

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tine PALČIČ

**VSEBNOST NITRATOV V ZELENJADNICAH RAZLIČNEGA
IZVORA**

DIPLOMSKO DELO
Univerzitetni Študij

CONTENT OF NITRATE IN VEGETABLES OF DIFFERENT ORIGIN

GRADUATION THESIS
University Studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek Univerzitetnega študija agronomije. Opravljeno je bilo na Kmetijskem inštitutu Slovenije, kjer so bile v centralnem laboratoriju opravljene kemijske analize. Poskus je bili izveden na vrtičkih Mestne občine Ljubljana, v trgovskih centrih in na tržnicah.

Študijska komisija Oddelka za agronomijo je za mentorja diplomskega dela imenovala prof. dr. Marijano Jakše ter somentorja dr. Boruta Vrščaja.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik: prof. dr. Katja VADNAL
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: izred. prof. dr. Marijana JAKŠE
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: dr. Borut VRŠČAJ
Kmetijski inštitut Slovenije, Centralni laboratorij

Član: doc. dr. Helena GRČMAN
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

Tine PALČIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dn
DK	UDK 635.9:504.05:546.175(497.4 Ljubljana)(043.2)
KG	zelenjadnice/vrtički/nitrat/Ljubljana
KK	AGRIS T01
AV	PALČIČ, Tine
SA	JAKŠE, Marijana (mentor), VRŠČAJ, Borut (somentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2008
IN	VSEBNOST NITRATOV V ZELENJADNICAH RAZLIČNEGA IZVORA
TD	Diplomsko delo (univerzitetni študij)
OP	XI, 30, [4] str., 12 pregl., 7 sl., 9 pril., 32 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Enega pomembnih kazalcev kakovosti prehrane predstavlja vsebnost nitratov v pridelkih zelenjadnicah. V tej raziskavi smo ugotavljali vsebnost nitratov v užitnih delih solatnic (endivija, radič, solata), korenčka in paradižnika na vrtičkih območja Mestne občine Ljubljana (MOL) in jih primerjati z vsebnostjo nitratov v zelenjavi, kupljeni v trgovskih centrih in tržnicah Ljubljane. Iz 100 vrtičkov iz 32 območij smo vzeli 54 vzorcev radiča, 42 vzorcev endivije, 97 vzorcev korenja in 99 vzorcev paradižnika. V trgovinah smo kupili 35 vzorcev zelenjadnic, na tržnicah z ekološko pridelavo 18 in 36 iz integrirane pridelave. Vzorce smo pripravili z ISO 11464 in določili NO_3^- z metodo, ki jo predpisuje standard EN 12014-7. 83 % vzorcev endivije je vsebovalo pod 1000 mg/kg nitrata. Radič z vrtičkov je vseboval pod 2500 mg/kg nitratov, razen v enem primeru je bila vsebnost 3805,7 mg/kg. 20 % vzorcev korenčka z vrtičkov je vsebovalo med 500 in 1000 mg /kg nitratov, ostali manj. 50 % endivije iz integrirane pridelave je vsebovalo med 1000 in 2500 mg/kg nitratov, ostali vzorci so vsebovali manj nitratov. Ekološko pridelana endivija je vsebovala manj kot 1000 mg/kg nitratov. 67 % endivije iz trgovin je vsebovalo med 1000 in 2500 mg/kg nitratov, ostali vzorci manj. 50 % solate iz integrirane pridelave je vsebovalo med 1000 in 2500 mg/kg nitratov, ostali manj. 5 % solate iz trgovin je vsebovalo med 1000 in 2500 mg/kg nitratov, ostali manj. 8 % korenčka iz integrirane pridelave je vsebovalo med 500 in 1000 mg/kg, ostali vzorci so vsebovali manj nitratov. 17 % ekološko pridelanega korenčka je vsebovalo med 200 in 500 mg/kg nitratov, ostali so imeli manj. 22 % korenčka iz trgovin je vsebovalo med 200 in 500 mg/kg nitratov, ostali vzorci so bili pod 200 mg/kg. Paradižnik koplji najmanjše količine nitrata, kar smo dokazali tudi v naši raziskavi. Vsi vzorci so vsebovali pod 100 mg/kg nitrata. Priporočen dnevni vnos nitratov z zelenjavo je bil malo presežen v 12 vzorcih solatnic od 381 vzorcev vseh zelenjadnic. Glede na to, da so vsebnosti nitrata v zelenjadnicah majhne ter da so manjše, kot je navedeno v različnih virih, ne predstavljajo tveganja za zdravje vrtičkarjev in ostalih ljudi, ki to zelenjavo uživamo.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dn
 DC UDC 635.9:504.05:546.175(497.4 Ljubljana)(043.2)
 CX vegetables/gardens/ nitrates/Slovenia/Ljubljana
 CC AGRIS T01
 AU PALČIČ, Tine
 AA JAKŠE, Marjana (supervisor), VRŠČAJ, Borut (co-supervisor)
 PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
 PB University in Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy
 PY 2008
 TI CONTENT OF NITRATE IN VEGETABLES OF DIFFERENT ORIGIN
 DT Graduation thesis (university studies)
 NO XI, 30, [4] p., 12 tab., 7 fig., 9 ann., 32 ref.
 LA en
 AL sl/en
 AB One of the important pointers of quality of diet presents content of nitrates in vegetables. In this research we were finding content of nitrates in edible parts of endive, lettuce, chicory, carrots and tomatoes on gardens of area of municipality Ljubljana and compare them with vegetables bought on market places and shops of Ljubljana. We took 54 samples of chicory, 42 samples of endive, 97 samples of carrots and 99 samples of tomatoes. 35 samples of vegetables in the stores were also analysed. From the vegetables producers in the market we took 18 samples of ecological and 36 samples of integrate vegetables. We prepared samples with ISO 11464 and determined NO₃ – with method as directed by standard EN 12014-7. 83% of endive contained less then 1000 mg/kg of nitrates. Chicory from gardens contained less then 2500 mg/kg of nitrates, with the exception of one case, which contained 3806 mg/kg of nitrates. 20 % of carrots from gardens contained from 500 to 1000 mg/kg of nitrates, other samples less. Tomato from gardens contained under 200 mg/kg of nitrates. 50 % of endive from integrated production contained between 1000 and 2500 mg/kg of nitrates, other samples under 1000 mg/kg. Ecologically grown endive contained less than 1000 mg/kg of nitrates. 67 % of endive from stores contained between 1000 and 2500 mg/kg of nitrates, other samples less. 50 % of lettuce from integrated production contained between 1000 and 2500 mg/kg of nitrates, other samples less. 50 % of lettuce from integrated production contained between 1000 and 2500 mg/kg of nitrates, other samples less. 5 % of lettuce from stores contained between 1000 and 2500 mg/kg of nitrates, Most samples of carrot from integrated production contained under 500 mg/kg of nitrates. 17 % ecologically produced carrot contained between 200 and 500 mg/kg of nitrates, other samples less. 22 % of carrot from stores contained between 200 and 500 mg/kg of nitrates, other samples had less than 200 mg/kg. Tomato accumulates smallest amounts of nitrate, we proved that also in our research. All samples contained under 100 mg/kg of nitrate. Recommended daily intake of nitrate with vegetables was a bit exceeded in 12 samples of salad crops from 381 samples of all vegetables. The content of nitrate in vegetables is low, more over it's lower than in different sources, that's why vegetables probably don't represent risk for the health of gardeners and others who consume it.

KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija (KDI)	III
Key Words Documentation (KWD)	IV
Kazalo vsebine	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	IX
Okrajšave in simboli	X
Kratice	XI
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE	2
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	2
2 PREGLED OBJAV	3
2.1 NA SPLOŠNO O NITRATU	3
2.2 KROŽENJE DUŠIKA	3
2.2.1 Fiksacija dušika	3
2.2.2 Mineralizacija ali amonifikacija dušika	3
2.2.3 Nitrifikacija	3
2.2.4 Denitrifikacija	4
2.3 UPORABA NITRATOV	4
2.4 VIRI NITRATOV V HRANI	5
2.5 GLAVNI VZROKI ZA KOPIČENJE NITRATOV V OKOLJU	5
2.6 KOPIČENJE NITRATOV V ZELENJADNICAH	5
2.6.1 Dejavniki, ki vplivajo na sprejem in kopičenje nitratov v zelenjadnicah	7
2.6.2 Vsebnost nitratov v pridelkih	7
2.7 REDUKCIJA NITRATOV V ZELENJADNICAH	8
2.7.1 Dejavniki, ki vplivajo na zmanjševanje vsebnosti nitratov v zelenjadnicah	9
2.8 NITRATI IN ZDRAVJE LJUDI	9
2.8.1 Nitrati v prehrani in tveganje z zdravstvenega stališča	10
2.8.1.1 Methemoglobinemija	10
2.8.1.2 Rak na prebavilih	11
2.8.1.3 Še nekateri primeri nevarnosti nitrata	12
2.8.2 Možni pozitivni učinki nitrata v prehrani	12
2.8.2.1 Zaščita pred črevesnimi patogeni	12
2.8.2.2 Preventiva pred okužbo s <i>Helicobacter pylori</i>	12
2.8.2.3 Preventiva pred oralnimi okužbo in zobno gnilobo	12
2.8.2.4 Previsok pritisk (antihipertenzija)	13
2.9 PRIPOROČEN DNEVNI VNOS (ADI) IN LETALNA DOZA (LD)	13
2.10 PRAVNI PREDPISI S PODROČJA VSEBNOSTI NITRATA V PRIDELKIH	13
2.11 VRTIČKARSTVO V MESTNI OBČINI LJUBLJANA	14
3 MATERIAL IN METODE	15
3.1 IZBIRA LOKACIJ	15
3.2 POSTOPEK VZORČENJA ZELENJADNIC NA VRTIČKIH	16

3.3	IZBIRA IN NAKUP ZELENJADNIC V TRGOVINAH IN TRŽNICAH	17
3.4	ANALITIKA NO_3^- V PRIDELKIH	17
3.4.1	Priprava vzorcev, ekstrakcija in meritve z analizatorjem	17
3.4.2	Potek meritev	18
3.5	VREDNOTENJE REZULTATOV ANALIZ	18
3.6	STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	18
4	REZULTATI	19
4.1	NITRATI V ZELENJADNICAH	19
4.2	PRIMERJAVA VSEBNOSTI NITRATOV V ZELENJADNICAH	21
4.3	IZRAČUN PRIPOROČENEGA DNEVNEGA VNOSA (ADI)	22
5	RAZPRAVA IN SKLEPI	23
5.1	VSEBNOST NITRATOV V ZELENJADNICAH	23
5.1.1	Vsebnost nitratov v zelenjadnicah pridelanih na vrtičkih MOL	23
5.1.2	Vsebnost nitratov v zelenjadnicah, kupljenih na tržnicah in v trgovinah na območju MOL	23
5.1.3	Primerjava vsebnosti nitratov med zelenjadnicami pridelanimi na vrtičkih in kupljenimi na tržnicah in v trgovinah	24
5.1.4	Vplivi nitrata na zdravje	25
5.2	SKLEPI	26
6	POVZETEK	27
7	VIRI	28
	ZAHVALA	
	PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Zelenjadnice razdeljene v razrede glede na kopičenje nitrata (Schuddeboom, 1993)	6
Preglednica 2: Primerjava v vsebnosti nitratov (mg/kg SvS) v zelenjavi pridelani v Sloveniji z drugimi državami (*..., cit. po Sušin in sod., 2006).	8
Preglednica 3: Primerjava v vsebnosti nitratov (mg/kg SvS) v zelenjavi iz različnih držav.	8
Preglednica 4: ADI NO_3^- glede na telesno težo človeka (Umar in sod., 2006).	13
Preglednica 5: Zgornja mejna vrednost vsebnosti nitrata (mg NO_3^-/kg) v zelenjadnicah (Pravilnik o onesnaževalcih..., 2003).	14
Preglednica 6: Območja vzorčenih vrtničkov v okviru meja MOL v letu 2006.	16
Preglednica 7: Oznake porekla in število vzorcev po posameznem poreklu iz trgovin	17
Preglednica 8: Odstotek zelenjadnic, poobranih z vrtničkov in razporejenih v posamezne razrede kopičenja nitratov (mg NO_3^-/kg SvS).	19
Preglednica 9: Odstotek zelenjadnic s tržnic z integrirano pridelavo po posameznih razredih kopičenja nitrata (mg NO_3^-/kg SvS).	20
Preglednica 10: Odstotek zelenjadnic s tržnic z ekološko pridelavo po posameznih razredih kopičenja nitrata (mg NO_3^-/kg SvS).	20
Preglednica 11: Odstotek zelenjadnic iz trgovin po posameznih razredih kopičenja nitrata (mg NO_3^-/kg SvS).	20
Preglednica 12: Število vzorcev, ki presegajo ADI.	22

KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Kroženje dušika (Pidwirny, 2006).	4
Slika 2: Poti prenosa nitrata in razgradnje nitrata v rastlinah (Schuddeboom, 1993).	9
Slika 3: Vrtniček v Trnovem (foto: Tine Palčič)	15
Slika 4: Vrtniček pri toplarni (foto: Tine Palčič)	15
Slika 5: Primerjava povprečnih vsebnosti nitratov v solatnicah (mg/kg) z vrtničkov, tržnic z integrirano in ekološko pridelavo in iz trgovin; N = število vzorcev.	21
Slika 6: Primerjava povprečnih vsebnosti nitratov v korenčku (mg/kg) z vrtničkov, tržnic z integrirano in ekološko pridelavo in iz trgovin; N = število vzorcev.	21
Slika 7: Primerjava povprečnih vsebnosti nitratov v paradižniku (mg/kg); N = število vzorcev.	22

KAZALO PRILOG

Priloga A: Lokacije vzorčenja tal in rastlin na vrtičkih MOL v letu 2006 (Vrtičkarstvo..., 2008).

Priloga B: Zapisnik vzorčenja tal in rastlin na mestnih vrtičkih.

Priloga C: Statistične analize.

Priloga C1: Statistična primerjava med zelenjadnicami na vrtičkih (metoda LSD; $p \leq 0,05$).

Priloga C2: Statistična primerjava med zelenjadnicami iz tržnic z ekološko pridelavo (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Priloga C3: Statistična primerjava med zelenjadnicami iz tržnic z integrirano pridelavo (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Priloga C4: Statistična primerjava med zelenjadnicami iz trgovin (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Priloga C5: Statistična primerjava med vzorci solatnic v vsebnosti nitratov (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Priloga C6: Statistična primerjava med vzorci korenčka v vsebnosti nitratov (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Priloga C7: Statistična primerjava med vzorci paradižnika v vsebnosti nitratov (metoda LSD $p \leq 0,05$).

