količine klorofila v listih (SPAD vrednosti) s klorofilmetrom smo ugotavljali učinkovitost uporabljenih ukrepov za zaščito rastlin pred negativnimi vplivi ozona. S pomočjo termovizijske kamere smo ugotavljali, ali je termovizija tehnologija, s katero bi v prihodnosti lahko ocenjevali velikost škode povzročene s povišanimi koncentracijami ozona na kmetijskih posevkih na večjem območju. Opazovali smo tudi rastline v domačem vrtu in ugotavljali, katere vrste so občutljivejše na ozon in katere odpornejše.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- ND Secondary school Velenje 2011/2012
- CX *Nicotiana tabacum* `Bel W₃` / bioindication / oxidative stress / visible ozone injury / ozone / protection of plants / azoxystrobin / aqueous extract of marigold / *Calendula officinalis* / chlorophyll / thermovision
- AU KATANEC, Urška / KATANEC, Jernej
- PP 3320 Velenje, SLO, Koroška 62 a
- PB SC Velenje, Secondary School Velenje
- PY 2012
- TI IMPACT OF OZONE ON PLANTS.
- DT RESEARCH WORK
- NO IX, 39 p., 3 tab., 8 fig., 29 photos, 2 app.
- LA SL
- AL sl/en
- AB In the theoretical part of the research paper it is explained what ozone is, what its features are, when and why it is useful and when it becomes dangerous, how it effects the plants and what are the factors that increase its damage. Our research area was in front of our house. We observed the response of bioindicating plants to the ozone, tobacco Bel W₃ was used. All the plants were subjected to the same conditions, there was sufficient light and water supply. When growing, the plants started getting noticeable ozone damages and they started to decay. A certain number of plants were protected by the Quadris spray, others by the natural home-made calendula potion and the rest were not protected at all. We checked the efficiency of the plant protection used by comparing the damage on the leaves (estimating ozone damage and usage of chlorophyllmetre). With the help of termovision camera we tried to establish whether termovision technology could be used to estimate damage caused by increased levels of ozone concentration on larger farm crops. We also observed the plants in our home garden and tried to establish which types suffer the most ozone damage.

KAZALO

1	UVOD.....	1
2	CILJI IN HIPOTEZE.....	2
2.1	Cilji.....	2
2.2	Hipoteze.....	2
3	PREGLED OBJAV	3
3.1	Kaj je ozon?	3
3.1.1	Fizikalne značilnosti ozona.....	3
3.1.2	Ozon v atmosferi.....	4
3.1.3	Vpliv škodljivega ozona na rastline	6
3.1.4	Ekonomska škoda v kmetijstvu.....	7
3.1.5	Zaščita rastlin pred poškodbami	7
3.2	Termovizija z infrardečo kamero	9
3.2.1	Kaj je termovizija?	9
4	MATERIALI IN METODE	10
4.1	Opazovanje nekrotičnih peg	10
4.2	Priprava naravnega in umetnega škropiva	14
4.2.1	Način priprave škropiva - Quadris	14
4.2.2	Način priprave škropiva - ognjič.....	14
4.3	Merjenje s klorofilmetrom.....	15
4.4	Opazovanje s termovizijsko kamero Fluke Ti-Series.....	16
4.5	Obdelava podatkov.....	17
5	REZULTATI IN RAZPRAVA	18
5.1	Ocenjevanje škode z opazovanjem nekrotičnih peg.....	18
5.2	Meritve klorofila s klorofilmetrom in primerjava z ocenami ozonskih poškodb	22
5.3	Ozonske poškodbe v domačem vrtu.....	24
5.4	Ocenjevanje škode s pomočjo termovizijske kamere.....	25
6	ZAKLJUČEK.....	26
7	POVZETEK	27
8	ZAHVALA.....	28
9	PRILOGE.....	29

9.1	Rezultati meritev s klorofilmetrom	29
9.2	Rezultati meritev opazovanja nekrotičnih peg.....	31
10	VIRI IN LITERATURA	38
10.1	LITERATURA	38
10.2	Viri slik.....	39

KAZALO SLIK

Slika 1: Lastnosti molekule O_3	3
Slika 2: Model molekule O_3	3
Slika 3: Ozon v atmosferi	4
Slika 4: Primerjava količine stratosferskega ozona v letnih časih	4
Slika 5: Nastajanje ozona.....	5
Slika 6: Koristen in škodljiv ozon	5
Slika 7: Spremembe na listih zaradi ozona (Kopušar, 2009).....	6
Slika 8: Vrtni ognjič (<i>Calendula officinalis</i>)	7
Slika 9: Molekula azoksistrobina	8
Slika 10: Molekula azoksistrobina	8
Slika 11: Področje IR-žarkov v spektru elektromagnetnih valov	9
Slika 12: Stojalo za rastline.....	10
Slika 13: Stojalo	10
Slika 14: Raziskovalno mesto v Lokovici (označeno z rumeno piko).....	11
Slika 15: Shema 1. stojala – pred ozonom nezaščitene rastlin tobaka Bel W ₃ , ki so rasle v tleh z in brez fiksatorjev dušika.....	13
Slika 16: Shema 2. stojala – pred ozonom zaščitene rastline s pripravkom iz ognjiča in s fungicidom Quadris, ki so rasle v tleh z ali brez fiksatorjev dušika.	13
Slika 17: Klorofilmetar	15
Slika 18: Merjenje s klorofilmetrom	15
Slika 19: Termovizijska kamera.....	16
Slika 20: Fotografija posneta s termovizijsko kamero	16
Slika 21: Microsoft Office Excel 2010.....	17
Slika 22: Zdrava rastlina iz začetka opazovanj.....	18
Slika 23: Poškodovane rastline ob koncu meritev	19
Slika 24: Ozonske poškodbe na malinah	24
Slika 25: Ozonske poškodbe na fižolu	24
Slika 26: Ocenjevanje škode s termovizijsko kamero.....	25
Slika 27: List slikan s termovizijsko kamero	25
Slika 28: Vpliv ozona na rastline	26
Slika 29: Mlada raziskovalca	27

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Koncentracija ozona v ruralnem in urbanem okolju	11
Graf 2: Primerjava meritev 10. 9. In 18. 9.....	19
Graf 3: Primerjava kontrole brez in s fiksatorji dušika	20
Graf 4: Rezultati popisa 18. 9. 2011.....	21
Graf 5: Rezultati popisa 10. 9. 2011.....	21
Graf 6: Meritve klorofila s klorofilmetrom.....	22
Graf 7: Primerjava kontrole in zaščite rastlin pred ozonom v tleh brez in z fiksatorji dušika .23	

Graf 8: Primerjava meritev s klorofilmetrom23

KAZALO TABEL

Tabela 1: Povprečne vrednosti koncentracij 11
Tabela 2: Rezultati popisa 10. 9. 201121
Tabela 3: Rezultati popisa 18. 9. 201121

SEZNAM OKRAJŠAV

AFP – francoska tiskovna agencija
BFD – brez fiksatorjev dušika
CH – ogljikovodiki
FD – s fiksatorji dušika
IR – infrardeče
K – kontrola
NO₂ – dušikov dioksid
O – vrtni ognjič (*Calendula officinalis*)
OGN – ognjič
O₃ – ozon
Q – Quadris
RS – Republika Slovenija
SPAD – prikaz vsebnost klorofila (v $\mu\text{g}/\text{cm}^2$)
Stdev – standardna deviacija
UV – ultravijolično

1 UVOD

Ozon je blede moder plin, ki ima tako koristne, kot tudi škodljive lastnosti. Prizemeljni škodljiv ozon nastaja predvsem zaradi nečistoč, ki jih proizvajajo petrokemična industrija in vozila. Najbolj je nevaren v poletnih sončnih dneh, ko je njegova koncentracija v zraku največja. V reakciji z dušikovim dioksidom postane ozon v večji meri neškodljiv, vendar je le-tega precej več v mestnih središčih kot pa na podeželju. Ozon negativno vpliva na proces fotosinteze, saj pospešuje oksidacijo. Na rastlinah nastajajo ozonske poškodbe ali nekrotične pege.

V raziskovalni nalogi nas je predvsem zanimalo, na kakšen način bi lahko zmanjšali te poškodbe. Naša preizkusna rastlina je bil tobak Bel W₃. V štirih tednih opazovanja smo preizkusili dva škropiva: sintetično škropivo Quadris (aktivna snov azoksistrobin) in doma narejen pripravek iz ognjiča (*Calendula officinalis*), ki v ekstraktu vsebuje antioksidativne molekule, kot so: karotenoidi, polifenoli in flavonoidi. Preizkusili smo tudi, ali lahko s predposevkom metuljnic – izbrali smo nizek rumenostročni fižol (*Phaseolus vulgaris* 'Berggold') – in tako predhodno obogatenimi tlemi z dušikom vplivamo na manjše negativne učinke ozona pri tobaku 'Bel W₃'. Dušik so iz zraka v tla fiksirale simbiotske bakterije živeče v koreninskih nodulih fižola. Rezultate ocen poškodovanosti listov tobaka zaradi vplivov povečanih koncentracij ozona smo primerjali z meritvami količine klorofila v listih (pokazatelj vitalnosti). Ugotavljali smo še, ali lahko s termovizijsko kamero merimo obseg poškodovanosti listov zaradi ozona oziroma, ali so med poškodovanim in nepoškodovanim listnim tkivom razlike v temperaturah tolikšne, da jih termovizijska kamera zazna.

2 CILJI IN HIPOTEZE

2.1 Cilji

- Glavni cilj naše raziskovalne naloge je bil ugotoviti, kako onesnaženost zraka z ozonom vpliva na rastline.
- Želeli smo ugotoviti, kako ozon vpliva na vitalnost rastlin, na videz in na količino fotosintezno aktivnega pigmenta v listih izpostavljenih rastlin.
- Preveriti učinkovitost fungicida Quadris in zeliščnega pripravka iz vrtnega ognjiča (*Calendula officinalis*) za zaščito rastlin pred poškodbami zaradi vplivov ozona.
- Ugotoviti uporabnost termovizijske tehnike za ocenjevanje obsega ozonskih poškodb na rastlinah.
- Ugotoviti, ali se s starostjo listov poveča delež ozonskih poškodb.
- Ugotoviti, na katerih rastlinah v domačem vrtu bodo vidne ozonske poškodbe nastale istočasno kot pri bioindikatorski rastlini in tako določiti na vrtu tiste vrste rastlin, ki so občutljivejše na ozon.

2.2 Hipoteze

Hipoteza 1: Listi tobaka sorte Bel W₃ z več ozonskimi poškodbami imajo manj klorofila kot listi brez ali z manj ozonskimi poškodbami.

Hipoteza 2: Najbolj poškodovane rastline tobaka sorte Bel W₃ bodo tiste, ki jih nismo zaščitili z nobenim pripravkom (pod oznako kontrola).

Hipoteza 3: Fiksacija dušika iz zraka v tla bo vplivala na boljšo vitalnost tobakovih rastlin (*Nicotiana tabacum* 'Bel W₃') in s tem odpornost le-teh na ozon.

Hipoteza 4: Škropivo Quadris (aktivna snov azoksistrobin) bo rastlino zaščitilo bolje kot ognjičev pripravek (antioksidativne molekule).

Hipoteza 5: S starostjo listov se bo obseg ozonskih poškodb na listih tobaka sorte Bel W₃ povečeval.

Hipoteza 6: Termovizija je perspektivna tehnologija, s katero bi se lahko ocenjevala zaradi ozona povzročena škoda na kmetijskih rastlinah.