OKRAJŠAVE IN SIMBOLI

AACE	avtoanalizator (Automated analyzer control and evaluation software)
ADI	Priporočen dnevni vnos (acceptable daily intake)
AK	Aminokisline
CFA	Runalniško podprt sistem z avtomatskim vzorčevalnikom (Continuous Flow Analyser)
DNR	Ministerstvo za naravne vire (Wisconsin department of natural resources)
DOF1	Digitalni orto-foto posnetek (resolucija 1 m)
DOF5	Digitalni orto-foto posnetek (resolucija 5 m)
GIS	Geografski informacijski sistem
JECFA	Skupni strokovni odbor FAO/WHO za aditive za živila (The Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives)
KIS	Kmetijski inštitut Slovenije
LOD	Meja detekcije metode (limits of detection)
LSD	Najmanjša značilna razlika (least significant difference)
MAFF	Ministrstvo za kmetijstvo, ribištvo in prehrano (Ministry of Agriculture, Fisheries and Food)
MOL	Mestna občina Ljubljana
N	Število odvzetih vzorcev
N.D.	Nedoločljivo (non defined)
NO ₂ ⁻	Nitrit
NO ₃ ⁻	Nitrat
NEDD	N-naftiletilen diamin dihidroklorid
NO ₃ -N	Nitratni dušik
NH ₄ ⁺	Amonij
PK 25	Pedološka karta v merilu 1:25000
PE LD	Polietilen nizke gostote
SCF	Znanstveni komite za živila (Scientific Committee on Food)
SvS	Sveža snov
SS	Suha snov
U.S. NAS	Nacionalna akademija znanosti Združenih držav Amerike (United States National Academy of Sciences)
VVO	Vodovarstveno območje
WHO	Svetovna zdravstvena organizacija (World Health Organisation)

KRATICE

LD₅₀ je kratica za "median lethal dose" – je smrtni odmerek, pri katerem umre 50 % testnih organizmov.

ADI (Acceptable Daily Intake) pomeni priporočen dnevni vnos hrana oz. dodatka, ki še ne povzroča škodljivih učinkov na človeka ob zaužitju.

1 UVOD

Nitrat (NO_3^-) je ena izmed oblik dušika, ki ga rastlina lahko neposredno sprejme iz talne raztopine (Leifert, 2005). Je zelo pomembno hranilo za rastline (Brown in sod., 1993). V naravi se pojavlja v tleh, vodi in hrani (Nitrate..., 2005). Rastlina sprejme dušik največkrat v obliki nitratnega iona. Le ta je zelo mobilni in se v humidni klimi in lažjih tleh v velikem obsegu spira v podzemno vodo. V anaerobnih razmerah pa ga denitrifikacijski mikroorganizmi pretvorijo do nitrita oz. do plinskih oblik dušika. Kadar poteka ta proces, je možno relativno kratkotrajno kopičenje nitrita v tleh (Tematska karta..., 1989). V podzemnih vodah je predvsem zaradi izpiranja iz neurejenih kanalizacij, odplak, industrij. Nitrat je tudi v zelenjavi in sadju. V prehrabeni industriji ga poleg nitrita (NO_2^-) dodajamo kot konzervans mesu, mesnim izdelkom, siru in redko tudi ribam. V človeški hrani se tako poleg nitrata pojavlja tudi nitrit. Oba sta v prevelikih količinah lahko nevarna za zdravje človeka (Yordanov in sod., 2001). Največ nitrata se kopiči v zelenjavi, zato ga z zelenjavo vnesemo v telo okrog 80 % (Gangolli in sod., 1994, cit. po Amr in Hadidi, 2001). Vsebnost nitrata v zelenjavi je odvisna od vrste, sorte, časa pobiranja, osvetlitve, temperature itd. (Lorenz, 1978, cit. po Amr in Hadidi, 2001; Walters, 1991, cit. po Hill, 1991.).

Nitrat in njegovi razgradnji produkti (nitrit, nitrozamini) povzročajo raka na prebavilih in, posebej pri otrocih, nevarno bolezen methemoglobinemijo (Mills in sod., 1976, cit. po Yordanov in sod., 2001; Schuster in Lee, 1987, cit. po Yordanov in sod., 2001; Walters, 1980, cit. po Yordanov in sod., 2001). Nekateri viri trdijo ravno nasprotno, saj naj bi nitrat preprečeval nastanek raka ter sodeloval pri zdravljenju bolezni srca in ožilja (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006).

Vrtičkarstvo je bilo že stoletja pomembna dopolnilna gospodarska dejavnost tako v mestih kot tudi na njihovih obrobjih ter na podeželju. Še zlasti pomembni so bili vrtovi ob samostanih in gradovih. Vrtove s kuhinjsko zelenjavo so imeli tudi meščani, vrtičkarstvo nekoliko obsežnejših dimenzij pa se je razvijalo v predmestjih. Na območju Ljubljane obstajajo večja zemljišča, na katerih meščani pridelujejo zelenjavnice. Vrtičkarska območja so razporejena po območju celega mesta in se pogosto mešajo z drugimi rabami zemljišč, kot so prometnice in industrijsko-obrtne cone. Izkušnje kažejo, da nekatera vrtičkarska območja sčasoma postajajo nelegalna naselja z neurejenimi higienskimi razmerami, z neurejenim ravnanjem z odpadki, nelegalnim odvzemom vode, gradnjo nelegalnih dovoznih poti in drugih objektov, povezanih z vrtičkarsko dejavnostjo (Vrtičkarstvo..., 2008).

Nekaterim prebivalcem stanovanjskih naselij predstavlja vrtičkarstvo medsebojno druženje, zabavo, sprostitev, rekreacijo in preživljanje prostega časa ter lastno pridelavo zelenjave. Iz podatka, da je bilo do nedavnega na območju Ljubljane več kot 200 ha vrtičkov, je mogoče sklepati, da je vrtičkarstvo pomembna in nadvse priljubljena oblika preživljanja prostega časa za veliko število Ljubljancanov (Souvan in sod., 2008).

Glavni vir onesnaževanja tal vrtičkov na urbanih oziroma sub-urbanih območjih predstavljajo predvsem izpusti industrije, pretirana raba mineralnih gnojil, odplake, kanalizacije, organska gnojila, itd. Ti viri so glavni vzrok za visoke vsebnosti nitrata v

rastlinah oz. zelenjavi ter tudi vir težkih kovin, fitofarmacevtskih sredstev, bakterij itd. (Brown in sod., 1993; Risk..., 2007).

Vrtičkarji doma pridelano hrano opredeljujejo kot zdravo in neoporečno. Vendar lahko vrtičkarstvo poleg vseh pozitivnih učinkov predstavlja tveganje za zdravje ljudi. Glede na to, da vrtičkarji za gnojenje uporabljajo predvsem kompost oziroma redkeje tudi hlevski gnoj, menimo, da to vpliva na povečanje vsebnosti organske snovi v tleh, ki se mineralizira do osnovnih rastlinskih hranil (nitrat, fosfat, sulfat).

Zelenjava, ki jo kupimo v trgovini ali na tržnici, lahko zaradi visokih vsebnosti nitratov negativno vpliva na naše zdravje. Predvidevamo, da je velika nevarnost vnosa prevelikih količin nitratov v telo tudi z zelenjavo tujega porekla, kupljeno v trgovinah. Zato smo analizirali tudi zelenjavo, kupljeno v trgovinah in na tržnicah z integrirano in ekološko pridelavo.

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN DIPLOMSKE NALOGE

Menimo, da os zelenjadnice z mestnih vrtičkov, ki so pridelane v okviru zelo različnih stopenj znanj in veščin vrtnarjenja in pogosto rastejo v onesnaženem okolju, kakovostno pridelane in neoporečne za prehrano. Enega pomembnih kazalcev kakovosti prehrane predstavlja vsebnost nitratov v pridelkih zelenjadnic. Po naših predvidevanjih naj bi manjše pridelovalne parcele, kot so vrtički, vsebovale v tleh velike količine nitratov, ki naj bi posredno škodljivo vplivale na naše zdravje. Zato smo se odločili, da bomo poskusili primerjati vsebnost nitratov v zelenjavi, pridelani na vrtičkih MOL, z vsebnostjo nitratov v zelenjavi iz trgovin in tržnic.

Namen raziskave:

- analizirati vsebnost nitratov v užitnih delih solatnic (endivija, radič, solata), korenčka in paradižnika na vrtičkih območja Mestne občine Ljubljana (MOL) in jo primerjati z vsebnostjo nitratov v zelenjavi, kupljeni v trgovskih centrih in tržnicah Ljubljane;
- oceniti kakovost zelenjave na podlagi vsebnosti nitratov (pridelane na vrtičkih in kupljene v trgovinah ter tržnicah z ekološko in integrirano pridelavo);
- oceniti tveganje za nastanek bolezni oziroma toksičnost nitratov na pridelovalce in ostale porabnike zelenjave;

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Predvidevali smo, da se zelenjadnice (solatnice, korenček in paradižnik), pridelane na vrtičkih, po vsebnosti nitratov ne bodo razlikovale od zelenjave iz trgovskih centrov in tržnic.

2 PREGLED OBJAV

2.1 NA SPLOŠNO O NITRATU

Nitrat (NO_3^-) je v anorganski kemiji skupno ime za sol dušikove kisline, v organski kemiji pa tako poimenujemo estre dušikove kisline in nekatere alkohole (Nitrate and nitrite toxicity, 2007). Nitrat je v vodi topen (Nitrate, 2003) anion, sestavljen iz enega dušikovega in treh kisikovih atomov, medtem, ko je nitrit (NO_2^-) anion, sestavljen iz enega dušikovega atoma in dveh kisikovih atomov (Campbell WH in Campbell ER, 2007). Je zelo pomembno hranilo za rastline in ena izmed oblik dušika (N), ki jo lahko rastlina črpa iz tal. Preden lahko rastlina sprejme dušik iz talne raztopine, ga morajo mikroorganizmi iz organske snovi pretvoriti v amonijsko ali nitratno obliko. Iz organske snovi je dostopno rastlinam 1-4 % mineralnega N. Ko nitrat vstopi v rastlino, se ta reducira do amonijevega iona (NH_4^+), nato pa se takoj veže v organske spojine, kot so npr. aminokisline oz. beljakovine (Brown in sod., 1993).

2.2 KROŽENJE DUŠIKA

Kroženje dušika predstavlja eno izmed pomembnih kroženj hranil v zemeljskem ekosistemu. V nadaljevanju so opisane posamezne stopnje kroženja, ki so prikazane tudi na sliki 1.

2.2.1 Fiksacija dušika

Velika zaloga dušika, ki je v atmosferi, je inerten plin, ki ga višje oblike rastlin in živali ne morejo vključevati v svoj organizem. Dušik v odmrlih tkivih ni dostopen rastlinam, zato mora biti prej pretvorjen v anorgansko oziroma mineralno obliko. Razlikujemo prostoživeče in simbiotske fiksatorje. Med prostoživečimi so pomembne predvsem modrozelenke alge iz družine *Nostocaceae*, fotosintetske bakterije iz rodu *Rhodospirillum*, nekatere aerobne bakterije in anaerobne bakterije iz rodu *Clostridium*. Ti organizmi fiksirajo letno 20-50 kg N/ha. Pomembnejše so simbiotske bakterije, predvsem iz rodu *Rhizobium*, ki vežejo letno 50-300 kg/ha (Zupan in sod., 2002).

2.2.2 Mineralizacija ali amonifikacija dušika

Dušik je v organski snovi predvsem v amino skupinah in heterocikličnih dušikovih spojinah. Pri razgraditvi organske snovi v tleh se sprošča N v obliki NH_3 . Amonijak ali njegov ion se absorbira preko korenin v rastlino in ponovno vgradi v aminokisline. Stopnja mineralizacije je odvisna od C/N razmerja. Če je razmerje ozko, poteka mineralizacija, pri širokem C/N razmerju pa obraten proces, to je biološka vezava dušika (Zupan in sod., 2002).

2.2.3 Nitrifikacija

Nitrifikacija je biološka oksidacija amonijske oblike dušika do nitrata. Proces poteka v dveh stopnjah.

1. Amonijski ion se oksidira do nitrita, pri čemer sodelujejo bakterije iz rodu *Nitrosomonas*, *Nitrosolobus* in *Nitrosospira*.

2. Nato bakterije iz rodu *Nitrobacter* oksidirajo nitrit (NO_2^-) do nitrata (NO_3^-).

Vse omenjene bakterije so aerobne, zato se v zamočvirjenih in prevlažnih tleh proces ustavi. Optimalna temperatura je 26 °C, ugoden pH pa nevtralen do rahlo kisel. Pri oksidaciji NH_3^+ do NO_3^- se sproščajo H^+ ioni, zaradi česar se pH tal zniža in začne zavirati proces (Zupan in sod., 2002).

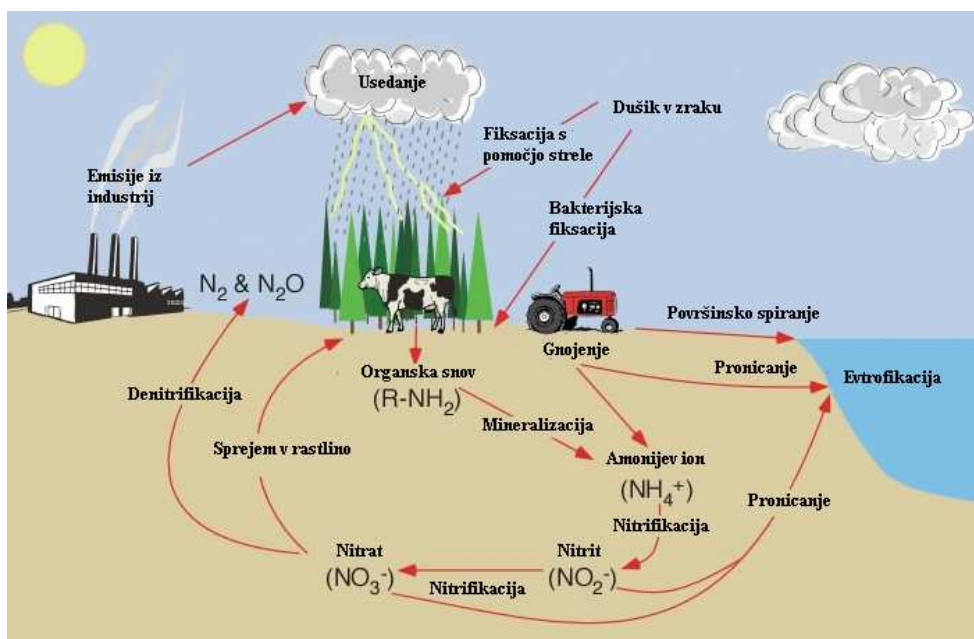
2.2.4 Denitrifikacija

V anaerobnih razmerah se NO_3^- hitro izgublja iz tal v procesu denitrifikacije. To poteka pod vplivom nekaterih heterotrofnih organizmov (*Agrobacterium*, *Bacillus*, *Pseudomonas* in *Alcaligenes*), ki uporabljajo NO_3^- kot vir kisika pri anaerobnem dihanju.

Stopnje pretvorbe NO_3^- do plinastega stanja so naslednje:



Ugodne razmere za denitrifikacijo pa so: temperatura tal nad 25 °C (pri nižjih temperaturah se proces upočasni, pri 2 °C pa ustavi), nevtralen pH, zadostna količina hitro razgradljive organske snovi v tleh in primerna vlažnost (Zupan in sod., 2002).



Slika 1: Kroženje dušika (Pidwirny, 2006).

2.3 UPORABA NITRATOV

Nitrat se poleg nitrita uporablja v prehranski industriji:

- kot konzervans pri mesnih izdelkih, ponekod tudi za ribje izdelke in sir (Nitrate..., 2005; Schuddeboom, 1993)
- za ohranjanje intenzivnosti barve in boljši okus (Nitrate..., 2005; Schuddeboom, 1993)
- pri prekaževanju mesnih izdelkov (Schuddeboom, 1993);
- kot zaščita mesa pred bakterijami *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Salmonella* (Siciliano in sod., 1975, cit. po Yordanov in sod., 2001);
- kot zaščita sira pred bakterijami (Schuddeboom, 1993) in

- za podaljšanje roka uporabe mesnim izdelkom na trgovinskih policah (Nitrate..., 2005; Schuddeboom, 1993).

Poleg uporabe v prehranski industriji, se uporablja tudi (Nitrate..., 2005):

- kot sestavina mineralnega gnojila;
- za izdelavo stekla in
- za izdelavo eksploziva.

2.4 VIRI NITRATOV V HRANI

V hrani sta lahko nitrat in nitrit tudi brez dodajanja nitratnih in nitritnih dodatkov. Za vso spodaj navedeno hrano, z izjemo zelenjave, je značilno, da vsebuje zelo majhne vsebnosti nitrata in nitrita (Schuddeboom, 1993):

- sveže meso;
- mleko, mlečni izdelki;
- žita, izdelki iz žit;
- sadje;
- alkoholne pijače in
- zelenjava.

2.5 GLAVNI VZROKI ZA KOPIČENJE NITRATOV V OKOLJU

Zadostna zaloga nitrata in amonijskega dušika v tleh je potrebna za dobro rast rastlin. V tleh je več kot 90 % dušika, ki ga rastlina lahko sprejme v nitratni obliki. Poleg naravno prisotnega nitrata v tleh so lahko vzroki za kopičenje nitrata v okolju tudi (Brown in sod., 1993; Risk..., 2007):

- prekomerna uporaba mineralnih in organskih gnojil;
- farme, odplake iz farm;
- neurejene greznice in kanalizacije
- organska snov v tleh;
- urbani organski odpadki in
- industrije, ki pridelujejo krmo za živali.

2.6 KOPIČENJE NITRATOV V ZELENJADNICAH

Listnate zelenjadnice, kot so solata, špinača, radič, rdeča pesa, zelena, kopičijo največ nitrata (MAFF, 1998, cit. po Prasad in Chetty, 2008; Wolff in Wasserman, 1972, cit. po Prasad in Chetty, 2008). Solata, špinača, zelena in sladkorna pesa lahko sprejmejo več kot 1000 mg nitrata/kg sveže snovi, krompir in zelje pa lahko sprejmeta od 100-1000 mg nitrata/kg sveže snovi. Onesnaženje z nitratom nastopi, ko rastlina kopiči večje količine nitrata, kot ga potrebuje za normalno rast. Špinača, solata, brokoli, zelje, zelena, radič, sladkorna pesa pogosto v užitnih delih kopičijo večje količine nitrata, medtem ko korenje, cvetača, stročji fižol, grah in krompir zelo redko kopičijo več nitrata. Vsebnosti nitrata v pridelku se gibljejo od 1-10.000 mg/kg (Ximenes in sod., 2000, cit. po Prasad in Chetty, 2008). Plodovi sadnih rastlin vsebujejo bistveno manjše vsebnosti nitrata, v večini primerov pod 10 mg/kg sveže mase (Walters, 1991, cit. po Hill, 1991).

V preglednici 1 so zelenjadnice razporejene glede na vsebnost oziroma sposobnost kopičenja nitratov v 5 razredov. Preglednica je sestavljena na podlagi predhodnih raziskav o vsebnosti nitratov v različnih vrstah zelenjadnic.

Preglednica 1: Zelenjadnice razdeljene v razrede glede na kopičenje nitrata (Schuddeboom, 1993)

Razred kopičenja nitratov za posamezno zelenjadicno (mg/kg)				
I (< 200)	II (200-500)	III (500-1000)	IV (1000-2500)	V (> 2500)
šparglji čičerika fižol grah gobe krompir poper sladki krompir paradižnik	brokoli cvetača kumare jajčevce kumarice melona čebula repa	zelje korenček kodrasti ohrovt stročji fižol peteršilj (nadzemni del) buče	zelje endivija vrtna kreša por zelena peteršilj (nadzemni del) rabarbara	rdeča pesa zelena solata motovilec radič špinača

2.6.1 Dejavniki, ki vplivajo na sprejem in kopičenje nitratov v zelenjadnicah

Na kopičenje nitrata v zelenjadnicah vpliva več dejavnikov, kot so:

- tip, oblika in količina gnojila (Brown in sod., 1993; Elia in sod., 1998, cit. po Amr in Hadidi, 2001; Lips in sod., 1990, cit. po Amr in Hadidi, 2001);
- geografska regija in čas pobiranja (Walters, 1991, cit. po Hill, 1991);
- temperatura in osvetlitev; Nitrat reduktaza je delno odvisna od teh dveh parametrov in je zelo aktivna pri močni svetlobi (Lorenz, 1978, cit. po Amr in Hadidi, 2001). Senčenje in oblačnost vplivata na zmanjšano sintezo beljakovin (Brown in sod., 1993; Stanton in Whittier, 2006). Stresne temperature za rast ravno tako pospešijo kopičenje nitrata (Habben, 1973, cit. po Amr in Hadidi, 2001), visoke temperature vplivajo na večjo transpiracijo (Brown in sod., 1993) in s tem na večje vsebnosti nitratov v rastlini;
- velika vsebnost organske snovi v tleh, ki povečuje kopičenje nitratov v rastlinah in pretirano zalivanje, ki zmanjšuje kopičenje (Carter in Bosma, 1974, cit. po Amr in Hadidi, 2001);
- različni kultivarji zelenjadic; razlike med kultivarji solate so zelo majhne in neprimerljive (Lorenz, 1978, cit. po Amr in Hadidi, 2001), medtem, ko so zelo velike razlike med gladkolistnim in kodrastolistnim tipom špinače (Cantliffe, 1990, cit. po Amr in Hadidi, 2001);
- deli rastlin; v listnih pecljih in steblih, kjer so visoke vsebnosti, v listih in koreninah manjše vrednosti in v sadežih in cvetovih zelo majhne vsebnosti nitratov in nitritov (Lorenz, 1978, cit. po Amr in Hadidi, 2001);
- stres, predvsem zaradi suše; kopičenje poteka kljub temu, da imajo rastline zaradi stresa omejeno rast (Stanton in Whittier, 2006);
- zmrzal, določeni herbicidi, kislota tla (Stanton in Whittier, 2006);
- pomanjkanje esencialnih hranil, kot npr. fosfor, žveplo in molibden (Brown in sod., 1993; Stanton in Whittier, 2006);
- prekomerna založenost tal z dušikom (hlevski gnoj, gnojevka, kompost, metuljnice, gošče čistilnih naprav, tekoči in trdni odpadki, dušikova gnojila) (Brown in sod., 1993);
- poškodbe rastlin zaradi insektov in raznih kemikalij (Brown in sod., 1993);
- prezgodnje pobiranje oz. žetev (Brown in sod., 1993; Stanton in Whittier, 2006) in
- povečane količine CO₂ v zraku zmanjšujejo kopičenje nitratov v rastlini, kar je značilno v zavarovanih prostorih (Schuddeboom, 1993).

2.6.2 Vsebnost nitratov v pridelkih

Če primerjamo rezultate različnih študij lahko ugotovimo, da so vsebnosti nitratov v solati iz Italije in Grčije manjše kot v solati iz Slovenije, vendar večje kot v solati iz Koreje, Belgije, Danske in Velike Britanije. Solata iz Slovenije je po vsebnosti nitratov primerljiva s solato iz Francije. Vsebnost v korenčku v Sloveniji je primerljiva z ostalimi državami, le Grčija in Velika Britanija imata manjše vsebnosti. Vsebnost nitratov v paradižniku iz Slovenije je manjša kot v ostalih državah (Preglednica 2).

V vseh prikazanih pridelkih so izmerili največje vsebnosti nitratov v ZDA leta 1981, medtem ko so bile najmanjše vsebnosti analizirane v Bolgariji 2002 (Preglednica 3).

Preglednica 2: Primerjava v vsebnosti nitratov (mg/kg SvS) v zelenjavi pridelani v Sloveniji z drugimi državami (*..., cit. po Sušin in sod., 2006).

Pridelek	Slovenija (Sušin in sod., 2006)*	Koreja (Chung in sod., 2003)*	Grčija (Anastasios in Constantinos, 1999)*	Belgija (Dejonckheere in sod., 1994)*	Velika Britanija (Ysart in sod., 1999)*	Danska (Petersen in Stoltze, 1999)*	Francija (Malmauret in sod., 2002)*	Italija (Forlani in sod., 1997)*
Solata	1074	2430	222	2782	670- 3000	108- 7820	204-1221	734
Zelje	881	725	208	-	160-860	0-1240	-	90
Korenček	264	316	87	278	170-210	-	113-394	-
Krompir	158	452	32	154	120-200	-	-	10
Kumare	93	212	79	344	23	-	-	-
Paradižnik	4,3	-	62	36	1,3-16	110-164	1-19	10

Preglednica 3: Primerjava v vsebnosti nitratov (mg/kg SvS) v zelenjavi iz različnih držav.

Pridelek	Bolgarija	Nemčija	ZDA	ZDA
	(Yordanov in sod., 2001)	(Kampe, 1984, cit. po Schuddeboom, 1993)	(The health..., 1981, cit. po Schuddeboom, 1993)	(Committee on nitrate..., 1981, cit. po Hill, 1991)
Solata	570,3	230-3290	1700	90-13000
Endivija	-	70-2590	1300	-
Radič	737,2	80-3383	1900	60-9000
Paradižnik	5,2	-	58	0-170
Korenček	123,1	90-1100	200	0-2800
Zelje	196,9	10-3640	520	0-2700
Kumare	58,7	-	110	17-570
Krompir	40,2	-	110	57-1000
Špinača	860,1	20-2610	1800	2-6700

2.7 REDUKCIJA NITRATOV V ZELENJADNICAH

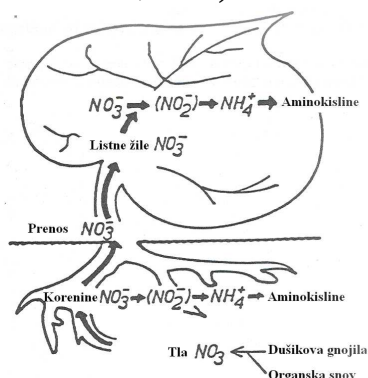
Nitrat in amonij sta glavna vira dušika za višje rastline, sprejemajo ju preko korenin. Nitrat se lahko brez težav prenaša po rastlinskem ksilemu ali se kopiči v vakuolah korenin, poganjkov in založnih organov, NH_4^+ pa ne (Marschner, 1995, cit. po Dovč, 2006).

Zaloge nitrata v rastlini so pomemben vir dušika, ki je potreben za normalen potek metabolizma, posebej v času neugodnih zunanjih razmer in nezadostne preskrbe z dušikovimi spojinami (Demšar, 2003, cit. po Dovč, 2006). Rastline reducirajo nitrat ob visoki porabi energije in ga pretvarjajo v aminokisline, proteine in druge dušikove spojine (Scharpf, 1991, cit. po Dovč, 2006). Redukcija nitrata do amonija je prvi proces vgradnje nitrata v organsko snov, amonij pa se lahko vgradi neposredno v različne aminokisline. Proces je sestavljen iz dveh stopenj: prva poteka v citoplazmi, kjer se s pomočjo encima nitrat reduktaze nitrat reducira v nitrit. Druga stopnja poteka v kloroplastih oziroma v plastidih, kjer se ob prisotnosti encima nitrit reduktaze nitrit razgradi do amonija. Energijo, potrebno za redukcijo nitrata, daje proces glikolize (Demšar, 2003, cit. po Dovč, 2006).

Vsebnost nakopičenega nitrata v rastlini je odvisna od razmerja med sprejemom nitrata iz tal v rastlino in redukcijo nitrata v rastlini (Maynard in sod., 1976, cit. po Pavlou in sod., 2007). Če je sprejem nitrata večji od redukcije, potem se lahko kopičijo velike količine

nitrata, če pa je sprejem manjši od redukcije, potem kopičenja ni (Stanton in Whittier, 2006).

Organski dušik v tleh se mineralizira do amonija, nitrita in nitrata. V nekaterih rastlinskih vrstah se lahko nitrat reducira v koreninah, medtem, ko se v drugih rastlinskih vrstah reducira v listih (Slika 2) (Schuddeboom, 1993).



Slika 2: Poti prenosa nitrata in razgradnje nitrata v rastlinah (Schuddeboom, 1993).

Pri nizki zunanji koncentraciji nitrata poteče večji del redukcije v koreninah, pri naraščajoči zunanji količini nitrata pa se dušik v nitratni obliki prenaša v nadzemne dele rastline (Demšar, 2003, cit. po Dovč, 2006).

2.7.1 Dejavniki, ki vplivajo na zmanjševanje vsebnosti nitratov v zelenjadnicah

Vsebnost nitratov v pridelkih lahko zmanjšamo (Corre in Breimer, 1979, cit. po Schuddeboom, 1993):

- z zgodnjim pobiranjem oziroma žetvijo pridelka;
- s predelavo (lupljenje, kuhanje);
- s shranjevanjem sveže in predelane zelenjave.