3 PREGLED OBJAV

3.1 Kaj je ozon?

Ozon je triatomska molekula, sestavljena iz treh atomov kisika. Je kisikov alotrop, ki je veliko manj stabilen od kisika. Ozon, prvi priznani alotrop kemičnega elementa, je bil prvič poimenovan leta 1840 na predlog Christiana Friedricha Schönbeina. Ime mu je dal po grškem izrazu *ozein*, kar pomeni dišati. Njegov specifičen vonj po udaru strele je tako močan, da ga je moč zaznati tudi pri razredčenju 1 : 500.000. Vzrok ni v ozonu samem ampak v ionih, ki nastanejo med burnimi kemijskimi reakcijami. V zraku je približno 10^{-6} % ozona. Uporabljamo ga lahko za sterilizacijo zraka in vode ter za odstranjevanje slabih vonjav.

3.1.1 Fizikalne značilnosti ozona

Ozon je blede moder plin. Ima oster hladen in dražljiv vonj in je zelo strupen. Normalna količina ozona, ki jo lahko človek zazna je $0.01 \mu\text{mol/mol}$. Porast koncentracije ozona lahko povzroča glavobol, pekoče oči in razdražljivost sluznice.

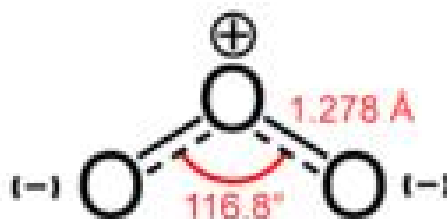
Pri $-115 \text{ }^\circ\text{C}$ je ozon temno vijoličasto-modra tekočina. Pri temperaturah nižjih od $-193 \text{ }^\circ\text{C}$ pa je trdna vijolično-črna snov.

Lastnosti:

- molekulska formula: O_3
- molekulska masa: $47.998 \text{ g/mol}^{-1}$
- gostota: 2.144 g/L ($0 \text{ }^\circ\text{C}$), plinasto stanje
- tališče: 80.7 K ali $-192.5 \text{ }^\circ\text{C}$
- vrelišče: 161.3 K ali $-111.9 \text{ }^\circ\text{C}$

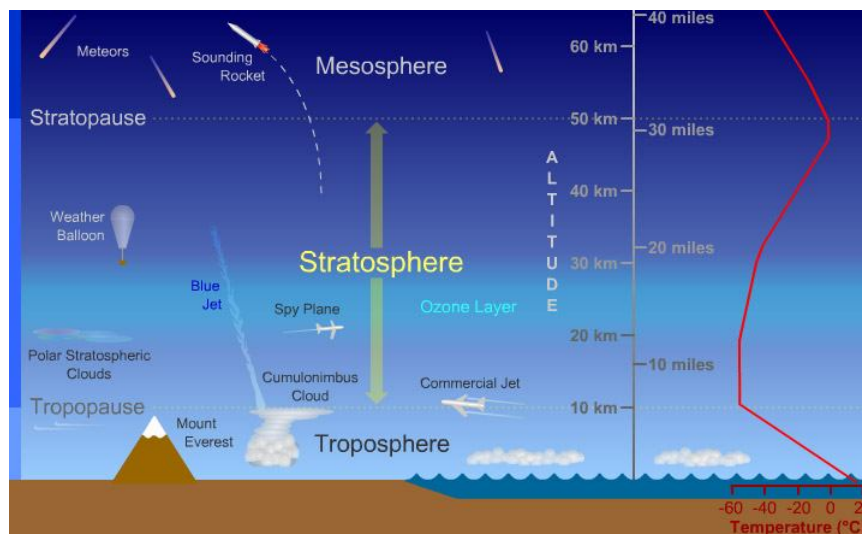


Slika 2: Model molekule O_3



Slika 1: Lastnosti molekule O_3

3.1.2 Ozon v atmosferi

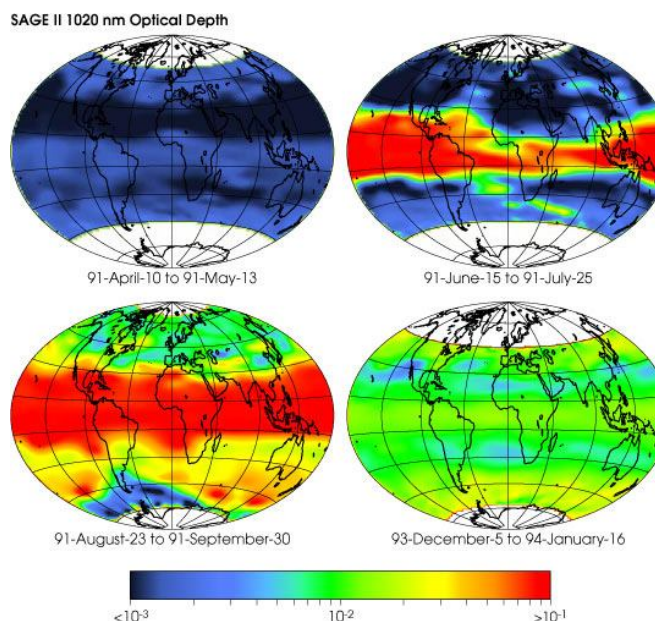


Slika 3: Ozon v atmosferi

V atmosferi ločimo dve vrsti ozona:

- **Koristen ozon**

Nahaja se v stratosferi in je nujno potreben za življenje, saj nas varuje pred UV-sevanjem. Imenujemo ga tudi ozonska plast. Predstavlja naravno zaščito pred najkrajšim ultravijoličnim sevanjem z valovno dolžino 175 nm. Merimo ga v debsonovih enotah; to so enote za izražanje skupne količine ozona v celotnem ozračju od tal do vesolja. V zadnjem času je moč zaslediti opazna zmanjšanja količine ozona, predvsem nad Arktiko.

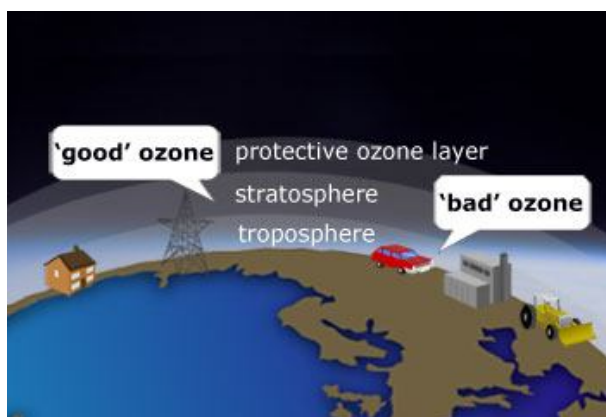


Slika 4: Primerjava količine stratosferskega ozona v letnih časih

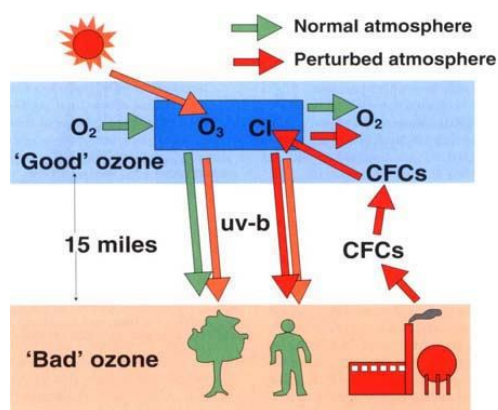
Nizke temperature v ozračju ozon uničujejo, prav tako določeni plini predvsem kloro-fluoro-ogljiki, ki so se uporabljali predvsem v hladilnih napravah in razpršilih. Leta 1987 so jih z montrealso konvencijo sicer prepovedali, a so še vedno prisotni v atmosferi. Znanstveniki napovedujejo, da si bo ozonska plast znova opomogla na ravni pred letom 1980 okoli leta 2030 do 2045. Nad Arktiko pa naj bi se to zgodilo še kako desetletje ali dve kasneje, navajajo v AFP (Francoska tiskovna agencija).

- **Škodljiv ozon**

Škodljiv ozon se nahaja v nižjih plasteh atmosfere, čisto pri tleh. Nastaja predvsem zaradi nečistoč, ki jih proizvajajo predvsem petrokemična industrija in vozila v reakciji med dušikovim dioksidom (NO_2), ogljikovodiki (CH) in sončno svetlobo. Ozon je najbolj nevaren v sončnih poletnih dneh med 11. in 16. uro, v nočnem času pa so koncentracije ozona zaradi reakcije z dušikovim dioksidom na normalni ravni. Ker pa je NO_2 v veliko večji meri prisoten v mestnih središčih kot na obrobju, so koncentracije ozona višje na območjih, kjer ni virov dušikovega dioksida in kamor veter širi onesnažen zrak, torej na podeželju. Povišane koncentracije ozona v prizemeljnih zračnih plasteh negativno vplivajo na vegetacijo in človeka, prav tako pa tudi povečujejo problem tople grede.



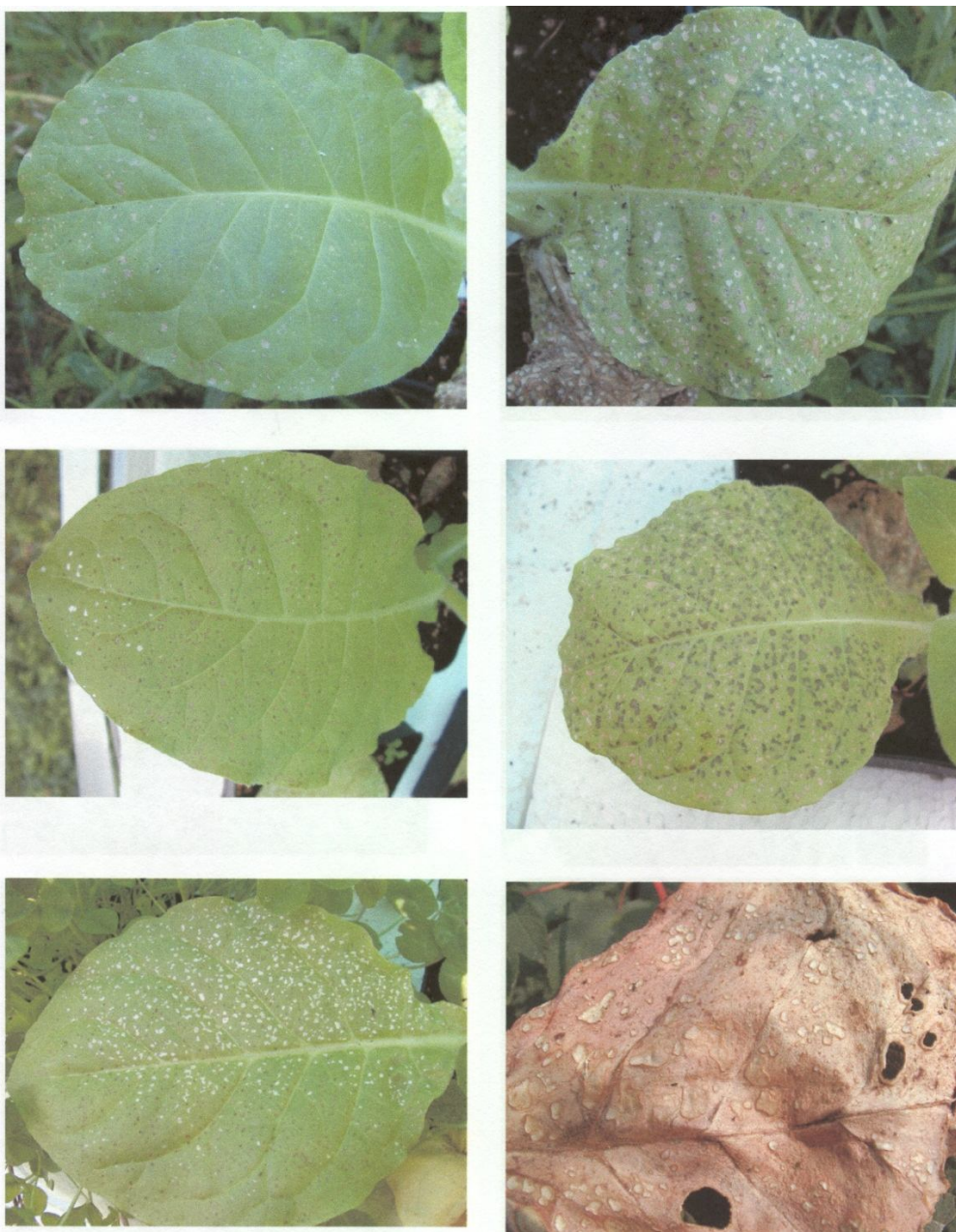
Slika 6: Koristen in škodljiv ozon



Slika 5: Nastajanje ozona

3.1.3 Vpliv škodljivega ozona na rastline

Povečana koncentracija prizemnega ozona škodljivo vpliva tudi na rastline, saj preprečuje fotosintezo in prispeva k oksidaciji. Dolgotrajnejše povečane koncentracije omenjenega plina lahko resno ogrozijo gozdove, saj lahko drevesa predčasno izgubijo listje in iglice, ogrožen pa je lahko tudi pridelek na polju. Onesnaženost z ozonom je v zimskem času bistveno nižja kot v vegetacijski dobi, kar pa je razumljivo, saj se visoke koncentracije ozona pojavljajo v sončnih poletnih dneh na lokacijah, kjer so prisotne visoke koncentracije ogljikovodikov in dušikovih oksidov. Take lokacije niso zgolj mestna središča, temveč tudi območja, ki so bolj oddaljena od glavnih virov emisij predhodnikov ozona (dušikovi oksidi in ogljikovodiki) in kamor veter odnaša onesnažen zrak.