Na splošno je znano, da se pri predelani zelenjavi (konzervirana, kuhana, zmrznjena), zmanjša vsebnost nitrata tudi za 50 %. V industrijski predelavi poparijo špinačo, kar zmanjša vsebnost nitrata za 30 %. Znano je tudi, da zmrzovanje zmanjša vsebnost nitrata. Vsebnost nitrita v pridelku se med shranjevanje pri višjih temperaturah poveča zaradi delovanja nitrat reduktaze in bakterij, ki nitrat reducirajo do nitrita (Corre in Breimer, 1979, cit. po Schuddeboom, 1993).

2.8 NITRATI IN ZDRAVJE LJUDI

Nitrat je pomembna komponenta v človeški prehrani. Povprečni dnevni vnos iz različnih virov (hrana, voda, itd.) je od 20 do 70 mg na odraslega človeka (Damgaard, 2003). Drugi vir pravi, da je dnevni vnos 75 mg (Nitrate..., 2005). Zelenjava prispeva 80-87 % dnevnega vnosa nitrata v telo (Gangolli in sod., 1994, cit. po Amr in Hadidi, 2001). Nitrat se takoj absorbira v telo in zelo hitro (po 5 urah) izloči z urinom (60-70 %). 25 % nitrata se med žvečenjem izloči s slino (Walker, 1999).

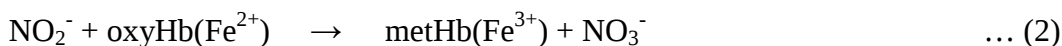
2.8.1 Nitrati v prehrani in tveganje z zdravstvenega stališča

Vsebnost nitratnih in nitritnih ionov v živilih ima velik vpliv na zdravje ljudi. Prisotnost nitrata v živilih je lahko nevarna, ker se lahko v človeškem telesu reducira do nitrita in lahko z naravno prisotnimi amini v telesu tvori karcinogene nitrozamine (Yordanov in sod., 2001).

Nitrat je glavni predhodnik nitrita v človeškem telesu saj se ga po oceni okrog 5 % reducira že v slini s pomočjo mikroorganizmov (Cassens, 1995, cit. po Amr in Hadidi, 2001). Nadaljnji razpad nitrata poteka s pomočjo bakterij v prebavnem traktu. Določene razmere v želodcu pospešijo pretvorbo nitrata v nitrit, še posebej, če je pH želodčne kisline okrog 5, zato, ker se s tem pospeši razvoj nitrat-reducirajočih bakterij. Ta proces je nevaren pri otrocih, ker ima njihov prebavni sistem višji pH kot pri odraslih. Nitriti lahko v želodcu reagirajo z beljakovinami iz hrane in tvorijo N-nitrozne spojine. Te spojine lahko nastanejo tudi med kuhanjem mesa, ki vsebuje nitrat ali nitrit, predvsem pri visokih temperaturah. Medtem ko so pri živalih te spojine pokazale karcinogen učinek, pri ljudeh tega učinka ni bilo. Za povečane količine nitrata in nitrita so otroci veliko bolj občutljivi kot odrasli. Največ smrtnih primerov zaradi zastrupitve z nitratom in nitritom je bilo ravno pri otrocih. Dolgotrajna izpostavljenost visokim vsebnostim nitrata in nitrita lahko privede do pospešenega izločanja urina in škroba ter krvavenje vranice (Nitrate..., 2005). Prevelik vnos nitrata v telo povzroči nastanek določenih oblik raka na prebavilih (Cassens, 1997, cit. po Amr in Hadidi, 2001) in nastanek methemoglobinemije predvsem pri otrocih, ki imajo majhne količine želodčne kisline (Mills in sod., 1976, cit. po Yordanov in sod., 2001; Schuster in Lee, 1987, cit. po Yordanov in sod., 2001; Walters, 1980, cit. po Yordanov in sod., 2001).

2.8.1.1 Methemoglobinemija

Nitrat je sam po sebi relativno netoksičen, vendar se, ko ga zaužijemo, pretvori v nitrit (reakcija 1), ki lahko reagira s hemoglobinom v krvi, tako da oksidira Fe^{2+} v Fe^{3+} . Tako nastane methemoglobin, zaradi katerega ima kri čokoladno rjavo barvo (reakcija 2). Le ta ne more vezati kisika, kar posledično zmanjša zmožnost prenosa kisika iz pljuč v ostale dele telesa (Nitrate..., 2005; Hill, 1991). Pri starejših otrocih in odraslih se methemoglobin s pomočjo encima methemoglobin reduktaze pretvori v prvotno obliko hemoglobina (reakcija 3) (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006; Smith, 1991, cit. po Greer in Shannon, 2005).



Normalna vsebnost methemoglobina v krvi je od 0,5-2 %, ko pa se ta odstotek poveča na okrog 10 %, postanejo koža in ustnice modrikaste barve (cianoza). Pri okrog 25 % se pojavi šibkost in pospešen utrip srca. Ko pa naraste methemoglobin na okrog 50-60 %, oseba izgubi zavest, pade v komo in na koncu celo umre (Nitrate..., 2005; Hill, 1991).

Pri otrocih je tveganje obolenja za methemoglobinemijo zaradi hitre rasti v prvih tednih večje ker (Hill, 1991):

- je razmerje nitrata, vnesenega v telo, glede na njihovo telesno težo, zelo veliko;
- imajo zelo majhno vsebnost kisline v prebavnem traktu (prerazmnožitev bakterij, ki reducira nitrat do nitrita);
- imajo zelo veliko bakterij v spodnjem delu prebavil (tanko in debelo črevo), se največ nitrata absorbira v tankem črevesu preden pride do razgraditve z nitrat reduktazo;
- otroški eritrociti nimajo nitrat reduktaze in zato methemoglobin ostane aktiven.

2.8.1.2 Rak na prebavilih

Od leta 1970 do 1980 je veliko znanstvenikov menilo, da velike količine zaužitega nitrata, povečajo možnost za nastanek raka na črevesju (Leifert, 2005). Ena izmed prvih študij kaže na nastanek raka v požiralniku v 17 regijah v Čilu (Zaldivar, 1970, cit. po Hill, 1991). Nadaljnja študija temelji na korelaciji med uporabo mineralnih gnojil in rakom na prebavilih (Zaldivar, 1977, cit. po Hill, 1991; Zaldivar in Robinson, cit. po Hill, 1991, 1973; Zaldivar in Weterstrand, 1975, cit. po Hill, 1991).

Vegetarijanci imajo do trikrat večji vnos nitratov z živili (185-194 mg/dan/osebo) kot tisti, ki niso vegetarijanci (61 mg/dan/osebo) (MAFF, 1992, cit. po Ximens in sod., 2000). Prav tako je potrjena 20-40 % zmanjšana smrtnost zaradi želodčnega raka pri vegetarijancih. Te ugotovitve napeljujejo na to, da velik vnos nitratov zaradi uživanja večjih količin zelenjave pri vegetarijancih ne predstavlja večjega tveganja za razvoj želodčnega raka in ima lahko celo zaščitno vlogo (Fonnebo, 1994; Golden in Leifert, 1999).

Nekatere študije so dokazale, da pri normalni kislini aktivnosti ni povezave med rakom prebavil in vnosom večjih količin nitrata. Pri ljudeh z nižjo aktivnostjo kisline je latentna doba od pojava bakterijske flore do vidnih posledic rakastih obolenj 20 let (Caygill in sod., 1986, cit. po Hill, 1991; Chen in sod., 1990, cit. po Hill, 1991; Stahlsberg in Taksdal, 1971, cit. po Hill, 1991; Watt in sod., 1984, cit. po Hill, 1991).

Pomembno vprašanje, ki se postavlja, je, ali so lahko karcinogeni nitrozamini, ki se tvorijo v človeškem želodcu iz nitrita in aminov, prisotni v količinah, ki povzročijo nastanek raka. Nitrit se v želodcu pri normalnem izločanju kisline zelo hitro pretvori v obliko, ki ni sposobna tvoriti nitrozaminov. Med prebavo so v želodcu aminokisline (npr. askorbinska kislina) povezane s peptidnimi vezmi, ki preprečujejo nitrozacijo. Pepsin je edina želodčna proteinaza, ki cepi peptidne vezi v proteinih. Poskusi z živalmi so pokazali, da nitrozamini, nastali v reakcijah s tirozinom ali fenilalaninom niso rakotvorni (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006; Golden in Leifert, 1999).

Vnos nitratov se je povečal s povečanim uživanjem sadja in zelenjave, vendar pa število primerov želodčnega raka v zahodni Evropi in severni Ameriki upada. Domnevajo, da so vzrok temu v razvitem zahodnem svetu višja raven higiene in primernejše metode pri pripravi hrane ter uživanje surove hrane, ki vsebuje veliko antioksidantov (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006; Golden in Leifert, 1999).

2.8.1.3 Še nekateri primeri nevarnosti nitrata

Prevelike vsebnosti nitrata povzročajo tudi splav pri ženskah. Ker se zarodek prehranjuje prek matere je lahko pri velikih vsebnostih zaužitega nitrata zanj to nevarno; predvsem velja to za velike vsebnosti v vodi. Poznan je ta pojav pri živalih, ki so zaužile od 20-100 krat večje količine nitrata kot ljudje (Campbell WH in Campbell ER, 2007).

V Indiji so raziskovali tudi vplive nitrata na otroška dihal. Otroci iz 5 vasi so tudi do 10 krat presegli priporočeno vsebnost nitrata (3,65 mg/kg). Ti otroci so imeli veliko večje in resnejše infekcije dihal kot tisti, ki niso uživali nitrata. Nadaljnje raziskave so pokazale, da večje vsebnost nitrata privedejo do astme (Campbell WH in Campbell ER, 2007).

Velike vsebnosti nitrata naj bi povzročale tudi začetni stadij sladkorne bolezni pri otrocih, vendar to ni povsem raziskano. Nekateri raziskave kažejo, da se začetna faza pojavi pri večjih količinah nitrata v vodi in ne toliko zaradi nitrata v hrani (Campbell WH in Campbell ER, 2007).

2.8.2 Možni pozitivni učinki nitrata v prehrani

Čeprav ima nitrat po mnenju mnogih avtorjev škodljiv učinek na zdravje ljudi, se najdejo tudi pozitivni učinki oz. vplivi na zdravje.

2.8.2.1 Zaščita pred črevesnimi patogeni

Zakisanje zaužite hrane učinkuje kot primarni zaščitni mehanizem, ki preprečuje vstop patogenim mikroorganizmom naprej v črevesje. Dvourni izpostavljenost pH vrednostim od 2 do 4 nima bakteriocidnega učinka na patogene mikroorganizme, kot so *Campylobacter*, *Salmonella*, *Shigella* in *Escherichia coli*. Ugotovljena je bila občutljivost patogenih mikroorganizmov v hrani na nitrit, le ta pa varira (*Yersinia enterocolitica* > *Salmonella enteritidis* > *Salmonella typhimurium* = *Shigella Sonnei*) (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006).

2.8.2.2 Preventiva pred okužbo s *Helicobacter pylori*

Bakterija *Helicobacter pylori* povzroča vnetje želodca in želodčne sluznice ter druga bolezenska stanja in je povezana z želodčnimi razjedami ter rakom na želodcu. Rak na želodcu je četrti najpogostejši vzrok smrti. Ker je prilagojena na življenje v zelo kislem okolju, se lahko *Helicobacter pylori* naseli v želodcu in vztraja v gostitelju tudi več let. Novejše raziskave *in vitro* kažejo na bakteriocidno aktivnost nitrita do *Helicobacter pylori*. Možnost, da nitrit v kislem okolju želodca prispeva k naravni obrambi pred *Helicobacter pylori*, raziskujejo v študiji *in vivo* (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006).

2.8.2.3 Preventiva pred oralnimi okužbo in zobno gnilobo

Bakterije, ki povzročajo zobno gnilobo (npr. *Streptococcus* in *Lactobacillus spp.*), tvorijo kislino, ki je eden glavnih razlogov za nastanek zobne gnilobe. Nitrit zavira rast omenjenih bakterij in s tem tvorbo kisline v ustih. Čeprav ni neposrednih dokazov o vplivu nitrita na zobno gnilobo, obstajajo posredni (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006).

2.8.2.4 Previsok pritisk (antihipertenzija)

Nitrit je odgovoren za znižanje pritiska pri vegetarijancih, ki imajo štirikrat večji vnos nitratov kot omnivori (Leifert in Golden, 2000, cit. po Dovč, 2006).

Nitrat se uporablja za zdravljenje bolečin v prsih (angine) in lajšanje simptomov bolezni srca. Nitrati razširjajo žile in s tem izboljšajo pretok žil in zvišajo raven kisika v krvi. S tem se zmanjšajo obremenitve srca (Nitrates, 2007).

2.9 PRIPOROČEN DNEVNI VNOS (ADI) IN LETALNA DOZA (LD)

Spodaj so navedene vrednosti priporočenega dnevnega vnosa za nitrat in nitrit. V preglednici 4 so preračunani ADI s faktorjem 3,65mg/kg:

- za nitrat (natrijev nitrat): 0-5 mg/kg telesne teže (JECFA 18th report, 1974, cit. po Schuddeboom, 1993);
- za nitrit (natrijev nitrit): 0-0,2 mg/kg telesne teže (JECFA 20th report 1976, cit. po Schuddeboom, 1993);
- NO_3^- : 3,65 mg/kg telesne teže oz. 220 mg na človeka (60 kg) (WHO, 1978, cit. po Schuddeboom, 1993);
- NO_2^- : 0,13 mg/kg telesne teže oz. 8 mg na človeka (60 kg) (WHO, 1978, cit. po Schuddeboom, 1993).

Preglednica 4: ADI NO_3^- glede na telesno težo človeka (Umar in sod., 2006).

Telesna teža (kg)	ADI (mg/dan)
30	109,5
40	146,0
50	182,5
60	219,0
70	255,5
80	292,0

Najnižja letalna doza (LD_{50}) nitrata za človeka je okrog 330 mg /kg telesne teže, vendar je to zelo odvisno od redukcije nitrata v nitrit. Za nitrit je najnižja akutna letalna doza 33-250 mg/kg. Letalna doza natrijevega nitrata je 2-9 g (WHO, 1985, cit. po Schuddeboom, 1993).

2.10 PRAVNI PREDPISI S PODROČJA VSEBNOSTI NITRATA V PRIDELKIH

Dovoljene vsebnosti nitratov v zelenjadnicah so v slovenski zakonodaji opredeljeni v Uradnem listu RS (Pravilnik o onesnaževalcih..., 2003) in v evropski zakonodaji o največjih dovoljenih vsebnostih onesnaževalcev v hrani (Maximum levels..., 2006). Med zelenjadnicami so v omenjenem pravilniku določene mejne vrednosti samo za solato in špinačo, odvisne pa so od časa spravila ter načina pridelave (Preglednica 5).

Preglednica 5: Zgornja mejna vrednost vsebnosti nitrata ($\text{mg NO}_3/\text{kg}$) v zelenjadnicah (Pravilnik o onesnaževalcih..., 2003).

Živilo	Zgornja mejna vrednost vsebnosti nitrata (mg /kg SvS)	
Sveža špinača	pobrana od 1.10.-31.3.	3000
	pobrana od 1.4.-30.9.	2500
Konzervirana, zmrznjena špinača		2000
Sveža solata (gojena na prostem in v zaščitenih prostorih), razen solate tipa "Ledenka"	pobrana 1.10.-31.3. (zavarovan prostor)	4500
	pobrana 1.10.-31.3. (na prostem)	4000
	pobrana od 1.4.-30.9. (zavarovan prostor)	3500
	pobrana od 1.4.-30.9. (na prostem)	2500
Solata tipa "Ledenka"	zaščiten prostor	2500
	na prostem	2000

2.11 VRTIČKARSTVO V MESTNI OBČINI LJUBLJANA

Vrtičkarstvo poteka na vrtovih, ki niso sestavni del ohišnic okoli individualnih stanovanjskih objektov in so praviloma ločeni od njih. To je samooskrbna dejavnost, saj pridelki praviloma niso namenjeni prodaji (Vrtičkarstvo..., 2006).

Na območju Ljubljane so velika vrtičkarska območja pravzaprav redkost; prevladujejo majhna območja (pojavljajo se tudi posamezni vrtički), na katerih obdeluje vrtičke le nekaj uporabnikov. Manjša območja vrtičkov so razpršena po vsej Ljubljani (z izjemo središča mesta) (Vrtičkarstvo..., 2006).

Večina vrtičkov je v precejšnji bližini bivališč vrtičkarjev, kar praktično omogoča njihovo vsakodnevno obiskovanje, še posebno ob upoštevanju dejstva, da je med vrtičkarji največ oseb, ki so stari nad 50 let (76 %). Največ vrtičkarjev živi v dvočlanskem gospodinjstvu s povprečno starostjo nad 60 let (Vrtičkarstvo..., 2006).

84 % vrtičkarjev uporablja gnojila na svojih vrtičkih, od tega najpogosteje uporabljajo Hlevski gnoj, sledi uporaba lastnih organskih gnojil, ki jih pridelajo z rastlinskimi ostanki (kompost). Najmanj vrtičkarjev uporablja mineralna gnojila (Vrtičkarstvo..., 2006).

Rezultati ostankov mineralnega dušika (N_{min}) v tleh so pokazali, da so ti ostanki v tleh večinoma sprejemljivi, v posameznih primerih pa so bili tudi preseženi. Ostanki N_{min} so bili izrazito preseženi samo na 2 od 100 vrtičkov (Vrtičkarstvo..., 2006).

3 MATERIAL IN METODE

3.1 IZBIRA LOKACIJ

Na podlagi najnovejših digitalnih orto-foto posnetkov (DOF1, DOF5) smo izdelali prostorsko analizo vrtičkov v MOL.

Na 100 naključno izbranih lokacijah smo opisali in vzorčili tla ter analizirali tri zelenjadnice (endivijo ali radič, korenček in paradižnik). Pridobili smo skupno 100 talnih, 43 rastlinskih vzorcev endivije, 54 radiča, 99 paradižnika in 97 korenčka.

Prvotno je bil naš namen na posameznem območju izbrati vrtičke, ki bi bili različno oddaljeni od možnih virov onesnaženja (industrija, prometnice) in vodovarstvenih območij (VVO). Zaradi nedosegljivosti anketiranih vrtičkarjev smo vzeli vzorce zelenjadnic ne glede na oddaljenost od virov onesnaževanja in VVO.

Sliki 2 in 3 prikazujeta dva urejena vrtička. Na prvi sliki je vrtiček ob neposredni bližini ceste, drugi pa ob železniški progi. Lokacije območij vrtičkov z zaporednimi številkami so prikazane v preglednici 6.



Slika 3: Vrtiček v Trnovem (foto: Tine Palčič)



Slika 4: Vrtiček pri toplarni (foto: Tine Palčič)

Preglednica 6: Območja vzorčenih vrtilčkov v okviru meja MOL v letu 2006.

Zaporedna številka območja	Lokacije območij vrtilčkov
1	Sava – Črnuče
2	Vodarna – Kleče
3	Selanova ulica – Stegne
4	Ulica Jožeta Jame – Šiška
5	Podutiška cesta – Podutik
6	Cesta Dolomitskega odreda – Brdo
7	Cesta dveh cesarjev – Vič
8	Curnovec – Rakova Jelša
9	Krakovska ulica – Krakovo
10	Hradeckega cesta – Poljane
11	Toplarniška ulica – Moste
12	Šmartinska cesta – Moste
13	Kranjčeva ulica – Bežigrad
14	Kopna pot – Šmartno ob Savi
15	Cesta v Šmartno – Šmartno ob Savi
16	Letališka cesta – Moste
17	Gramozna pot – Fužine
18	Zadobrovska cesta – Polje
19	Avšičeva cesta – Šentvid
20	Alešovčeva ulica – Bežigrad
21	Hladnikova cesta – Trnovo
22	Hajdrihova ulica – Vič
25	Cesta na Brdo – Brdo
26	Litostrojska cesta – Šiška
27	Zaloška cesta – Zalog
28	Agrokombinatska cesta – Zalog
30	Glinščica – Bokalce
31	Vrtnarska cesta – Šentvid
32	Saveljska cesta – Savlje
33	Bratislavška cesta – Moste
34	Vojkova cesta – Bežigrad
35	Štepanjsko nabrežje – Štepanjsko naselje

3.2 POSTOPEK VZORČENJA ZELENJADNIC NA VRTIČKIH

Na posameznem vrtilčku smo odvzeli 0,5-1 kg endivije, radiča, korenčka in paradižnika. Vzorce smo odvzeli enakomerno po celotni gredi. Pri endiviji in radiču smo odvzeli očiščene rozete ter odstranili korenine oz. podzemni del rastline, odmrle, poškodovane in gnile liste. Pri korenčku smo odvzeli podzemni del (koren), nadzemni del smo odstranili. Pri paradižniku smo odvzeli samo zrel plod. Vsako zelenjadicno smo posebej očistili in jo dali v vrečko iz polietilena nizke gostote (PE LD), jo nepredušno zaprli in vsak vzorec označili. Za vsak vzorec smo izpolnili tudi zapisnik vzorčenja (Priloga A). Po vzorčenju smo vzorce takoj pripeljani v Centralni laboratorij na KIS v hladilnico.

3.3 IZBIRA IN NAKUP ZELENJADNIC V TRGOVINAH IN TRŽNICAH

Zelenjadnice smo v drugi polovici septembra kupili v vseh v Sloveniji najbolj prisotnih trgovskih verigah (Mercator, Spar, Tuš, E. Leclerc, Eurospin, Hofer).

V teh trgovinah smo iskali vzorce različnega porekla za vse 4 zelenjadnice (endivija, solata, korenček, paradižnik). V trgovinah je bilo največ zelenjadnic z italijanskim poreklom. Najmanj zelenjadnic je bilo iz Turčije, Makedonije, Španije in Poljske. (Preglednica 7). Za vse zelenjadnice ni bilo možno pridobiti enakega porekla.

Preglednica 7: Oznake porekla in število vzorcev po posameznem poreklu iz trgovin

Poreklo	Oznaka	Zelenjadnica				Št. vzorcev
		endivija	solata	korenje	paradižnik	
Slovenija	1	3	1	1	1	6
Italija	2	-	5	4	3	12
Nizozemska	3	-	-	1	1	2
Turčija	4	-	-	-	1	1
Makedonija	5	-	-	-	1	1
Avstrija	6	-	1	2	1	4
Španija	7	-	1	-	-	1
Poljska	8	-	-	-	1	1
Francija	9	-	1	1	-	2
Maroko	10	-	-	-	3	3
Srbija in Črna Gora	11	-	-	-	2	2
Št. vzorcev		3	9	9	14	35

Na vsaki tržnici MOL (Moste, Centralna tržnica, tržnica BTC, Šiška in Bežigrad) smo poskusili pridobiti čim več različnih pridelovalcev (18) solate, endivije, paradižnika in korenčka iz Slovenije). Posebej smo obravnavali ekološko (območje 55) in integrirano (območje 54) pridelano zelenjavo. Pridelovalce smo označili z zaporednimi številkami zaradi anonimnosti.

3.4 ANALITIKA NO_3^- V PRIDELKIH

Analizo nitratov smo naredili po predpisanem analitskem postopku (standard EN 12014-7).

3.4.1 Priprava vzorcev, ekstrakcija in meritve z analizatorjem

Vzorci zelenjadnic smo v laboratoriju oprali, obrisali in posušili s filter papirjem. Nato smo jih razrezali z nožem in jih zmleli z različnimi mlini (Stefanov mlin, multi-practic). Nato smo zatehtali 40 g zmlatega vzorca v 600 ml čašo in dodali 35 g pufru za ekstrakcijo ter 325 ml deionizirane vode. Z homogenizatorjem ultra-turax smo homogenizirali najmanj 1 minuto ter filtrirali. Ekstrakte smo do analize hranili v zmrzovalniku pri temperaturi -18°C . Nitrate v zelenjadnicah smo reducirali v nitrite na kadmijevi koloni. Nitrit tvori s sulfanilamidom diazno spojino, ki ob dodatku N-naftiletlen diamin dihidroklorid (NEDD) tvori rdeč obarvani kompleks. Intenziteto barve končne raztopine, ki je proporcionalna koncentraciji iskane komponente, smo izmerili spektrofotometrično pri 520 nm na avtoanalizatorju (Continuous Flow Analyzer - CFA).

3.4.2 Potek meritev

Ustrezno pripravljene vzorce in standardne raztopine smo postavili na avtomatski vzorčevalnik.

Vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ v zelenjavi (W_N), izraženo v mg/kg, smo izračunali z naslednjo enačbo (enačba 1):

$$W_N = (a - b) \times 10 \quad \dots (1)$$

a = vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ v ekstraktu zelenjave (mg/l)

b = vsebnost $\text{NO}_3\text{-N}$ v slepem vzorcu (mg/l)

Sledil je preračun $\text{NO}_3\text{-N}$ v NO_3^- s pomočjo izračuna: $w(\text{NO}_3^-) = w(\text{NO}_3\text{-N}) \times \frac{62}{14}$; pri čemer je $w(\text{NO}_3^-)$ vsebnost NO_3^- v zelenjavi, izražena v mg/kg

3.5 VREDNOTENJE REZULTATOV ANALIZ

Rezultate analiz vsebnosti nitratov smo razvrstili na podlagi prejšnjih raziskav Schuddebooma (1993) glede na razred kopičenja nitrata v različnih zelenjadnicah (Preglednica 1).

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije Slovenci pojemo povprečno 170 g zelenjave na dan (Trendi razpoložljivosti..., 2008). Glede na vsebnost nitratov v zelenjadnicah smo izračunali ADI ob predpostavki, da zaužijemo 0,17 kg zelenjave/dan. Vsebnosti nitratov v vzorcih smo pomnožili z 0,17 kg in delili s 70 kg (teža povprečnega odraslega človeka). Izračunane vrednosti smo primerjali z določenim ADI (3,65 mg/kg in 5 mg/kg).

3.6 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Pri statistični obdelavi podatkov pridobljenih iz anket smo uporabili Microsoft Excel® 2003. Rezultate laboratorijskih analiz vsebnosti nitrata v zelenjadnicah smo obdelali s pomočjo programa Microsoft Excel® in Statgraphic Centurion XV z analizo variance (ANOVA). Primerjavo povprečnih vrednosti smo ovrednotili s pomočjo LSD testa pri 5 % stopnji tveganja.

4 REZULTATI

4.1 NITRATI V ZELENJADNICAH

Posamezni rezultati laboratorijskih analiz nitratov v zelenjadnicah so navedeni v prilogi (priloga A). V nadaljevanju so ločeno prikazani rezultati vsebnosti nitratov v zelenjadnicah z vrčičkov, s tržnic z ekološko in integrirano pridelavo ter iz trgovin.

V preglednicah 10, 11 in 12 so prikazani obravnavani vzorci z vrčičkov in s trga (tržnice in trgovine), katere smo razdelili v razrede kopičenja nitratov za posamezno zelenjadicno.

Na vrčičkih je bilo skupaj odvzetih 292 vzorcev zelenjadic. Vsebnost nitratov v radiču in endiviji je bila večinoma pod 2.500 mg/kg, le v 1 vzorcu radiča smo izmerili več kot 2.500 mg/kg (3805,7 mg/kg) nitrata. Vsebnost nitratov v solatnicah je relativno enakomerna porazdeljena med I., II., III. in IV. razred. Vsebnost nitratov v korenju je bila v vseh vzorcih pod 1000 mg/kg. Pri paradižniku noben vzorec ni presegel vsebnosti 200 mg/kg. V solatnicah smo zabeležili statistično značilno večjo vsebnost nitrata v primerjavi s korenčkom in paradižnikom (Preglednica 8).

Preglednica 8: Odstotek zelenjadic, pobranih z vrčičkov in razporejenih v posamezne razrede kopičenja nitratov (mg NO₃/kg SvS).

Pridelek	Povprečje	Razpon meritev	Odstotek vzorcev po posameznih razredih (v %)					Število vzorcev
			I < 200	II 200 - 500	III 500 - 1000	IV 1000 - 2500	V > 2500	
Radič	681,0 ^a	17,8 - 3805,7	26	22	26	24	2	54
Endivija	595,8 ^a	5,2 - 1777,8	26	26	29	19	-	42
Korenček	291,9 ^b	8,5 - 995,2	46	34	20	-	-	97
Paradižnik	16,3 ^c	1,2 - 91,1	100	-	-	-	-	99
Št. vzorcev			169	56	45	21	1	292

Povprečne vsebnosti nitratov na vrčičkih po posameznih zelenjadicah z različnimi nadpisanimi črkami pomenijo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$).