Slika 7: Spremembe na listih zaradi ozona (Kopušar, 2009)

3.1.4 Ekonomska škoda v kmetijstvu

Kmetijstvo je ena izmed najstarejših panog človeka in je neločljivo povezano z razvojem človeške civilizacije. Že od nekdanj poznamo negativne posledice kmetijske dejavnosti, kot je izguba rodovitnosti tal, širjenje puščav, zaslojevanje in erozija tal. Tem se je v novejšem času pridružila še splošna kemizacija okolja, ki jo z uporabo gnojil in zaščitnih sredstev povzroča tudi kmetijstvo.

S preučevanjem vpliva onesnaženega zraka na kmetijske rastline se ukvarja vsa Evropa in Amerika. Ugotavljajo pa, da med glavnimi onesnaževalci niso žveplove spojine pač pa fotooksidanti, predvsem ozon. Na rastlinah se pojavijo ozonske poškodbe. Videti so kot bele točke, ki kasneje prerastejo v rjave lise. Te poškodbe s časoma rastlini onemogočijo proces fotosinteze, zato pridelek ni tako obilen ali pa je celo uničen. To kmetom predstavlja ogromno ekonomsko škodo, vpliva pa tudi na stabilnost oskrbe s hrano za ljudi in živali.

3.1.5 Zaščita rastlin pred poškodbami

Rastline lahko zaščitimo fizično z uporabo zaščitne mreže, tako prekrijemo površino lista in rastlina ima zaščitene listne reže skozi katere prehajajo plini kot tudi ozon. Kemično obvarujemo rastline z uporabo pesticidov, fungicidov, herbicidov, insekticidov. Rastlino lahko zaščitimo tudi z vitaminom C, ki se uporablja v razpršilkah.

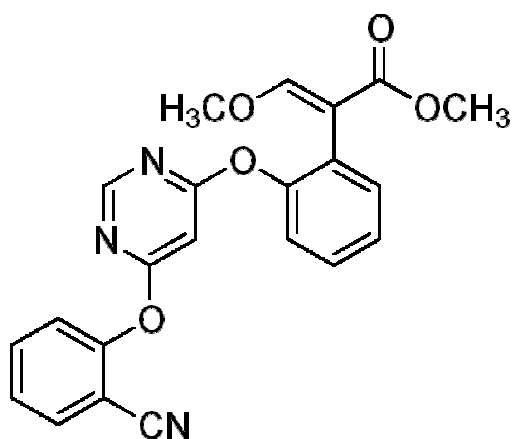
Poznamo tudi zaščito rastlin s pripravki iz naravnih učinkovin. Vrtni ognjič (*Calendula officinalis*) večina ljudi pozna kot zdravilno rastlino. Latinsko ime ognjiča izhaja iz nekoč zelo razširjenega prepričanja, da zasveti vsak prvi dan v mesecu. Rimljani so vsak prvi dan v mesecu imenovali kalandle (*Calendae-calendula*). Ta enoletnica raste skoraj na vseh vrstah tal. Najbolj uspeva na bogatih, srednje težkih in sončnih tleh. V marcu ga lahko sejemo v setvene platoje ali v tople grede in nato presadimo na prosto v aprilu, ko je dovolj toplo. Seme kali 12 do 16 dni. Rastlina zraste do 40 cm visoko, njeni cvetovi so oranžni ali rumeni. Cvetovi se v mraku zaprejo in zjutraj nazaj odprejo. Vrtni ognjič cveti vse do pozne jeseni.



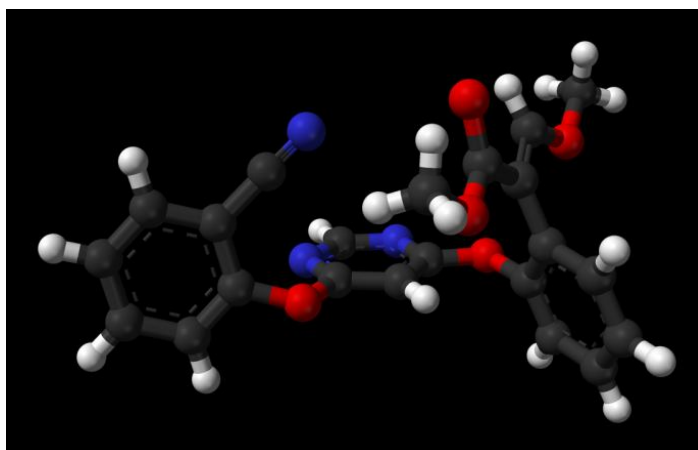
Slika 8: Vrtni ognjič (*Calendula officinalis*)

Ognjič druge rastline štiti pred mnogimi škodljivci: polži, ušmi, koloradskimi hrošči pa tudi pred zajedavskimi glivami, ki napadejo rastlino. V cvetovih ognjiča so antioksidanti (karotenoidi, polifenoli and flavonoidi), ki rastline ščitijo pred oksidativnim stresom, katerega povzroča lahko tudi ozon. (<http://druzina.ena.com/Dom/Vrt-in-domace-rastline/Vrtni-ognjic-zdraveil-za-nas-in-vrt.html>, 26. 2. 2012)

Eno izmed umetnih škropiv, ki štiti rastlino pred ozonom je škropivo Quadris. V njem je aktivna snov azoksistrobin. To je fungicid, ki se pogosto uporablja kot sredstvo za aktivno zaščito rastlin, sadja in zelenjave pred glivičnimi boleznimi (Florjančič, 2001).



Slika 10: Molekula azoksistrobina



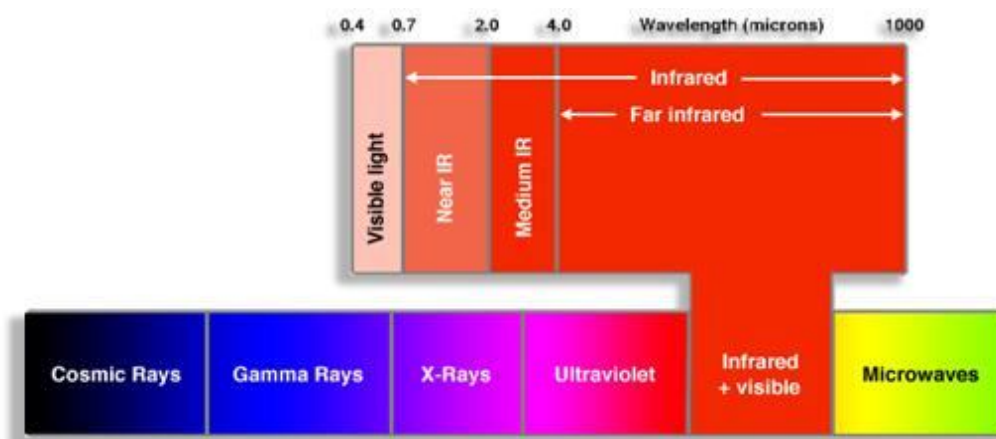
Slika 9: Molekula azoksistrobina

3.2 Termovizija z infrardečo kamero

3.2.1 Kaj je termovizija?

Vse kar se dogaja okoli nas ima takšne ali drugačne fizikalne lastnosti. Ena od teh lastnosti je oddajanje elektromagnetnih valov v področju infrardeče svetlobe, saj vsa telesa oddajajo toploto. To sevanje je prostemu očesu nevidno, prav tako pa tega ni moč čutiti. Vse to lahko zazna termovizijska kamera, ki nam sliko dogajanja prikaže kot toplotno sliko. Kamera pretvori spekter temperature v človeku viden barvni spekter in deluje podobno kot fotoaparati. (<http://www.hpe.si/storitve/meritve/termovizija-infrardeca-kamera>, 1. 3. 2012)

Tako lahko s pomočjo termovizijske kamere dobimo hitro in zanesljivo informacijo o površinskih temperaturah teles.



Slika 11: Področje IR-žarkov v spektru elektromagnetnih valov

4 MATERIALI IN METODE

4.1 Opazovanje nekrotičnih peg

V raziskovalni nalogi smo opazovali naraščanje nekrotičnih peg na bioindikatorski rastlini tobak Bel W₃. Rastline smo porazdelili na dve stojali. Želeli smo, da bi imele vse rastline čim bolj enake pogoje, zato smo jih postavili na mesto, kjer je sončna svetloba na voljo skozi celoten dan. Postavili smo jih v primerni oddaljenosti od večjih objektov, ki bi lahko osenčili rastline. Rastline so imele stalno zagotovljeno zadostno količino vode.



Slika 12: Stojalo za rastline



Slika 13: Stojalo

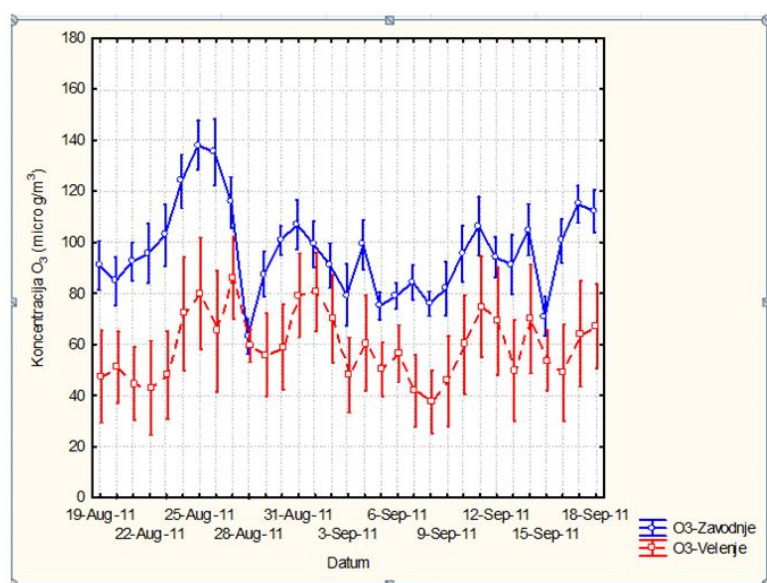
Naše raziskovalno mesto je bilo v Lokovici (slika 14). Na satelitski fotografiji je z rumeno piko označeno mesto, kjer smo imeli postavljeni obe stojali za rastline.



Slika 14: Raziskovalno mesto v Lokovici (označeno z rumeno piko)

24.8.- 18.9.2011	Šoštanj	Šoštanj	Šoštanj	Šoštanj	Šoštanj	Šoštanj	Šoštanj	Zavodnje	Velenje
Povprečne vrednosti koncentracij	SO2	NO	NOx	NO2	PM10	TEMP	VLAGA	O3	O3
Povp.	5,5	2,4	14,1	10,5	21,2	20,0	74,0	97,3	61,8
Stdev.	3,4	1,1	3,7	2,3	7,1	2,2	5,3	19,0	12,8
Maks.	12,72	5,61	23,74	15,62	34,53	25,08	83,43	138,09	86,04

Tabela 1: Povprečne vrednosti koncentracij



Graf 1: Koncentracija ozona v ruralnem in urbanem okolju

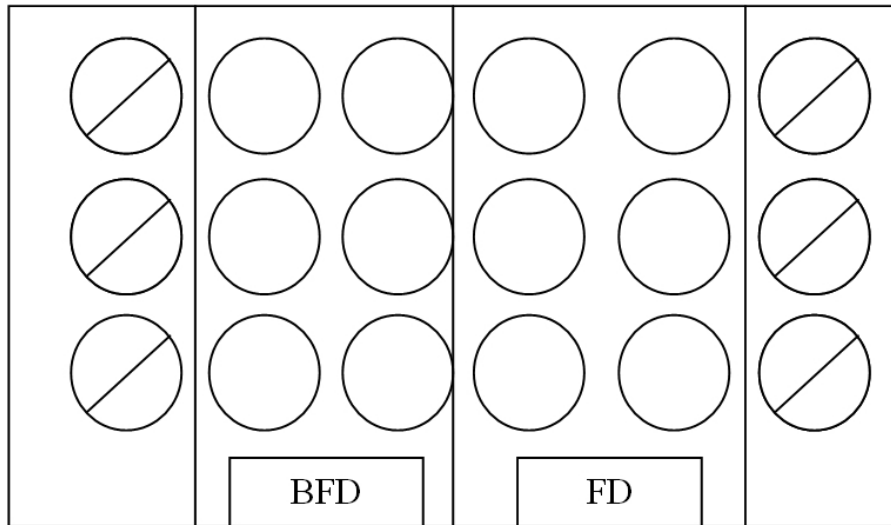
Vrednosti ozona, ki so nad 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ so povišane vrednosti in škodljivo vplivajo na vegetacijo. Iz grafikona je razvidno, da je bila večina dni takšnih, da so bile povprečne dnevne koncentracije ozona na podeželju (Zavodnje) povišane.

Iz tega lahko sklepamo, da so bile tudi koncentracije ozona na lokaciji Lokovica, ki isto kot Zavodnje ležijo v ruralnem okolju, povišane. Iz meritev temperature in relativne vlage lahko

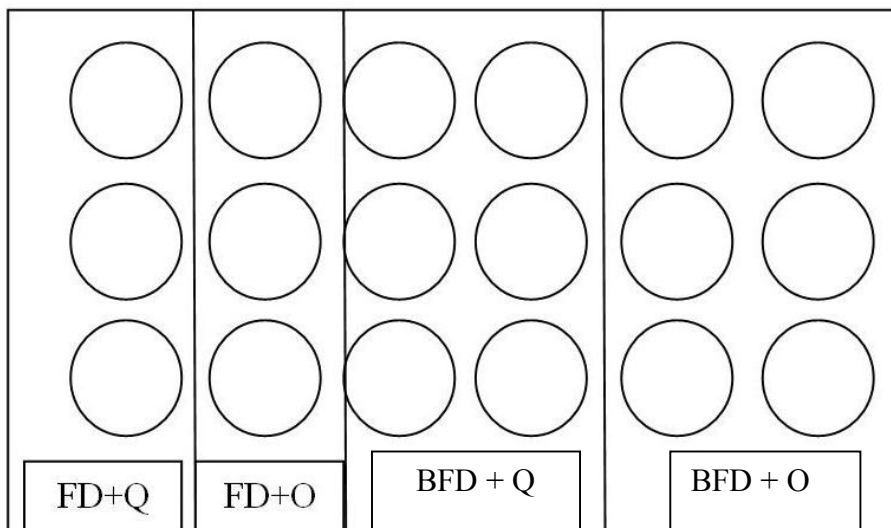
sklepamo, da so bili vremenski pogoji za nastanek ozona v obdobju izvajanja poskusov večinoma ugodni.

Rastline smo opazovali od 24. 8. do 10. 9. 2011 in v tem času opravili štiri popise ozonskih poškodb (26. 8., 3. 9., 10. 9. in 18. 9.). Škodo smo ocenjevali s prostim očesom, izrazili smo jo v odstotkih (poškodovana površina / površina celotnega lista) ter zapisali v razpredelnice, ki smo si jih narisali. Prvi in drugi popis smo opravili skupaj, nato vsak raziskovalec zase, da bi dosegli višjo raven objektivnosti. Naša opazovanja se niso bistveno razlikovala.

Škodo smo ocenjevali na 30 bioindikatorskih rastlinah (30 loncev). Od 30 loncev smo v 12 loncev 1. junija 2011 nasadili nizek rumenostročni fižol sorte Berggold. 24. avgusta 2011 smo rastline fižola porezali tik nad tlemi. Teh 12 loncev s predhodno nasajenimi rastlinami nizkega fižola smo obravnavali kot lonce, katerih zemlja je obogatena s simbiotskimi bakterijami, ki v koreninskih nodulih delujejo kot fiksatorji atmosferskega dušika. Tobak smo iz manjših lončkov presadili v večje 1-litrške lonce tik pred izpostavitvijo na prosto. Rastline tobaka smo premestili iz rastlinjaka 24. avgusta. V lonce z zemljo obogateno s fiksatorji dušika smo tobak nasadili direktno, brez redčenja ali mešanja z drugo zemljo. Za ostale rastline tobaka smo uporabili navadno setveno zemljo proizvajalca Klassman. V prvem stojalu smo imeli 6 rastlin s kontrolo, pri katerih smo opazovali delovanje fiksatorjev dušika v tleh in 6 rastlin, kjer fiksatorjev dušika nismo uporabili. V drugem stojalu smo imeli 6 rastlin zaščiteneh s pripravkom iz ognjiča in 6 s škropivom Quadris ter 3 s kombinacijo fiksatorjev dušika in ognjiča in 3 s fiksatorjem dušika in Quadrisom. Kot kontrolo smo imeli še 3 rastline tobaka nasajene v loncih brez fiksatorjev dušika in 3 rastline v loncih s fiksatorji dušika v rastlinjaku. Na teh rastlinah v celotnem obdobju izvajanja poskusov nismo beležili ozonskih poškodb.



Slika 15: Shema 1. stojala – pred ozonom nezaščitene rastlin tobaka Bel W₃, ki so rasle v tleh z in brez fiksatorjev dušika.



Slika 16: Shema 2. stojala – pred ozonom zaščitene rastline s pripravkom iz ognjiča in s fungicidom Quadris, ki so rasle v tleh z ali brez fiksatorjev dušika.

4.2 Priprava naravnega in umetnega škropiva

4.2.1 Način priprave škropiva - Quadris

Je aktivna snov. Delovanje sredstva je preventivno, zato ga je priporočljivo uporabiti pred začetkom okužbe.

Uporablja se od 0,075 do 0,1 % raztopini pred začetkom in po koncu cvetenja, v 10 do 12 dnevnih razmikih. Sredstvu ne smemo dodajati močil, mineralnih olj in drugih dodatkov. Na istem zemljišču ga lahko uporabimo največ štirikrat. Ne smemo škropiti rastlin v vročih (nad 30 °C) in v vetrovnih dneh (nad 5 m/s)

- Quadris je zdravju škodljiv in dražljiv. Če pride v stik s sluznico ali kožo, je potrebno temeljito izpiranje in obisk zdravnika.

4.2.2 Način priprave škropiva - ognjič

Za pripravo škropiva lahko uporabimo celo rastlino z listi, koreninami in cvetovi. Potrebujemo 1 kg rastlin na 10 l vode. Rastline namočimo v vodo in jih nato pokrijemo. Namakamo jih 24 ur. Ko se tekočina preneha peniti, jo precedimo ter uporabimo. Tekočino uporabljamo v 10 % mešanici z vodo (10 % škropiva in 90 % vode), ki mora biti deževnica ali postana voda. Preostali pripravek shranimo v temne stekleničke, te hranimo v temnem in suhem prostoru do naslednje uporabe.

- Ognjič je zdravju neškodljiv in naraven pripravek.

4.3 Merjenje s klorofilmetrom



na Slika 17: Klorofilmetrom

S klorofilmetrom smo merili vrednost klorofila na 3., 4. in 5. listu vsake rastline. Na posameznem listu smo meritev ponovili desetkrat. Rezultate meritev smo zapisovali v razpredelnice. Ko smo imeli zapisane vse meritve, smo izračunali povprečno SPAD vrednost – relativno vrednost klorofila v listu.

S klorofilmetrom merimo tako imenovano SPAD vrednost. Relativna količina klorofila v listu je prikazana z meritvami absorbanc v dveh regijah valovnih dolžin, to je tistih, kjer je absorbanca klorofila največja, v rdeči (600-700 nm) in modri (400-500 nm).

Merilec SPAD-502Plus meri absorbanco v rdeči in v bližini infra rdeče regije valovnih dolžin. Z uporabo teh dveh absorbanc klorofilmetrom izračuna številčno SPAD vrednost, ki je proporcionalna količini klorofila v listu. Za določene rastlinske vrste višja SPAD vrednost kaže vitalnejše stanje rastlin.



Slika 18: Merjenje s klorofilmetrom

4.4 Opazovanje s termovizijsko kamero Fluke Ti-Series



Termovizijska kamera Fluke Ti-Series ima ergonomsko oblikovano ohišje, ki vključuje optiko, detektor, pogonsko elektroniko, optični modulator, laserski kazalec in štiri standardne baterije AA. Sistem vključuje opsijsko ročico, ki lahko drži katerikoli žepni računalnik, ki služi za procesiranje, prikaz in shranjevanje slik. Alternativno je mogoče izhod iz kamere prikazovati v realnem času na osebem računalniku.

(<http://www.hpe.si/storitve/meritve/termovizija-infrardeca-kamera>, 1. 3. 2012)

Slika 19: Termovizijska kamera

S termovizijsko kamero smo fotografirali posamezne liste rastlin. V računalniškem programu SmartView® smo obdelali in preučili fotografije ter jih med sabo primerjali.



Slika 20: Fotografija posneta s termovizijsko kamero

4.5 Obdelava podatkov

Podatke smo prenesli v program Microsoft Office Excel 2010, kjer smo naredili razpredelnice, v katere smo zapisovali pridobljene podatke. Nato smo jih s pomočjo funkcij in orodij programa primerno obdelali in uredili. Sledil je grafični prikaz podatkov, kar smo dosegli s stolpičastimi grafi. Rezultate smo med sabo primerjali in ugotovitve zapisali v razpravi.