Na tržnicah z integrirano pridelavo je bilo skupaj odvzetih 36 vzorcev zelenjadic. 50 % vzorcev endivije je vsebovalo od 1000 do 2500 mg/kg nitratov. Ostali vzorci so imeli manj nitratov. En vzorec solate je bil v II. razredu kopičenja nitratov, medtem, ko je bil drugi vzorec v IV. Vsebnost nitratov v korenčku je bila v večini vzorcev pod 500 mg/kg, medtem, ko je imelo 8 % vsebnosti malenkost nad 500 mg/kg. Pri paradižniku noben vzorec ni presegel vsebnosti 200 mg/kg. V vsebnosti nitrata v zelenjadicah s tržnic z integrirano pridelavo ni bilo statistično značilnih razlik med endivijo in solato (Preglednica 9).

Preglednica 9: Odstotek zelenjadnic s tržnic z integrirano pridelavo po posameznih razredih kopičenja nitrata (mg NO₃/kg SvS).

Pridelek	Povprečje	Razpon meritev	Odstotek vzorcev po posameznih razredih (v %)				Število vzorcev
			I < 200	II 200 - 500	III 500 - 1000	IV 1000 - 2500	
Endivija	900,4 ^a	69 - 1528,4	10	20	20	50	10
Solata	886,3 ^a	393,6 - 1379,0		50		50	2
Korenček	207,2 ^b	38,3 - 522,5	42	50	8		12
Paradižnik	2,5 ^c	0,4 - 7,5	100				12
Št. vzorcev			18	9	3	6	36

Povprečne vsebnosti nitratov po posameznih zelenjadnicah s tržnic z integrirano pridelavo z različnimi nadpisanimi črkami pomenijo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$).

Na tržnicah z ekološko pridelavo je bilo skupaj odvzetih 18 vzorcev zelenjadnic. Vsebnost nitratov v endiviji je bila v vseh vzorcih pod 1000 mg/kg. Vsi vzorci korenčka so imeli vsebnosti nitratov pod 500 mg/kg. Pri paradižniku noben vzorec ni presegel vsebnosti 200 mg/kg (< 2,1 mg/kg). V endiviji je bila vsebnost nitrata statistično značilno večja v primerjavi s korenčkom in paradižnikom (Preglednica 10).

Preglednica 10: Odstotek zelenjadnic s tržnic z ekološko pridelavo po posameznih razredih kopičenja nitrata (mg NO₃/kg SvS).

Pridelek	Povprečje	Razpon meritev	Odstotek vzorcev po posameznih razredih (v %)			Število vzorcev
			I < 200	II 200 - 500	III 500 - 1000	
Endivija	454,4 ^a	127,0 - 773,5	17	50	33	6
Korenje	104,9 ^b	40,8 - 301,4	83	17		6
Paradižnik	0,9 ^c	0,4 - 2,1	100			6
Št. vzorcev			12	4	2	18

Povprečne vsebnosti nitratov po posameznih zelenjadnicah s tržnic z ekološko pridelavo z različnimi nadpisanimi črkami pomenijo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$).

V trgovinah je bilo skupaj odvzetih 35 vzorcev zelenjadnic. Vsebnost nitratov v endiviji je bila v vseh vzorcih med 500 in 2500 mg/kg. Vsebnost nitratov v solati je imela razpon med 200 in 2500 mg/kg. 42 % jih je bilo v III. razredu. Vsi vzorci korenčka so imeli vsebnosti nitratov pod 500 mg/kg. Pri paradižniku noben vzorec ni presegel vsebnosti 200 mg/kg. V vsebnosti nitrata v zelenjadnicah iz trgovin ni bilo statistično značilnih razlik med endivijo in solato, ter med korenjem in paradižnikom. Vsebnost nitratov v endiviji in solati s trgovin se statistično značilno ne razlikuje (Preglednica 11).

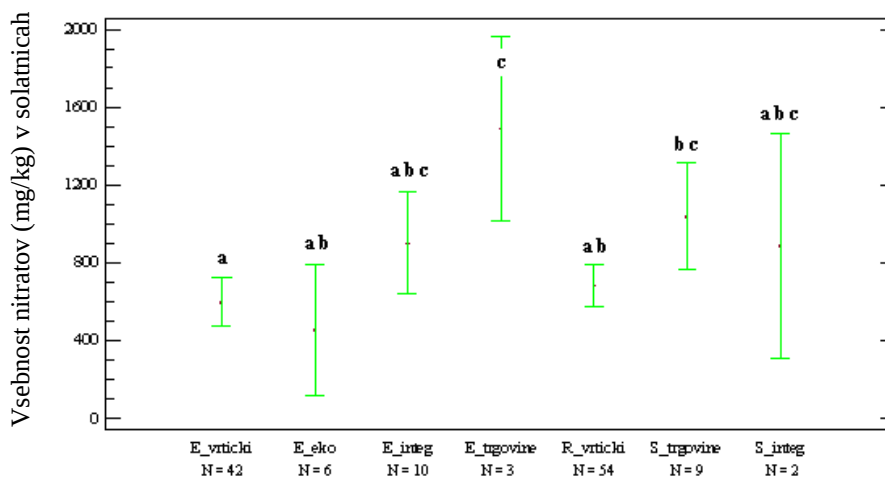
Preglednica 11: Odstotek zelenjadnic iz trgovin po posameznih razredih kopičenja nitrata (mg NO₃/kg SvS).

Pridelek	Povprečje	Razpon meritev	Odstotek vzorcev po posameznih razredih (v %)				Število vzorcev
			I < 200	II 200 - 500	III 500 - 1000	IV 1000 - 2500	
Endivija	1487,1 ^a	644,9 - 2078,7			33	67	3
Solata	1036,9 ^a	456,8 - 2242,6		8	42	50	9
Korenček	108,3 ^b	7,6 - 233,2	78	22			9
Paradižnik	10,6 ^c	0,8 - 35,5	100				14
Št. vzorcev			21	3	5	6	35

Povprečne vsebnosti nitratov po posameznih zelenjadnicah iz trgovin z različnimi nadpisanimi črkami pomenijo statistično značilno razliko ($p \leq 0,05$).

4.2 PRIMERJAVA VSEBNOSTI NITRATOV V ZELENJADNICAH

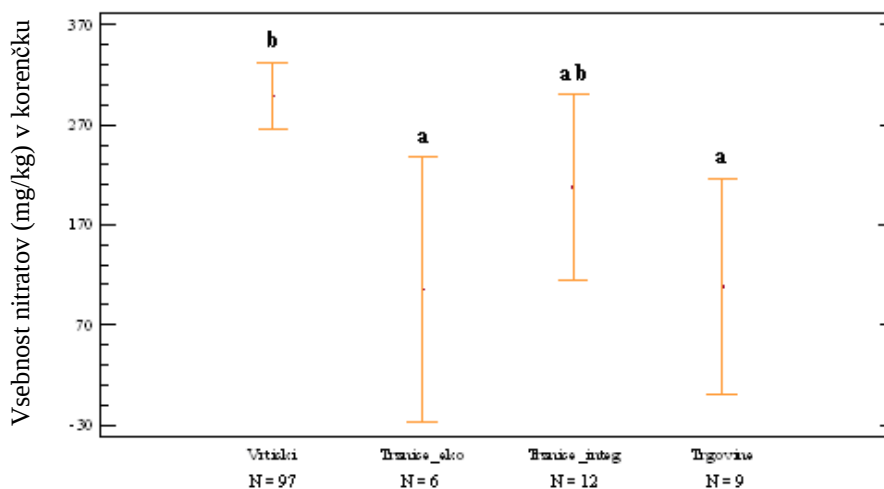
Iz slike 5 lahko vidimo, da se statistično značilno razlikujejo vsebnosti nitratov v vzorcih endivije z vrtičkov in endivije iz trgovin, endivije z vrtičkov in solate iz trgovin, endivije iz ekološke pridelave in endivije iz trgovin ter endivije iz trgovin in radiča z vrtičkov. Med ostalimi vzorci solatnic ni bilo statistično značilnih razlik.



Slika 5: Primerjava povprečnih vsebnosti nitratov v solatnicah (mg/kg) z vrtičkov, tržnic z integrirano in ekološko pridelavo in iz trgovin; N = število vzorcev.

Prikazana so povprečja $\pm$ standardna odklon. Enaka črka pomeni (a, b, c), da pri pripadajočih obravnavanjih ni statistično značilnih razlik ($p < 0,05$).

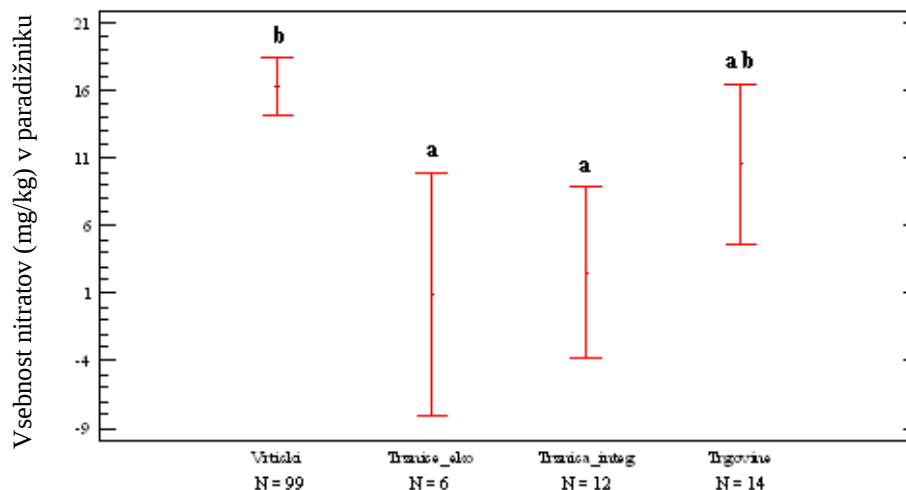
Iz slike 6 lahko razberemo, da se statistično značilno razlikujejo vsebnosti nitratov v vzorcih korenčka z vrtičkov in korenčka iz ekološke pridelave ter korenčka z vrtičkov in korenčka iz trgovin. Med ostalimi vzorci ni bilo statistično značilnih razlik.



Slika 6: Primerjava povprečnih vsebnosti nitratov v korenčku (mg/kg) z vrtičkov, tržnic z integrirano in ekološko pridelavo in iz trgovin; N = število vzorcev.

Prikazana so povprečja $\pm$ standardni odklon. Enaka črka pomeni (a, b), da pri pripadajočih obravnavanjih ni statistično značilnih razlik ($p < 0,05$).

Iz slike 7 je razvidno, da se statistično značilno razlikujejo vsebnosti nitratov v vzorcih paradižnika z vrtičkov in paradižnika iz ekološke pridelave ter paradižnika z vrtičkov in paradižnika iz integrirane pridelave. Med ostalimi vzorci ni bilo statistično značilnih razlik.



Slika 7: Primerjava povprečnih vsebnosti nitratov v paradižniku (mg/kg); N = število vzorcev.

Prikazana so povprečja $\pm$ standardni odklon. Enaka črka pomeni (a, b), da pri pripadajočih obravnavanjih ni statistično značilnih razlik ($p < 0,05$).

4.3 IZRAČUN PRIPOROČENEGA DNEVNEGA VNOSA (ADI)

Glede na mejo sprejemljivega dnevnega vnosa nitrata 3,65 mg/kg telesne teže, ki jo je postavil Evropski znanstveni odbor za prehrano (SCF), in ADI 5 mg/kg telesne teže, ki ga je opredelila Svetovna zdravstvena organizacija, smo preračunali koliko vzorcev presega ti dve določeni vrednosti. 8 vzorcev solatnic je preseglo ADI za nitrat 3,65 mg/dan telesne teže in 4 vzorci ADI za nitrat 5 mg/dan telesne teže (Preglednica 12).

Preglednica 12: Število vzorcev, ki presegajo ADI.

Pidelava	Zelenjadnice	Število vzorcev, ki presegajo ADI 3,65 mg/kg	Število vzorcev, ki presegajo ADI 5 mg/kg
Vrtički	radič	2	2
	endivija	3	0
	korenje	0	0
	paradižnik	0	0
Tržnice z integrirano pridelavo	endivija	1	0
	solata	0	0
	korenje	0	0
	paradižnik	0	0
Tržnice z ekološko pridelavo	endivija	0	0
	korenje	0	0
	paradižnik	0	0
Trgovine	endivija	1	1
	solata	1	1
	korenje	0	0
	paradižnik	0	0

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 VSEBNOST NITRATOV V ZELENJADNICAH

5.1.1 Vsebnost nitratov v zelenjadnicah pridelanih na vrtilčkih MOL

Solatnice

Vsebnost nitratov v obravnavanih vzorcih endivije je bila pod 2500 mg/kg. Vsebnosti nitratov v posameznih vzorcih so bile zelo različne, saj je bil razpon zelo velik (5,2-1777,8 mg/kg). Glede na rezultate drugih raziskav lahko povzamemo, da so v naših primerih vsebnosti nitratov manjše, saj je bilo najmanj vzorcev v IV. razredu kopičenja nitratov. 81 % vzorcev endivije je imelo vsebnosti nitratov manjše od 1000 mg/kg. Radič uvrščamo v V. razred kopičenja nitratov (> 2500 mg/kg), vendar je bil v našem primeru samo en vzorec z vrednostjo 3805,7 mg/kg nitrata. Ostali vzorci so bili enakomerno razporejeni od I., II., III., IV. razreda kopičenja nitratov (17,8 – 2251,7 mg/kg).

Korenček

80 % vzorcev korenčka je imelo vsebnosti nitratov manjše od 500 mg /kg, kar pomeni, da ni dosegel razreda kopičenja nitratov, ki so ga določili na podlagi preteklih raziskav (500-1000 mg/kg). 20 % vzorcev korenčka je imelo vsebnosti med 500 in 1000 mg/kg.

Paradižnik

V nobenem vzorcu paradižnika ni bila presežena vsebnost 200 mg/kg, kar pomeni, da so se vsi vzorci uvrstili v I razred kopičenja nitrata. Glede na to, da različni viri potrjujejo, da paradižnik kopiči najmanj nitratov, smo v naši raziskavi pričakovali podobno.