Slika 21: Microsoft Office Excel 2010

5 REZULTATI IN RAZPRAVA

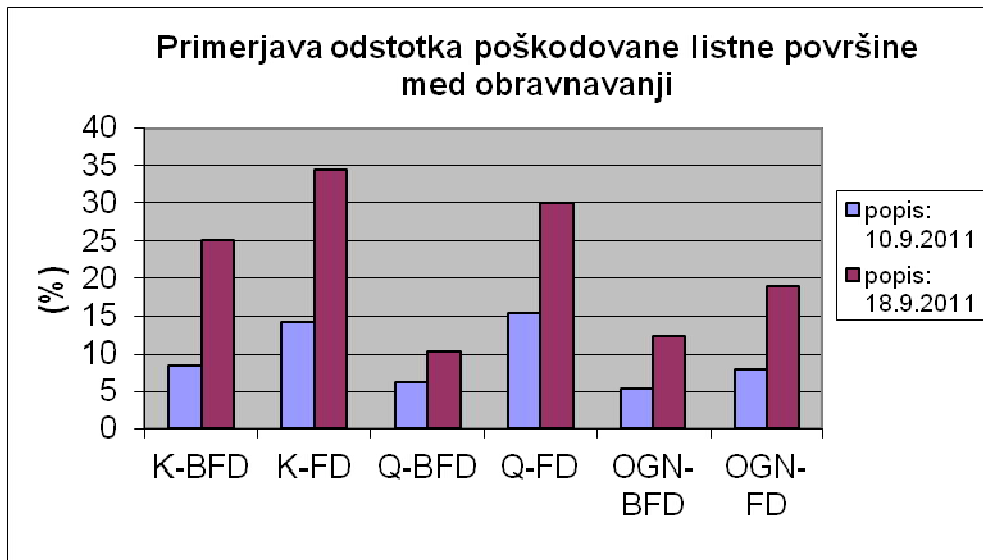
5.1 Ocenjevanje škode z opazovanjem nekrotičnih peg

Stojala z rastlinami smo postavili 24. 8. 2011. Prvi popis je sledil dva dni za tem, vendar takrat še ni bilo opaznih nobenih sprememb. Rastline so bile še zdrave in brez nekrotičnih peg.



Slika 22: Zdrava rastlina iz začetka opazovanj

Prve ozonske poškodbe na listih so bile zabeležene na koncu 1. tedna (30. 8.) izpostavitve bioindikatorskih rastlin – tobaka `Bel W₃` na kontroli brez fiksatorjev dušika. Z daljšanjem časa izpostavitve rastlin na prostem se je delež poškodovanosti listne površine na rastlino povečeval.

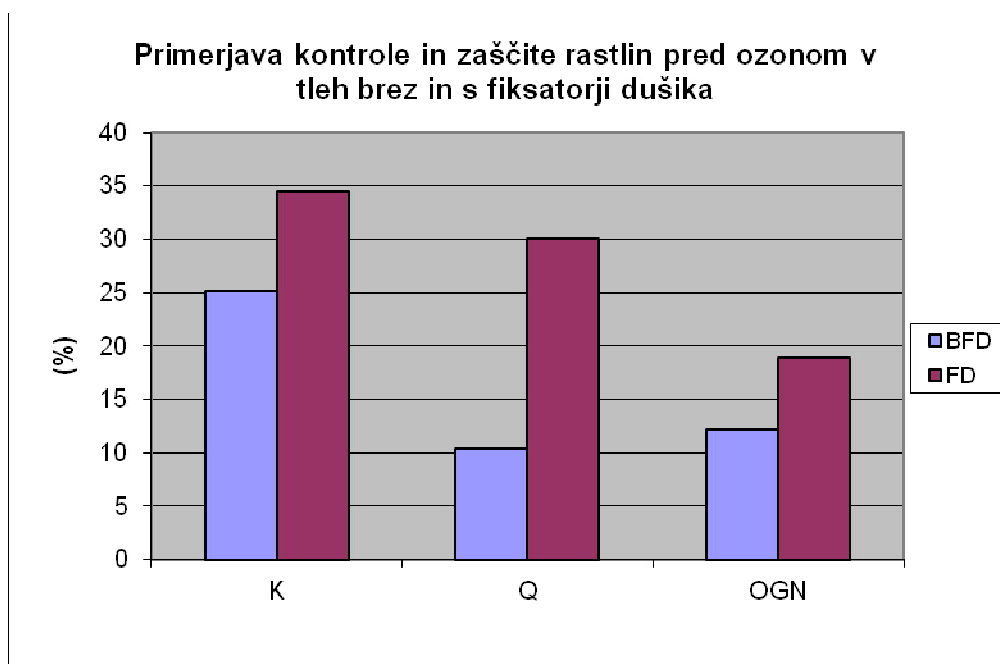


Graf 2: Primerjava meritev 10. 9. In 18. 9.

Graf 2 nam prikazuje primerjavo odstotka poškodb med 10. 9. in 18. 9. Razvidno je, da se je pri vseh rastlina odstotek poškodb povečal. S tem smo potrdili 5. hipotezo, da se s starostjo listov ozonske poškodbe povečujejo.



Slika 23: Poškodovane rastline ob koncu meritev



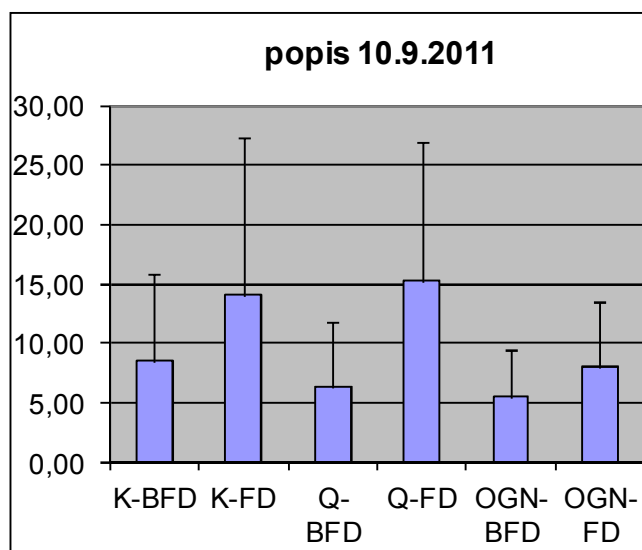
Graf 3: Primerjava kontrole brez in s fiksatorji dušika

Glede na to, da NO_2 znižuje vrednost ozona v ozračju, smo bili mnenja, da bo fiksacija dušika v tla vplivala na boljšo vitalnost rastlin in s tem odpornost le-teh na ozon. To je bila naša 3. hipoteza. Iz grafa pa je razvidno, da so rastline brez fiksatorjev dušika dosti bolj odporne na ozon. Tako smo to hipotezo ovrgli. Menimo, da so simbiotske bakterije, ki jih imajo v normalnih pogojih metuljnice na svojih korenincah povezane z občutljivostjo rastlin na ozon, saj za metuljnice že tako velja, da so skupina rastlin, ki so zelo občutljive na ozon.

Zanimivo je, da se največja razlika kaže pri Quadrisu, ki je brez fiksatorjev za odtenek bolje zaščitil rastline kot pripravek iz ognjiča, vendar ni večje razlike med njima. Tako 4. hipoteze zaradi možnih odstopanj pri meritvah nismo ne potrdili in ne ovrgli. Bolj opazna je razlika, če je v zemlji prisoten še fiksator dušika. V tem primeru ognjič bolje zaščiti rastline.

Potrdili pa smo 2. hipotezo, da bodo najbolj poškodovane rastline tiste, ki jih nismo zaščitili z nobenim škropivom (pod oznako kontrola (K)). Hkrati ugotavljamo, da tudi rastline, ki so ves čas rasle v rastlinjaku, niso imele ozonskih poškodb.

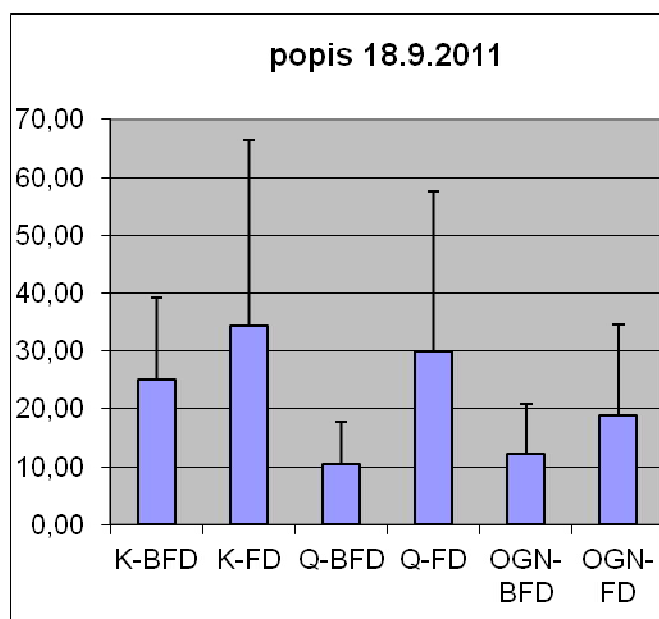
Presenečeni smo nad učinkom naravnega pripravka iz ognjiča, ki rastlino obvaruje približno pred 50 % poškodb. Menimo, da bi se lahko ta pripravek več uporabljal v kmetijstvu, zlasti v ekološki pridelavi, saj je okolju bolj prijazen kot umetna škropiva.



Graf 5: Rezultati popisa 10. 9. 2011

	Datum popisa	Povprečje	Stdev	mediana
K-BFD	10. 9.	8,55	7,34	8,50
K-FD	10. 9.	14,08	13,20	14,17
Q-BFD	10. 9.	6,31	5,47	8,17
Q-FD	10. 9.	15,27	11,69	20,00
OGN-BFD	10. 9.	5,45	4,03	7,17
OGN-FD	10. 9.	8,00	5,52	6,67

Tabela 2: Rezultati popisa 10. 9. 2011



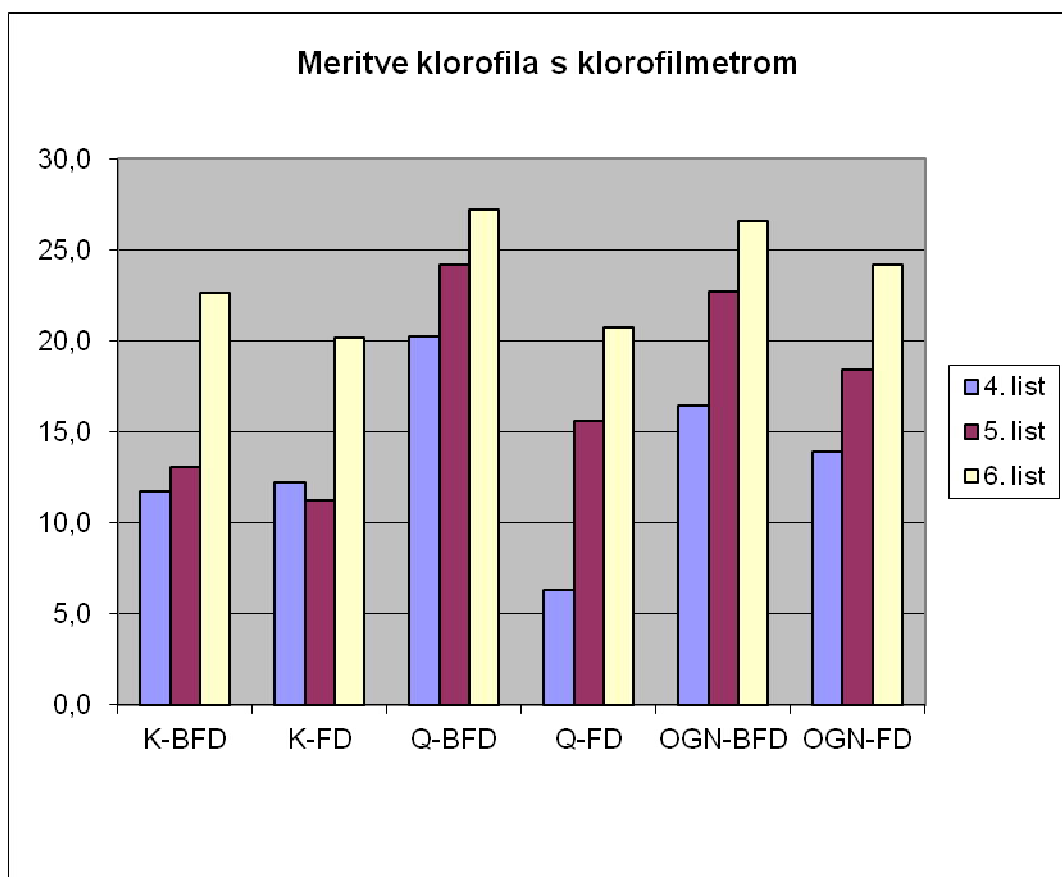
Graf 4: Rezultati popisa 18. 9. 2011

	Datum popisa	Povprečje	Stdev	mediana
K-BFD	18. 9.	25,14	14,20	30,50
K-FD	18. 9.	34,47	32,05	32,25
Q-BFD	18. 9.	10,43	7,37	13,18
Q-FD	18. 9.	30,00	27,53	28,00
OGN-BFD	18. 9.	12,23	8,68	10,73
OGN-FD	18. 9.	18,94	15,62	19,67

Tabela 3: Rezultati popisa 18. 9. 2011

Grafa ter tabeli nam prikazujeta še natančnejši pogled že zgoraj opisanih rezultatov.