5.1.2 Vsebnost nitratov v zelenjadnicah, kupljenih na tržnicah in v trgovinah na območju MOL

Solatnice

50 % vzorcev endivije s tržnic z integrirano pridelavo je vsebovalo med 1000 in 2500 mg/kg nitratov, ostali so vsebovali pod 1000 mg/kg nitrata. Pri ekološko pridelani endiviji so bile vsebnosti nitrata manjše kot pri integrirani, saj ni bilo nobenega vzorca v IV. razredu kopičenja nitratov. 33 % vzorcev je vsebovalo od 500 do 1000 mg/kg nitrata. Ostali vzorci pa so imeli manjše vsebnosti nitratov. Endivija iz trgovin je vsebovala več nitratov kot endivija s tržnic, saj je bila razporejena v IV. (67 %) in III. (33 %) razred kopičenja nitratov. En vzorec solate s tržnic z integrirano pridelavo je bil V II. razredu in en vzorec v IV. razredu kopičenja nitratov. Le 5 % vzorcev solate iz trgovin je bilo v IV. razredu kopičenja nitratov, ostali pa so vsebovali manj kot 1000 mg/kg nitratov.

Korenček

50 % korenčka kupljenega na tržnicah z integrirano pridelavo je vsebovalo 200-500 mg/kg nitrata (II. razred kopičenja nitratov). Le 8 % korenja je imelo vsebnosti med 500 in 1000 mg/kg (III. razred kopičenja nitratov), kamor ga po literaturi uvrščamo. Korenje s tržnic z ekološko pridelavo je razporejeno v I. in II. razred kopičenja nitratov. Večina vzorcev (83 %) je vsebovalo pod 200 mg/kg nitrata. Tudi korenček iz trgovin ima podobne vsebnosti kot korenček s tržnic z ekološko pridelavo in je prav tako razporejeno v I. in II. razred kopičenja nitratov.

Paradižnik

Različni viri navajajo, da paradižnik kopiči najmanj nitratov, kar smo z našimi obravnavanimi vzorci potrdili. Paradižnik s tržnic in s trgovin je v vseh primerih vseboval manj kot 200 mg/kg nitratov.

5.1.3 Primerjava vsebnosti nitratov med zelenjadnicami pridelanimi na vrtničkih in kupljenimi na tržnicah in v trgovinah

Solatnice

Vsebnost nitratov v solatnicah nabranih na vrtničkih je v povprečju manjša kot v solatnicah, kupljenih v trgovinah in na tržnicah z integrirano pridelavo. Povprečne vsebnosti nitratov v vzorcih z vrtničkov se bistveno ne razlikujejo od povprečja vsebnosti nitratov v ekološko pridelanih solatnicah.

Solatnice kopičijo zelo velike količine nitratov. Zato smo predvidevali, da med njimi ne bo razlik. Rezultati so v nekaterih primerih pokazali razlike v vsebnosti nitratov, na kar verjetno precej vpliva čas pobiranja (predvsem vrtnički in tržnice). Čez dan in predvsem med različnim letnimi časi se vsebnosti nitratov zelo spreminjajo. Znano je, da imajo predvsem solatnice v zimskem času večje vsebnosti nitratov. Zato lahko predvidevamo, da so v naših primerih vsebovale manj zato, ker smo jih vzorčili v začetku jeseni. V trgovinskih vzorcih endivije in solate so bile vsebnosti nitratov večje, ker dalj časa ostanejo na policah, kjer so višje temperature. Zaradi majhnega števila vzorcev endivije iz trgovin, endivije iz ekološke pridelave in solate iz integrirane pridelave je bila zelo velika variabilnost v vsebnosti nitratov. Za bolj natančne primerjave vsebnosti nitratov v solatnicah bi bilo verjetno potrebno vzeti večje število vzorcev, da bi dobili večjo zanesljivost rezultatov.

Korenček

Korenček z vrtničkov v povprečju vsebuje večje vsebnosti nitratov kot korenček iz trgovin in tržnic. V primerjavi v vsebnosti nitratov korenčka z vrtničkov s korenčkom iz ekološke in trgovin so bile statistično značilne razlike.

Za bolj zanesljivo primerjavo bi bilo potrebno analizirati večje število vzorcev iz trgovin in s tržnic. Poleg števila vzorcev, so pomembni tudi dejavniki, ki smo jih omenili že pri solatnicah. V primeru korenčka se vsebnosti nitratov glede na čas pobiranja in skladiščenje ne spreminjajo tako zelo kot pri solatnicah. Predvidevamo, da je pomemben tudi del rastline, ki ga zaužijemo. V primeru korenčka je to koren, ki vsebuje bistveno manj nitratov kot nadzemni del.

Paradižnik

Paradižnik z vrtničkov v povprečju vsebuje večje vsebnosti nitratov kot paradižnik iz trgovin in tržnic. V primerjavi v vsebnosti nitratov paradižnika z vrtničkov s paradižnikom iz ekološke in integrirane pridelave so bile statistično značilne razlike. To gre najverjetneje pripisati majhnemu številu vzorcev iz trgovin in s tržnic.

5.1.4 Vplivi nitrata na zdravje

Solatnice

Večina vzorcev solatnic je bila razporejena v manjše razrede kopičenja nitrata kot je zanje značilno. Glede na to, da se okrog 60 % nitratov že po 5 urah izloči iz telesa, lahko predvidevamo, da obravnavani vzorci solatnic ne predstavljajo nevarni za zdravje ljudi.

Korenček

Vzorci korenčka so glede na vsebnost nitratov po večini razporejeni v manjše razrede (pod 500 mg/kg), kar pomeni, da je še manjše tveganje za prevelik vnos nitratov v telo.

Paradižnik

Glede na to, da paradižnik v drugih raziskavah in prav tako tudi v našem primeru kopiči najmanj nitratov, ne moremo govoriti o negativnih vplivih na zdravje ljudi, saj so vsebnosti nitrata v vseh vzorcih manjše od 100 mg/kg.

Priporočen dnevni vnos (ADI)

Glede na priporočen dnevni vnos nitratov z zelenjadnicami v telo je le 8 vzorcev solatnic preseglo ADI 3,65 mg/kg telesne teže in 4 vzorci solatnic ADI 5 mg/kg telesne teže. Ostali vzorci zelenjadnic niso presegli priporočenega dnevnega vnosa 3,65 mg/kg telesne teže, ker so imeli manjše vsebnosti nitratov.

Glede na to, da nitratov v telo ne vnašamo samo z zelenjavo, ampak tudi z ostalo hrano (npr. meso), moramo upoštevati tudi količino ostale hrane, ki jo uživamo. Vendar so količine nitratov, ki jih uživamo z ostalo hrano dosti manjše kot tiste, ki jih uživamo z zelenjavo. Predvidevamo, da se z uživanjem ostale hrane bistveno ne povečajo vsebnosti nitratov v prehranjevalni verigi ljudi.

V primeru vsebnosti nitratov v analiziranih vzorcih zelenjadnic ne moremo govoriti o posameznih območjih, kjer bi obstajala nevarnost zastrupitve oziroma škodljivih vplivov na zdravje ljudi.

5.2 SKLEPI

Na osnovi rezultatov analiz nitratov v zelenjadnicah z vrčkov, trgov in tržnic MOL smo prišli do naslednjih sklepov:

- vsebnosti nitratov v zelenjadnicah, gojenih na vrčkov MOL, ne presegajo določenih razredov kopičenja nitratov, zato lahko rečemo, da vrčkarji glede na vsebnost nitratov pridelujejo neoporečno zelenjavo;
- vsebnosti nitratov v zelenjadnicah iz trgov in s tržnic ne presegajo določenih razredov kopičenja nitratov, kar pomeni, da glede na vsebnost nitratov kupujemo neoporečno zelenjavo;
- vsebnost nitratov v solatnicah, nabranih na vrčkov, je v povprečju manjša, kot v solatnicah kupljenih v trgovinah in na tržnicah z integrirano pridelavo;
- korenček z vrčkov v povprečju vsebuje več nitratov od korenčka iz trgov in tržnic;
- paradižnik z vrčkov v povprečju vsebuje več nitratov od paradižnika iz trgov in tržnic;
- 12 vzorcev solatnic malo presega priporočen dnevni vnos nitratov v človeško telo z zelenjavo, ostalih 115 vzorcev ne presega priporočenega dnevnega vnosa.

6 POVZETEK

Nitrat je pomembno hranilo za rastline. Nahaja se v tleh, vodi in hrani. Največ nitratov kopičijo zelenolistne zelenjadnice. Glavni vnos nitratov v prehranjevalno verigo je uživanje zelenjave, saj z njo zaužijemo več kot 70 % vsega nitrata. Previsoke vsebnosti nitratov predstavljajo nevarnost za zdravje ljudi. Najnevarnejši bolezni, ki sta povezani z uživanjem prevelikih količin nitrata, sta methemoglobinemija in rak na prebavilih.

V okviru projekta Vrtničarstvo v Mestni občini Ljubljana kot vir onesnaževal v tleh, pridelani hrani in podzemnih vod smo na podlagi anket zbrali 100 vrtničarjev iz 32 območij, kjer smo pobrali 54 vzorcev radiča, 42 vzorcev endivije, 97 vzorcev korenčka in 99 vzorcev paradižnika. V trgovinah smo kupili 35 vzorcev zelenjadic, na tržnicah z ekološko pridelavo 18 in 36 iz integrirane pridelave.

V drugi polovici avgusta in v začetku septembra smo začeli z vzorčenjem zelenjadic. Na posameznem vrtničku smo enakomerno po celotni gredi odvzeli 0,5 od 1 kg posamezne zelenjadic. Pri endiviji in radiču smo odvzeli očiščene rozete ter odstranili korenine oz. podzemni del rastline, odmrle, poškodovane in gnile liste. Pri korenčku smo odvzeli podzemni del (koren), nadzemni del smo odstranili. Pri paradižniku smo odvzeli samo zrel plod. Po vzorčenju smo vzorce takoj pripeljali v Centralni laboratorij na KIS v hladilnico.

V drugi polovici septembra smo začeli z nakupi zelenjadic v vseh, v Sloveniji najbolj prisotnih trgovskih verigah (Mercator, Spar, Tuš, E. Leclerc, Eurospin, Hofer), ter na tržnicah z ekološko in integrirano pridelavo, kjer smo iskali vzorce zelenjadic različnega porekla oziroma proizvajalca. Analizo nitratov smo naredili po predpisanem analitskem postopku (standard EN 12014-7).

83 % endivije z vrtničkov je vsebovalo pod 1000 mg/kg, ostali vzorci so bili v IV. razredu kopičenja nitratov (1000-2500mg/kg). Radič z vrtničkov je vseboval pod 2500 mg/kg nitratov, razen v enem primeru je bila vsebnost 3805,7 mg/kg. 20 % korenčka z vrtničkov je vsebovalo od 500 do 1000 mg/kg nitratov, ostali vzorci manj. Paradižnik z vrtničkov je vseboval manj kot 200 mg/kg nitratov. 50 % endivije iz integrirane pridelave je imelo vsebnost nitratov med 1000 in 2500 mg/kg, so dosegli IV. razred kopičenja nitratov, medtem ko je imela vsa ekološko pridelana endivija vsebnosti manjše od 1000 mg/kg nitratov. 67 % endivije iz trgovin je doseglo IV. razred kopičenja nitratov, ostali vzorci ne. 50 % solate iz integrirane pridelave je bilo prav tako v IV. razredu kopičenja, ostali pod. Tudi 5 % solate iz trgovin je doseglo IV. razred kopičenja nitratov. 8 % korenčka iz integrirane pridelave je vsebovalo med 500 in 1000 mg/kg (III. razred kopičenja nitratov), ostali vzorci so vsebovali manj nitratov. 17 % ekološko pridelanega korenčka je imelo vsebnosti nitratov med 200 in 500 mg/kg (II. razred kopičenja), ostali so imeli manj. 22 % korenčka iz trgovin je vsebovalo med 200 in 500 mg/kg nitratov, ostali vzorci so bili pod 200 mg/kg. Paradižnik iz tržnic in trgovin je vseboval manj kot 200 mg/kg nitratov.

Največ nitratov vnesemo v telo ravno z zelenjavo, ostala hrana prispeva majhen delež k povečanemu vnosu nitratov v telo. Zaključimo, da v nobenem primeru obravnavanih zelenjadic z vrtničkov in s trga ne predstavlja tveganja za zdravje, ker so bile vsebnosti manjše od pričakovanih in ker je ADI v nekaterih vzorcih komaj presežen.

7 VIRI

- Amr A., Hadidi N. 2001. Effect of cultivar and harvest date on nitrate (NO₃) and nitrite (NO₂) content of selected vegetables grown under open field and greenhouse conditions in Jordan. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 14: 59-67
- Brown J.R., Christy M. in Smith G.S. 1993. Nitrate in soils and plants. (Oktober 1993).
<http://extension.missouri.edu/xplor/agguides/agchem/g09804.htm> (22. maj 2008)
- Campbell W.H. in Campbell E.R. Nitrate FAQ. 2007. The Nitrate Elimination Company (28. marec 2008).
<http://www.nitrate.com/faq3.htm#5.%20%20NECi%20FAQ> (22. maj 2008)
- Damgaard M. 2003. Nitrate in drinking water. Wisconsin Department of Natural Resources (28. januar 2003).
<http://www.dnr.state.wi.us/org/water/dwg/nitrate.htm> (20. maj 2008)
- Dovč H.M. 2006. Vsebnost vitamina C in nitrata v radiču. Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 68 str.
- Fonnebo V. 1994. The healthy seventh-day adventist lifestyle: What is the Norwegian experience? *American Journal of Clinical Nutrition*, 59: 1124-1129
- Golden M. in Leifert C. 1999. Potential risks and benefits of dietary nitrate. V: *Managing risks of nitrates to humans and the environment*. Wilson W.S., Ball A.S., Hinton R.H. (eds.). North Yorkshire, UK, The Royal Society of Chemistry: 269-316
- Greer F.R. in Shannon M. 2005. Infant Methemoglobinemia: The role of dietary nitrate in food and water. *Pediatrics*, 116, 3: 784-786
- Hill M.J. 1991. Nitrates and nitrites in food and water. Hill M. (ed.). Hampshire, UK, Ellis Horwood Limited: 196 str.
- Leifert C. 2005. Impact of nitrate on human health. (12. marec 2005).
<http://www.ncl.ac.uk/tcoa/producers/orginfo/health> (12. maj 2008).
- Maximum levels for certain contaminants in foodstuff. Commission Regulation (EC) No. 1881/2006
- Nitrate. 2003. Wisconsin Department of Natural Resources (12. maj 2008).
- Nitrate and Nitrite. 2005. Argonne National Laboratory, EVS (Avgust 2005).
<http://www.ead.anl.gov/pub/doc/nitrate-ite.pdf> (25. junij 2008)
- Nitrates. 2007. Hearth Information Center (Julij 2007).
<http://www.texasheartinstitute.org/HIC/Topics/Meds/nitrmeds.cfm> (26. maj 2008)

- Nitrate and nitrite toxicity. 2007. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) (24. sept. 2007).
<http://www.atsdr.cdc.gov/csem/nitrate/no3cover.html> (5.junij 2008)
- Pavlou G.C., Ehaliotis C.D., Kavvadias V.A. 2007. Effect of organic and inorganic fertilizers applied during successive crop seasons on growth and nitrate accumulation in lettuce. *Scientia Horticulturae*, 111: 319-325
- Pravilnik o onesnaževalcih v živilih. Ur.l. RS št. 69/03
- Pidwirny M. 2006. The Nitrogen Cycle. *Fundamentals of Physical Geography* (17. april 2008). <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/9s.html> (15.avgust 2008)
- Prasad S. in Chetty A.A. 2008. Nitrate-N determination in leafy vegetables: Study of the effects of cooking and freezing. *Food Chemistry*, 106: 772-780
- Risk for your health: Nitrate. 2007. The Nitrate Elimination Co., Inc. (NECi) (14. marec 2007). <http://www.nitrite.com/nitrite3.htm> (1. junij 2008)
- Schuddeboom L.J. 1993. Part 1: Occurance and human exposure. V: *Nitrates and nitrites in foodsuffs*. European Commission (ed.). Strasbourg, Council of Europe: 9-49
- Souvan T., Divjak M.Š., Andrews K.D., Simoneti M., Solomun J., Fatun M., Cerar M., Doležal M., Šolc U., Zakrajšek U., Harmel M. 2008. Novi prostorski načrt MOL. Glasilo Mestne občine Ljubljana. 3. izdaja. Ljubljana, Mestni svet Mestne občine Ljubljana: 54-55
- Stanton T.L. in Whittier J. Nitrate Poisoning. 2006. (Marec 2006).
<http://www.ext.colostate.edu/PUBS/LIVESTK/01610.html> (22. maj 2008)
- Sušin J., Kmecl V. in Gregorčič A. 2006. A survey of nitrate and nitrite content of fruit and vegetables grown in Slovenia during 1996 - 2002. *Food Additives and Contaminants*, 23, 4: 385-390.
- Tematska karta onesnaženosti zemljišč Celjske občine. 1989. Ljubljana, Biotehniška fakulteta, VTOZD za Agronomijo, Katedra za pedologijo, prehrano rastlin in ekologijo: 159 str.
- Trendi razpoložljivosti hrane. 2008. Slovenija Statistični urad RS (28.feb.2008).
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=1484 (34.avg. 2008)
- Umar A.S., Iqbal M. in Abrol Y.P. 2006. Are nitrate concentrations in leafy vegetables within safe limits. *Current Science*, 92, 3: 355-360
- Vrtničarstvo v Mestni občini Ljubljana kot vir onesnaževal v tleh, pridelani hrani in podzemni vodi. Onesnaženost tal in vrtnin: Končno poročilo. 2008. Ljubljana, Kmetijski Inštitut Slovenije: 80 str.

- Walker R. 1999. The metabolism of dietary nitrites and nitrates. V: Managing risks of nitrates to humans and environment. W.S. Wilson, A.S. Ball in R.H. Hinton (ed.). North Yorkshire, UK, The Royal Society of Chemistry: 250-258
- Ximenes M.I.N., Rath S. in Reyes F.G.R. 2000. Polarographic determination of nitrate in vegetables. *Talanta*, 51: 49-56
- Yordanov N.D., Novakova E. in Lubenova S. 2001. Consecutive estimation of nitrate and nitrite ions in vegetables and fruits by electron paramagnetic resonance spectrometry. *Analytica Chimica Acta*, 437: 131-138
- Zupan M., Grčman H., Prus T., Hodnik A., Vrščaj B. 2002. Praktikum iz pedologije. Delovni zvezek. Ljubljana: 115 str.

ZAHVALA

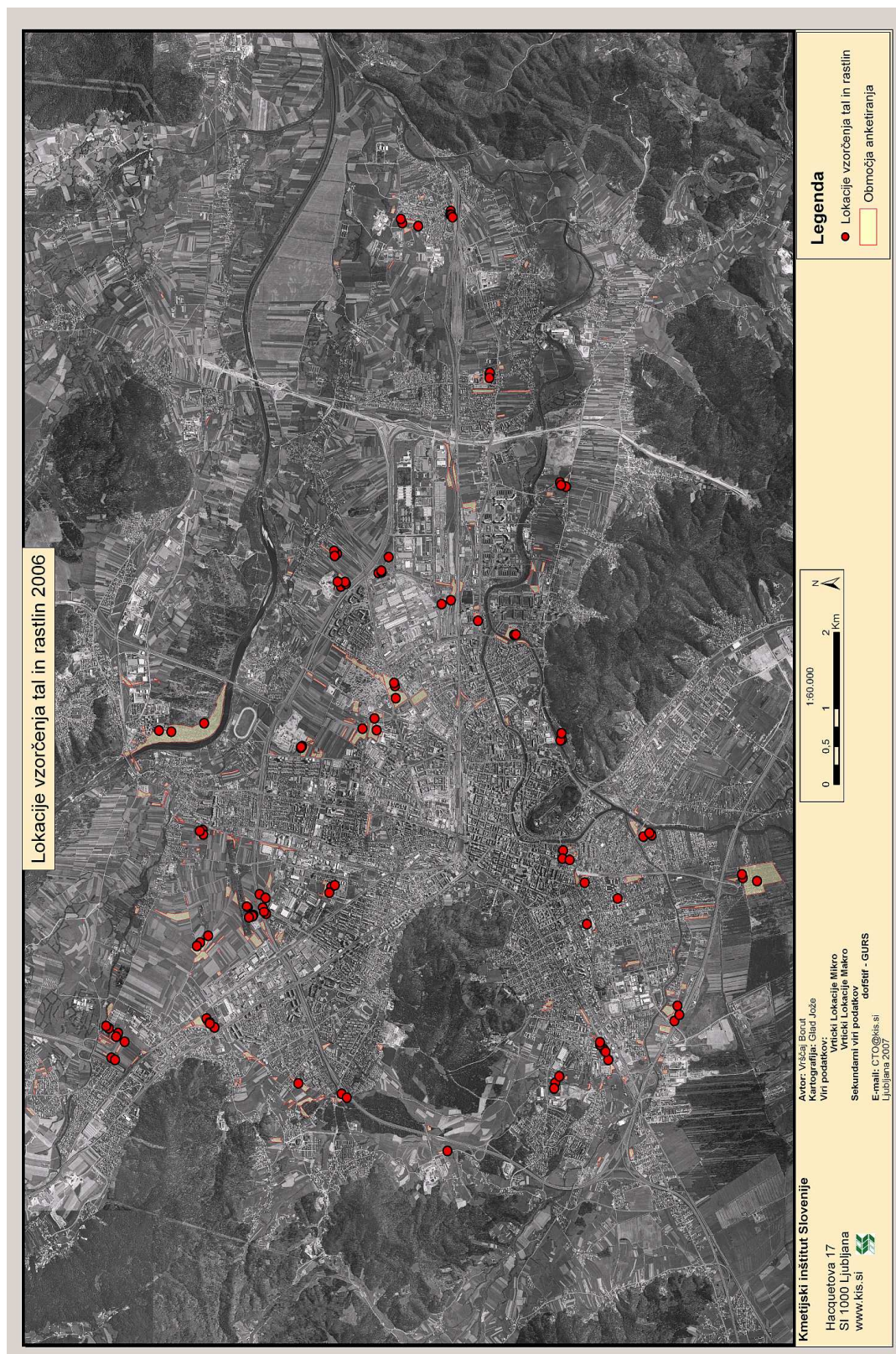
Zahvaljujem se mentorici prof. dr. Marijani Jakše in somentorju dr. Borutu Vrščaju in doc. dr. Heleni Grčman za vse kritike, strokovnost in spodbude. Zahvaljujem se tudi uradu MOL, ki je odobrila projekt »Vrtničkarstvo v Mestni občini Ljubljana kot vir onesnaževal v tleh, pridelani hrani in podzemni vodi«, na katerem je temeljilo moja diplomska naloga, in centralnemu laboratoriju na KIS-u, ki je naredil analitske metode nitratov v zelenjadnicah.

Zahvaljujem se tudi Tonetu Godeši in Janezu Sušinu, ki sta mi pomagala in spodbujala pri pisanju diplomske naloge.

Še posebno se zahvaljujem Ines Markelc, ki mi je vseskozi pomagala in spodbujala ter staršem, ki so mi omogočili študij.

PRILOGA A

Lokacije vzorčenja tal in rastlin na vrtičkih MOL v letu 2006 (Vrtičkarstvo..., 2008).



PRILOGA B

Zapisnik vzorčenja tal in rastlin na mestnih vrtničkih.

 Kmetijski inštitut Slovenije	
VRTNIČKARSTVO V MESTNI OBČINI LJUBLJANA KOT VIR ONESNAŽEVAL V TLEH, PRIDELANI HRANI IN PODZEMNI VODI	
IME LOKACIJE	CRNUCE
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / P ☐
ŠTEV. OBMOČJA	001
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / S ☐
ZAP. ŠT. VRTIČKA	007
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / K ☐
GKX	483580
KODA VZORCA:	V 0001/ 0007 / T ☐
GKY	105784
KONTAKTEL:	012510082
FOTO: DA / NE	
ODVZETI VZORCI:	
TLA: ☐	
RASTLINSKI: PLODOVKE ☐ SOLATNICE ☐ GOMOLJNICE ☐ DRUGO ☐	
VODA: ☐	
OPOMBA OB VZORČENJU:	
DATUM:	
VZORČIL:	PODPIS VZORČITELJA:
6. april 2007	
Stran 1 od 101	

PRILOGA C

Statistične analize

Priloga C1: Statistična primerjava med zelenjadnicami v vsebnosti nitratov na vrtničkih (metoda LSD; $p \leq 0,05$).

Primerjava	Statistično značilne razlike	Razlika	+/- Meje
Endivija – Radič		-85,2566	151,75
Endivija – Korenje	*	296,651	136,032
Endivija – Paradizni	*	579,458	135,825
Radič – Korenje	*	381,907	125,005
Radič - Paradiznik	*	664,715	124,78
Korenje - Paradizni	*	282,807	105,103

* statistično značilne razlike

Priloga C2: Statistična primerjava med zelenjadnicami v vsebnosti nitratov iz tržnic z ekološko pridelavo (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Primerjava	Statistično značilne razlike	Razlika	+/- Meje
Endivija - Korenje	*	349,503	180,199
Endivija - Paradiznik	*	453,437	180,199
Korenje - Paradiznik		103,933	180,199

* statistično značilne razlike

Priloga C3: Statistična primerjava med zelenjadnicami v vsebnosti nitratov iz tržnic z integrirano pridelavo (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Primerjava	Statistično značilne razlike	Razlike	+/- Meje
Endivija - Solata		14,14	484,114
Endivija - Korenje	*	693,262	267,604
Endivija - Paradiznik	*	897,892	267,604
Solata - Korenje	*	679,122	477,342
Solata - Paradiznik	*	883,752	477,342
Korenje - Paradiznik		204,629	255,15

* statistično značilne razlike

Priloga C4: Statistična primerjava med zelenjadnicami v vsebnosti nitratov iz trgovin (metoda LSD $p \leq 0,05$).

Primerjava	Statistično značilne razlike	Razlike	+/- Meje
Endivija - Solata		450,219	469,273
Endivija - Korenje	*	1378,83	469,273
Endivija - Paradiznik	*	1476,51	447,834
Solata - Korenje	*	928,608	331,826
Solata - Paradiznik	*	1026,29	300,743
Korenje - Paradiznik		97,6793	300,743

* statistično značilne razlike

Priloga C5: Statistična primerjava med vzorci solatnic v vsebnosti nitratov (metoda LSD $p \leq 0,05$).

<i>Primerjava</i>	<i>Statistično značilne razlike</i>	<i>Razlike</i>	<i>+/- Meje</i>
E_vrticki - E_eko		141,407	508,001
E_vrticki - E_integ		-304,658	409,564
E_vrticki - E_trgovine	*	-891,325	695,609
E_vrticki - R_vrticki		-85,2566	239,474
E_vrticki - S_trgovine	*	-441,106	427,547
E_vrticki - S_integ		-290,518	842,424
E_eko - E_integ		-446,065	601,075
E_eko - E_trgovine	*	-1032,73	823,056
E_eko - R_vrticki		-226,664	500,896
E_eko - S_trgovine		-582,513	613,47
E_eko - S_integ		-431,925	950,383
E_integ - E_trgovine		-586,667	766,223
E_integ - R_vrticki		219,401	400,717
E_integ - S_trgovine		-136,448	534,81
E_integ - S_integ		14,14	901,612
E_trgovine - R_vrticki	*	806,068	690,437
E_trgovine - S_trgovine		450,219	775,984
E_trgovine - S_integ		600,807	1062,56
R_vrticki - S_trgovine		-355,849	419,079
R_vrticki - S_integ		-205,261	838,159
S_trgovine - S_integ		150,588	909,922

Priloga C6: Statistična primerjava med vzorci korenčka v vsebnosti nitratov (metoda LSD $p \leq 0,05$).

<i>Primerjava</i>	<i>Statistično značilne razlike</i>	<i>Razlike</i>	<i>+/- Meje</i>
Vrticki - Trznice_eko	*	194,259	192,403
Vrticki - Trznice_integ		91,9535	139,919
Vrticki - Trgovine	*	190,851	159,346
Trznice_eko - Trznice_integ		-102,306	228,746
Trznice_eko - Trgovine		-3,40833	241,12
Trznice_integ - Trgovine		98,8975	201,735

* statistično značilne razlike

Priloga C7: Statistična primerjava med vzorci paradižnika v vsebnosti nitratov (metoda LSD $p \leq 0,05$).

<i>Primerjava</i>	<i>Statistično značilne razlike</i>	<i>Razlike</i>	<i>+/- Meje</i>
Vrticki - Trznice_eko	*	15,3855	13,0977
Vrticki - Trznica_integ	*	13,7755	9,52243
Vrticki - Trgovine		5,72312	8,89512
Trznice_eko - Trznica_integ		-1,61	15,5763
Trznice_eko - Trgovine		-9,66238	15,2009
Trznica_integ - Trgovine		-8,05238	12,2554

* statistično značilne razlike

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Tine PALČIČ

**VSEBNOST NITRATOV V ZELENJADNICAH
RAZLIČNEGA IZVORA**

DIPLOMSKO DELO

Univerzitetni študij

Ljubljana, 2008