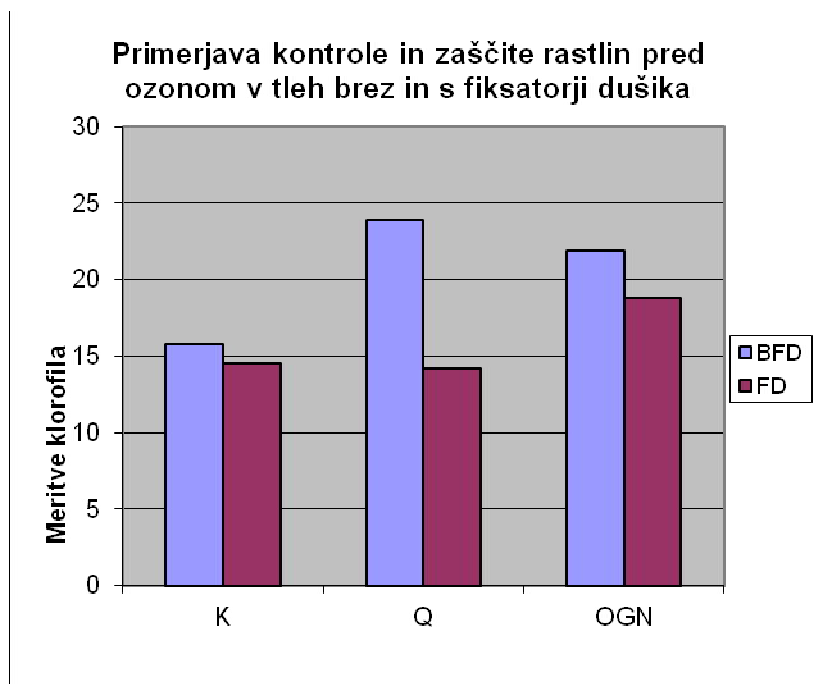
5.2 Meritve klorofila s klorofilmetrom in primerjava z ocenami ozonskih poškodb



Graf 6: Meritve klorofila s klorofilmetrom

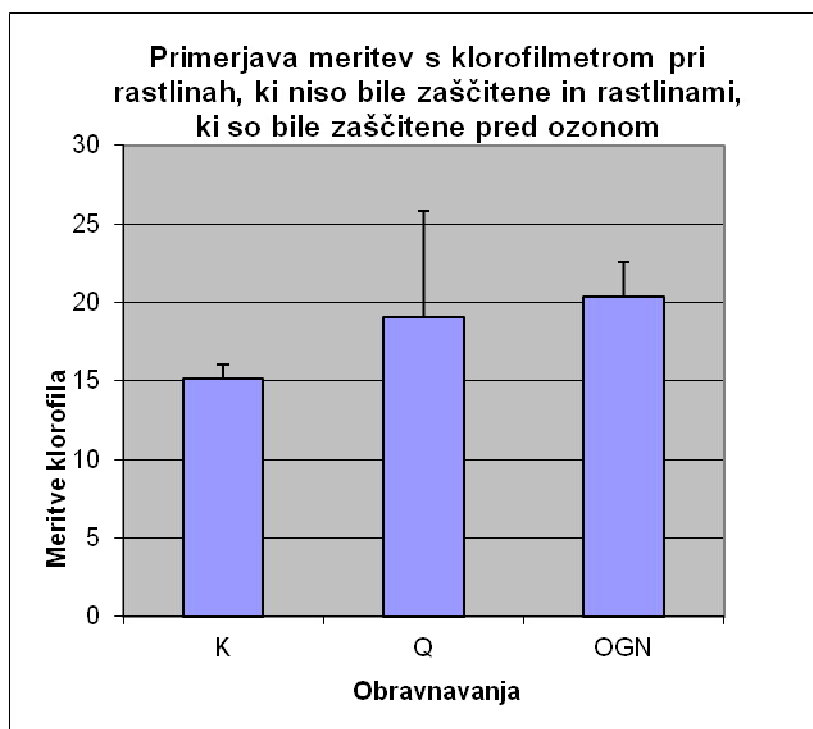
Za objektivno in natančno merjenje vitalnosti rastlin smo uporabili metodo merjenja klorofila s klorofilmetrom.

Starejši listi so imeli več poškodb zaradi ozona kot mlajši, kar vpliva tudi na vsebnost klorofila. Mlajši listi so vitalnejši in imajo več klorofila, pri starejših listih je prišlo do razpadanja kloroplastov v celicah (razgradnja zelenega barvila – klorofila), nastale so nekrotične pege – bele, kasneje rjave pege na zgornji povrhnjici lista, ki so značilni kazalniki škodljivega delovanja ozona. S tem smo potrdili 1. hipotezo, da imajo listi tobaka z ozonskimi poškodbami manj klorofila.



Graf 7: Primerjava kontrole in zaščite rastlin pred ozonom v tleh brez in z fiksatorji dušika

Iz rezultatov, ki jih prikazuje graf 7, lahko ugotovimo, da so rastline, ki so rastle v tleh obogatenih s fiksatorji dušika, bile manj fotosintezno aktivne, torej so imele manj klorofila v primerjavi z rastlinami, ki so rastle v tleh brez dodanih fiksatorjev dušika. To se ujema tudi z našimi opazovalnimi meritvami (glej graf 3).



Graf 8: Primerjava meritev s klorofilmetrom

Iz rezultatov meritev bi lahko sklepali, da dušik v tleh lahko povečuje občutljivost rastlin za ozonske poškodbe. Rastline, ki smo jih zaščitili pred vplivi ozona z naravnimi ali sintetičnim sredstvom, so imele višje izmerjene vrednosti klorofila in so imele manj ozonskih poškodb na listih. Ali je bil pri zaščiti rastlin pred vplivi ozona uspešnejši sintetični ali naravni pripravek, je iz rezultatov težko oceniti, saj bi bilo potrebno opraviti več meritev v različnih pogojih in z več vrstami rastlin. Vsekakor so rezultati predvsem z naravnim pripravkom iz ognjiča obetavni za nadaljnje delo v iskanju ukrepov za uspešno zaščito kmetijskih rastlin (v ekološki in konvencionalni pridelavi) pred negativnimi vplivi ozona v zraku (vpliv na količino pridelka, vizualni izgled, kakovost ...).

5.3 Ozonske poškodbe v domačem vrtu

V domačem vrtu smo opazovali, na katerih rastlinah bo prisotnih največ ozonskih poškodb. Največ poškodb smo našli na fižolu, ozonske poškodbe pa smo našli tudi na listih jedilnih buč in malin. Ker še nismo poznali rezultatov z ognjičem, rastlin letos nismo zaščitili. Vendar, ker so rezultati tega okolju prijaznega pripravka zelo dobri, bomo naslednje leto prav gotovo uporabili ognjičev pripravek.



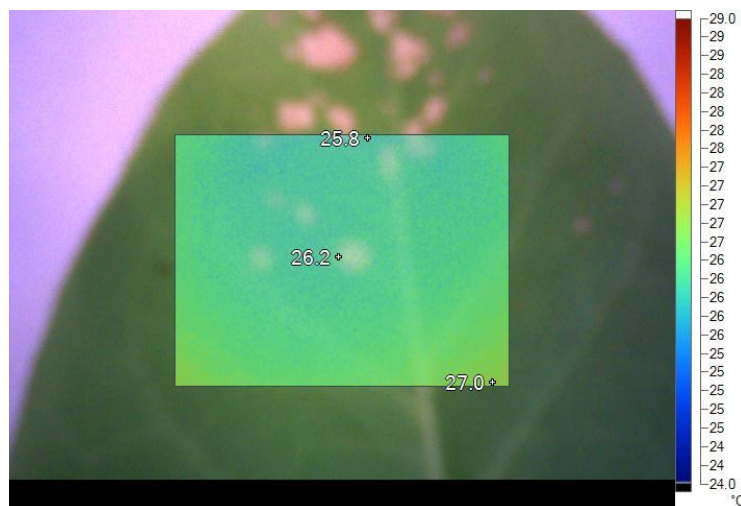
Slika 25: Ozonske poškodbe na fižolu



Slika 24: Ozonske poškodbe na malinah

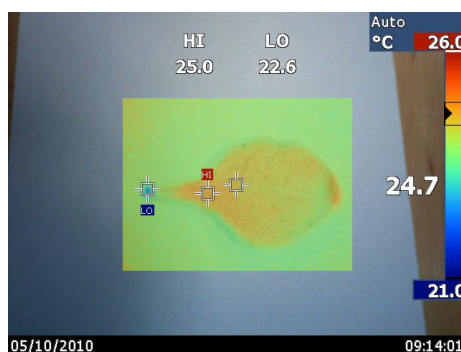
5.4 Ocenjevanje škode s pomočjo termovizijske kamere

Termovizijsko sevanje je prostemu očesu nevidno, prav tako ga ni moč čutiti. Lahko pa ga zazna termovizijska kamera, ki sliko dogajanja prikaže kot toplotno sliko. Tako smo si postavili hipotezo, da bi lahko bila termovizija tehnologija za ugotavljanje ozonske škode na kmetijskih površinah. Na ta način bi lahko bila škoda hitreje in natančneje ocenjena.



Slika 26: Ocenjevanje škode s termovizijsko kamero

Na območju, kjer je nekrotična pega, je termovizijska kamera pokazala višjo temperaturo (26,2 °C) kot pa na nepoškodovanem delu rastline (25,8 °C), saj je v nepoškodovanem delu prisotne več vode, ki v rastlini znižuje temperaturo. Zato smo primerjali fotografije bolj in manj poškodovanih rastlin. Razlike v temperaturi med poškodovanim in nepoškodovanim tkivom se ne razlikujejo toliko, da bi lahko potrdili našo hipotezo, da je termovizija tehnologija, s katero bi lahko ocenjevali škodo na rastlinah zaradi ozona. Metoda dela in tehnologija bi morala biti bolj dodelana, da bi lahko z njeno pomočjo ocenjevali poškodovanost rastlin. Menimo, da bi se na tem področju dalo še veliko narediti in obstoječo tehnologijo prilagoditi tako, da bi ustrezala specifičnim zahtevam rastlinskega materiala.



Slika 27: List slikan s termovizijsko kamero

6 ZAKLJUČEK

Troposferski ozon nastaja predvsem zaradi onesnažil, ki jih v ozračje izpušča petrokemična industrija in vozila. Za njegov nastanek je potrebna sončna svetloba.

Ker je dušik pomembno rastlinsko hranilo, smo bili mnenja, da bomo s predhodno pripravo tal s fiksacijo dušika preko simbiotskih bakterij vplivali na boljšo vitalnost rastlin in s tem na večjo odpornost le-teh na ozon. Vendar so nam rezultati pokazali, da fiksatorji dušika slabo vplivajo na odziv rastlin na ozon in, da so te rastline imeli še več ozonskih poškodb kot sicer.

V naši raziskovalni nalogi smo ugotovili, da s starostjo rastline narašča število nekrotičnih peg na površini listov. Zato smo nekaj rastlin zaščitili s sintetičnim škropivom Quadris in nekaj z naravnim ognjičevim pripravkom. Bili smo v dvomih, da bo naravno škropivo tako dobro učinkovalo kot umetno. Vendar so nas rezultati prijetno presenetili, saj so rastline zaščitene z ognjičevim pripravkom imele kar 50 % manj poškodb kot nezaščitene in skoraj enak procent uspešnosti zaščite kot uporaba pripravka Quadris. Dandanes je zelo pomembno, da varujemo naše okolje, zato se nam zdi, da bi bilo primerneje, da bi se v kmetijstvu uporabljala naravna škropiva, kot je npr. ognjič.

Rezultati ocen poškodovanosti listov in meritev s klorofilmetrom so bili usklajeni, torej so imele rastline z manj ozonskimi poškodbami več klorofila – višje SPAD vrednosti.

Pregledali smo tudi rastline v domačem vrtu in ugotovili, da je največ ozonskih poškodb prisotnih na listih fižola. Ozonske poškodbe so bile prisotne tudi na listih jedilnih buč in malin. Sklenili smo, da bomo naslednje leto te rastline zaščitili z ognjičevim pripravkom, kar bo vplivalo na boljšo vitalnost rastlin in s tem tudi na lepši pridelek.

Pomemben sklep naše naloge je tudi, da je termovizijska tehnologija trenutno premalo dodelana, da bi jo lahko uporabljali v kmetijstvu kot sredstvo za natančnejše ocenjevanje škode zaradi ozonskih poškodb.



Slika 28: Vpliv ozona na rastline

7 POVZETEK

V teoretičnem delu raziskovalne naloge smo pojasnili, kaj je to ozon, njegove lastnosti, kdaj in zakaj je lahko koristen in kdaj postane nevaren, kako učinkuje na rastlinske organizme in kateri so tisti dejavniki, ki ob prisotnosti povečujejo njegovo škodljivost.

Naše raziskovalno mesto je v Lokovici, pred domačo hišo. Na dveh stojalih smo opazovali odzive bioindikatorske rastline, tobak sorte Bel W₃ na ozon. Vse rastline so bile izpostavljene enakim pogojem rasti. Na razpolago so imele zadostne količine vode in svetlobe. S staranjem rastline je bilo vidnih več ozonskih poškodb in rastline so začele propadati. Določeno število rastlin smo zaščitili s škropivom Quadris ali z naravnim, doma narejenim, ognjičevim pripravkom, medtem ko drugo skupino rastlin nismo zaščitili. S primerjavo poškodovanosti listov (ocena ozonskih poškodb in uporaba klorofilmetra) smo preverili učinkovitost uporabljenih ukrepov za zaščito rastlin pred negativnimi vplivi ozona. S pomočjo termovizijske kamere smo ugotavljali, ali bi bila termovizija tehnologija, s katero bi lahko ocenjevali škodo povzročeno s povišanimi koncentracijami ozona na kmetijskih posevkih na večjem območju. Opazovali smo tudi rastline v domačem vrtu in ugotavljali, na katerih vrstah je vidnih največ ozonskih poškodb.

Najvišje koncentracije ozona so izmerjene prav poleti ob čudovitem, sončnem vremenu. Kaj ni žalostno, da zaradi neodgovornega odnosa človeka do narave, v teh čudovitih, s soncem obsijanih dneh brezizrazno in tiho ždi nevarnost – ozon?



Slika 29: Mlada raziskovalca

8 ZAHVALA

Iskreno se zahvaljujema mentorici ge. dr. Nataši Kopusar za pomoč, usmerjanje, vzpodbudo in vodenje pri opravljanju raziskovalne naloge.

Zahvala gre gospodu Stanislavu Osojniku, ki nama je omogočil posnetke s termovizijsko kamero ter za prikaz dela z napravo.

Hvala tudi dr. Andreji Čerenak in g. Bojanu Čremožniku z Inštituta za hmeljarstvo in pivovarstvo Slovenije za izposojlo klorofilmetra.

Hvaležna sva inštitutu ERICo, kjer so nama posodili opremo, ki sva jo potrebovala za izvedbo najine raziskovalne naloge.

Zahvaljujema se tudi lektorici gospe Leji Oder in staršem za vzpodbudo in pomoč pri delu.

9 PRILOGE

9.1 Rezultati meritev s klorofilmetrom

Kontrola FD												
rast.	list	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	pov.
1	4	2,9	2,5	0,6	1,3	1	0,1	0,7	8,8	7,6	8,8	3,4
	5	9,9	8,5	6,8	4,8	10,2	8,6	10,8	10,4	9,7	13,6	9,3
	6	19,6	18,9	18,8	19,4	13	9,8	18	16,9	15,9	19,3	17,0
2	4	10,6	11,8	17,7	4,8	8,2	6,7	3	9,9	8,3	8,9	28,1
	5	13,2	13	11,3	6,6	4,7	8,4	8,3	7,6	9,5	8,2	9,1
	6	27,5	26,7	26	21,4	23,6	21,3	27,5	27,4	23,4	28,2	25,3
3	4	6,9	7,3	10,4	10,8	11,7	10,9	1,1	5,6	9,9	8,1	8,3
	5	10,2	11,8	8,5	9,5	9,2	9,7	6,6	11	10,1	14,2	10,1
	6	24,1	18,9	19,2	19,5	21,2	15,2	14,9	17,5	19,8	20,6	19,1
4	4	6,6	12,3	16,9	15,9	15,8	12,4	16,3	16	16,3	17,2	14,6
	5	19,6	7,7	19,4	11,7	8	5,4	10,2	18,5	15,5	19,6	13,6
	6	24,2	22,7	24,3	25	21,7	26,5	23,3	22,4	23,9	23,5	23,8
5	4	6,1	12,8	10,3	15,5	16,1	13,3	11,2	13,4	8,3	7,2	11,4
	5	0,8	9,6	7,4	12,2	9,3	12,7	11,5	9	9,5	9,7	9,2
	6	17,6	16,9	15,4	16,7	5,5	16,2	15	15,6	16,6	15,4	15,1
6	4	1	7	6,9	12,4	8	12	6,2	11,9	10,3	1,2	7,7
	5	14,7	16	17,5	11,8	18,4	10,9	13,8	17,9	19,5	19	16,0
	6	17,9	21	21,1	19	18,8	19,1	20,4	19,7	20,4	30,3	20,8

Kontrola BFD												
rast.	list	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	pov.
1	4	18,2	19,9	14	8,9	4,2	4,9	7,1	4,5	15,1	17,2	11,4
	5	17,6	21,9	20,7	20,1	19,1	18,7	20,4	16,9	16,7	21,1	19,3
	6	31,6	34,1	33,7	33,4	33,7	33,9	30,6	34,1	32,7	31,6	32,9
2	4	21,6	23,3	22,7	12,2	21,9	17,3	22,2	23,2	22,4	18,5	20,5
	5	16,5	20,2	15,9	21,9	22	16,8	18,4	18,1	19,5	16,4	18,6
	6	25,4	26,2	27,8	26,1	26,8	22,5	24,1	33,2	25,5	28	26,56
3	4	5,2	1	9,1	11,2	1,4	2,2	10,3	6,5	3,6	2,7	5,3
	5	12,8	17,4	16,2	14,4	14,8	17,4	15,7	18	11,8	9,5	14,8
	6	21,4	23	19,5	17	19,2	16,6	14,5	18,9	26,1	29,2	20,6
4	4	10,1	8,1	6,5	11,3	10,3	10,5	10	11,1	15,1	10,1	10,3
	5	0,7	1	2,4	1,6	2,9	6,6	0,3	0,6	0,6	2,4	1,9
	6	15,9	17,5	16,1	7,3	12,7	13,2	13,9	15,5	16,4	17,6	14,6
5	4	14,3	9,8	8,7	10,7	15,7	18,3	17,7	18,2	37,2	39,8	19,0
	5	17,1	14,6	15,7	19,9	19	17,5	13,7	11,4	20	18,3	16,7
	6	23,6	24,4	24	26,1	25,1	25	24,4	24,4	23,7	24,4	24,5
6	4	4,4	3,3	3,4	0,5	1,1	3,8	3,6	6,2	5,9	6,2	3,8
	5	5,1	8,3	9	6,9	6,3	5,6	7,9	5,4	9,4	8,1	7,2
	6	16,5	18	17,5	18,3	16	16,3	16,6	15,2	14,2	16,1	16,5

FD + ognjič												
rast.	list	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	pov.
1	4	13,6	12,9	12	7,6	8,7	9,1	9,4	10,9	8,6	11,5	10,4
	5	7,1	8	5,1	9,6	9,5	11,3	13,6	12,2	9,1	9,9	9,5
	6	19,4	17,3	19,2	19,4	18	14	16,9	15	19,7	17,4	17,6
2	4	9,1	11,7	11,1	12,8	14,8	8,9	16,9	8,8	10,6	13,6	11,8
	5	23,4	22,7	23,3	23,7	22,4	22,2	17	21,5	23	22,5	22,2
	6	31,1	30,5	24,4	30	27,4	28,5	29,1	29,3	31,2	31,2	29,3
3	4	18,4	19,9	20,6	20,1	17,4	19,4	20,7	19,4	17,4	20,9	19,4
	5	24,4	20,8	23,3	18,2	23,5	26,8	23	24,9	24,1	26	23,5
	6	23,8	26,9	27,3	23,6	23	26,5	27,1	25,2	25,70	26,1	25,5

FD + quadris												
rast.	list	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	pov.
1	4	1,8	2,8	6,7	0,8	1,1	4,4	6,9	2,1	10,5	0,6	3,8
	5	16,1	11,6	6,1	34,4	16,3	12	14,4	9,4	12,6	8,7	14,2
	6	2,9	21,6	22,7	18,5	14,2	10,4	21,6	20,8	21,8	18,8	17,3
2	4	6,8	7,8	8,8	13,4	12,2	16	13,0	12,3	9,6	4,9	10,5
	5	14,3	15,3	20,4	20	20,5	21,4	18,4	19,8	22,1	19,2	19,1
	6	26,1	24,1	26	24,1	23,2	25,9	25,4	29,1	28,1	25,3	25,7
3	4	1,7	2,4	3,8	5	1,1	0,4	22,2	0,7	4,6	5,5	4,7
	5	12,9	10,3	11,7	14,3	12,9	17,8	14,3	16,8	14,3	9,8	13,5
	6	19,8	19,1	19,2	21,6	19,4	19,3	16,5	17,8	17,30	21,2	19,1

Ognjič												
rast.	list	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	pov.
1	4	21,6	24,2	23,5	22,4	23	24,7	25,5	24,9	26	21,2	23,7
	5	27,8	28,2	30,9	30,3	31,2	30,3	29,2	26,4	30,6	30,4	29,5
	6	32,5	34,8	35,8	35,2	35	31,3	32,2	33,1	34,7	35,6	34,0
2	4	12,9	12,3	13,5	10,8	10,4	6,2	6,9	5,7	14	11,8	10,5
	5	18	16,9	17,6	15,9	16,6	20,5	18,8	18,1	14,1	14,4	17,1
	6	17,6	17,7	20,3	17,7	17,2	19,2	21,2	20,5	18,3	18,2	18,8
3	4	16,9	12,5	13,2	12,5	16	16,5	17,5	16,9	20,7	20,2	16,3
	5	26,1	25,6	25,2	26,4	24,4	26,7	25,7	25,1	29,4	26,1	26,1
	6	18,6	27,4	28,4	27,5	28,4	28,8	30,5	28,4	27	27,5	27,3
4	4	18,6	21,9	20,6	23,1	20,9	22,7	22,6	22,8	20,5	17,9	21,2
	5	28,1	28,9	27,2	27,2	26,6	26,4	27,1	25,8	22,8	24,3	26,4
	6	25,6	25,1	21,4	29,2	28,3	32,8	32,8	31,9	32	29,5	28,9
5	4	17,3	15,4	14,1	20,4	12,6	16,2	19,7	17	19,6	17,2	17,0
	5	23,8	26,5	27,3	27,6	28,7	27,8	24,2	27,5	27,1	27,6	26,8
	6	33	34,2	33,7	32,5	32,7	38,1	36	34,8	35,6	34,9	34,6
6	4	13,3	12,4	11,4	10,3	9,5	8,2	5,1	8,8	9,3	11,9	10,0
	5	10,6	11,3	6,7	3	7	12,8	9,7	15,7	13,2	13	10,3
	6	6,6	10,4	14,1	16,2	19,1	20,1	19,4	17,2	18,3	17	15,8

Quadris													
rast.	list	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	pov.	
1	4	25,1	26,1	26,4	26,6	26,2	24,2	27,9	31,6	29,3	29,3	27,3	
	5	31,8	32,4	30,3	29,8	28,9	30,9	32,4	29,3	23	26,2	29,5	
	6	30	28,9	32,5	30,7	31,9	31,5	29	31,7	29,1	33,4	30,9	
2	4	14,1	15,4	16,8	10,7	16,1	14,9	17,4	15,1	11,1	14	37,3	
	5	19,4	22,7	21,6	23,4	21,9	21,4	21	22,6	21,5	21,6	21,7	
	6	25,5	23,9	27,5	27,3	26,6	27,6	29,1	30,1	24,8	22,9	26,53	
3	4	11,8	20,9	20,1	18,6	17,9	14	15,6	18,4	17,6	13,6	16,9	
	5	18,1	20,9	20,2	20,7	20,8	20,1	19,9	19,4	20,4	19,6	20,0	
	6	21,5	21,5	25,3	25,9	22,4	20,2	23,8	25,6	19,9	21,7	22,8	
4	4	9,7	3,6	9,9	1,4	11,3	3,2	2,3	0,3	0,1	1,3	4,3	
	5	23,6	22,6	20,6	21,6	12,3	21,9	20,5	20,4	21,9	20,1	20,6	
	6	24,4	28,2	26,9	26	24,5	28,9	30,8	27,6	27,5	26,3	27,1	
5	4	26,2	24,7	27,5	26,6	25,8	27,1	25,7	26,5	26,4	27,3	26,4	
	5	32,4	36	37,1	36,2	37,7	37,4	34,8	30,5	36,2	36,2	35,5	
	6	36	35,2	37,5	35,9	37	37,3	37,1	36,9	35,6	37,5	36,6	
6	4	5,5	8,5	4,3	8,6	11,8	10,4	6,9	11,4	12	12,6	9,2	
	5	14,8	17,6	16,6	17,5	19,1	20	20,5	17,6	17	17,5	17,8	
	6	25,1	18,7	16,9	17,8	20	22,2	16	18,1	19,3	18,8	19,3	

9.2 Rezultati meritev opazovanja nekrotičnih peg

Kontrola in fiksatorji dušika							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0*	0	0	0			
3. 9.	0*	0	0	0	0	0	
10. 9.	25	30	30	10	0,5	0	
18. 9.	60	70	65	30	6	2	0
Rastlina 2							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	30	45	10	0	0		
18. 9.	70	85	55	18	2	0	0
Rastlina 3							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0	0	
10. 9.	27	25	15	0	0	0	
18. 9.	70	65	50	45	5	1	0

Rastlina 4							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	10	25	5	0	0		
18. 9.	75	60	25	3	0	0	
Rastlina 5							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0					
3. 9.	0	0	0	0			
10. 9.	30	25	10	0	0		
18. 9.	73	65	40	1	0	0	
Rastlina 6							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	40	15	15	0	0		
18. 9.	85	60	45	10	0	0	0
Kontrola brez fiksatorjev dušika							
Rastlina 1							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0			
3. 9.	0	0	0	0	0	0	
10. 9.	25	10	0,4	1	3	0	0
18. 9.	32	15	2	5	15	20	15
Rastlina 2							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0			
3. 9.	0	0	0	0	0	0	
10. 9.	5	25	2	5	0,5	0	0
18. 9.	25	50	10	25	15	1	0

Rastlina 3							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0	0		
3. 9.	0,3	0	0	0	0	0	0
10. 9.	20	10	20	10	4	0	0
18. 9.	55	35	60	60	10	2	0
Rastlina 4							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0	0		
3. 9.	0,2	1,5	0	0	0	0	0
10. 9.	10	10	15	10	1	0	0
18. 9.	40	35	45	23	35	2	1
Rastlina 5							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0	0		
3. 9.	1,5	0,1	0	0	0	0	
10. 9.	10	25	15	10	8	1	0
18. 9.	25	30	40	20	15	2	1
Rastlina 6							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0	0	0	
3. 9.	1,5	2	1	0	0	0	0
10. 9.	25	25	30	15	8	0	0
18. 9.	60	55	55	50	40	20	10
Tla s fiksatorji dušika + ognjič							
Rastlina 1							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0			
3. 9.	0,1	4	0	0	0	0	
10. 9.	10	40	30	15	5	0	0
18. 9.	30	70	65	45	10	0	0

Rastlina 2							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0,8	0	0	0			
10. 9.	5	1	0	0	0		
18. 9.	30	25	1	0	0	0	
Rastlina 3							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0					
3. 9.	0	0	0	0			
10. 9.	5	7	2	0	0		
18. 9.	10	25	27	3	0	0	
Tla s fiksatorji dušika + Quadris							
Rastlina 1							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	3	2	0	0	0		
10. 9.	15	25	20	15	0	0	
18. 9.	55	60	50	30	3	0	0
Rastlina 2							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	25	25	15	2	0		
18. 9.	60	55	25	3	2	0	0
Rastlina 3							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0					
3. 9.	1,2	5	0	0	0		
10. 9.	25	35	25	2	0		
18. 9.	65	70	40	20	2	0	0

Ognjič in tla brez fiksatorjev dušika							
Rastlina 1							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0	0	
10. 9.	5	0	0	0	0	0	0
18. 9.	7	0,2	0,2	0	7	0,2	0
Rastlina 2							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0			
3. 9.	3	1	0,7	0	0	0	
10. 9.	15	20	18	15	10	0	0
18. 9.	70	70	22	18	17	2	0
Rastlina 3							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	10	1	0	0	0	0	0
18. 9.	18	7	10	5	2	0,5	0
Rastlina 4							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0					
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	12	10	0	0	0		
18. 9.	25	17	2	7	6	3	1
Rastlina 5							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	12	0	0	0	0	0	
18. 9.	20	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0
Rastlina 6							

	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0	0		
3. 9.	5	3	0,2	0	0	0	0
10. 9.	10	20	25	30	10	5	0
18. 9.	17	23	30	55	25	23	2,5
Quadris in brez fiksatorjev dušika							
Rastlina 1							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0					
3. 9.	0	0	0	0			
10. 9.	2	0	0	0	0	0	
18. 9.	2,5	2	2	2	0,5	0	0
Rastlina 2							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0				
3. 9.	1,5	0	0	0	0		
10. 9.	10	8	8	0	0	0	
18. 9.	25	7	8	7	3	1	0
Rastlina 3							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0			
3. 9.	6	0	0	0	0	0	
10. 9.	30	23	12	14	3	0	0
18. 9.	33	27	25	15	5	2	0,3
Rastlina 4							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0			
3. 9.	0	0	0	0	0	0	
10. 9.	23	12	15	10	4	0	0
18. 9.	40	15	25	15	5	2	0,3
Rastlina 5							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10

26. 8.	0	0					
3. 9.	0	0	0	0	0		
10. 9.	2	0	0	0	0	0	
18. 9.	3	0,1	1	1	1,5	1	0
Rastlina 6							
	List 4	List 5	List 6	List 7	List 8	List 9	List 10
26. 8.	0	0	0	0	0		
3. 9.	4	0,5	0	0	0	0	
10. 9.	15	22	20	25	4	3	0
18. 9.	20	28	25	55	14	12	7

10 VIRI IN LITERATURA

10.1 LITERATURA

1. ARCHAMBAULT, D. J. / SLASKI J.J. / LI X. 2000. Ozone Protection in Plants. Diplomaska naloga. Edmonton.
2. FLORJANČIČ, B., 2001. Quadris – biotične lastnosti in način uporabe. Zbornik predavanj in referatov 5. Slovenskega posvetovanja o varstvu rastlin, Čatež ob Savi
3. INZE, D. / MONTAGU, M. V. 2002. Oxidative Stress in Plants. 1. izdaja, New York, Taylor & Francis
4. KOPUŠAR, N. 2009. Spremljanje kazalnikov oksidativnega stresa pri rastlinah kot tretja raven ekološko informacijskega sistema onesnaženosti zraka. Doktorska disertacija. Ljubljana, BF, Oddelek za agronomijo.
5. OREŠNIK, K. 1995. Obnašanje ozona na merilni postajo Krvavec v obdobju od leta 1991 do leta 1994. Diplomsko delo. Ljubljana
6. PLANINŠEK, A. 1997. Onesnaženost zraka v Sloveniji v letu 1996. Publikacija. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor – Hidrometeorološki zavod RS
7. SANDERMAN, H. / WELLBURN, A. R. / HEATH, R. L. 1997. Forest Decline and Ozone. 1. izdaja, Springer
8. <http://www.hpe.si/storitve/meritve/termovizija-infrardeca-kamera>, 1. 3. 2012
9. http://www.arso.gov.si/zrak/kakovost%20zraka/podatki/Ozon_clanek.pdf, 22. 2. 2012
10. <http://druzina.ena.com/Dom/Vrt-in-domace-rastline/Vrtni-ognjic-zdraveil-za-nas-in-vrt.html>, 26. 2. 2012
11. <http://www.konicaminolta.com/instruments/products/color/chlorophyll-meter>, 3. 3. 2012

10.2 Viri slik

SLIKA: 1, 2, 7

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/7a/Ozone-3D-vdW.png>, 26. 2. 2012

SLIKA: 3

http://www.windows2universe.org/earth/Atmosphere/images/stratosphere_diagram_sm.jpg, 4. 3. 2012

SLIKA: 4

<http://www.bodieko.si/tag/ozon>, 20. 1. 2012

SLIKA: 5, 6

<http://www.eea.europa.eu/maps/ozone/ozone/good-and-bad-ozone>, 26. 2. 2012

SLIKA: 8

<http://druzina.ena.com/Dom/Vrt-in-domace-rastline/Vrtni-ognjic-zdraveil-za-nas-in-vrt.html>, 26. 2. 2012

SLIKA: 9, 10

<http://www0.syngenta.com/country/prodrender/index.aspx>, 16. 2. 2012

SLIKA: 11, 19

<http://www.hpe.si/storitve/meritve/termovizija-infrardeca-kamera>, 1. 3. 2012

SLIKA: 14

Google maps

SLIKA: 17, 18

<http://www.konicaminolta.com/instruments/products/color/chlorophyll-meter>, 3. 3. 2012

SLIKA: 21

http://www.outlook2010shop.com/images/e/n/en-US111_Office_Excel_2010_065-06962.png, 3. 3. 2012

SLIKA: 7, 12, 13, 15, 16, 20, 22, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 29

Domači arhiv