

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Anja PAVLIN

**PRIMERJAVA RASTI IN RAZVOJA RASTLIN NA
VERTIKALNIH ZELENIH STENAH S
KONVENCIONALNIM NAČINOM GOJENJA**

MAGISTRSKO DELO

Magistrski študij - 2. stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA AGRONOMIJO

Anja PAVLIN

**PRIMERJAVA RASTI IN RAZVOJA RASTLIN NA VERTIKALNIH
ZELENIH STENAH S KONVENCIONALNIM NAČINOM GOJENJA**

MAGISTRSKO DELO
Magistrski študij - 2. stopnja

**COMPARISON OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS
ON THE VERTICAL GREEN WALLS WITH CONVENTIONAL
GROWING METHOD**

M. SC. THESIS
Master Study Programmes

Ljubljana, 2015

Magistrsko delo je zaključek Magistrskega študijskega programa 2. stopnje hortikulture. Delo je bilo opravljeno na Katedri za sadjarstvo, vinogradništvo in vrtnarstvo.

Komisija za študij 1. in 2. stopnje Oddelka za agronomijo je za mentorja magistrskega dela imenovala prof. dr. Gregorja OSTERCA.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednica: prof. dr. Zlata LUTHAR
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Član: prof. dr. Gregor OSTERC
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Članica: doc. dr. Zalika ČREPINŠEK
Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo

Datum zagovora:

Podpisana izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Anja Pavlin

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Du2
DK	UDK 631.546:635.52:635.343:634.75 (043.2)
KG	navpični vrtovi/visoke grede/vertikalne zelene stene/konvencionalni način gojenja/jagode/ohrovt/solata/pridelek/razvoj rastlin
AV	PAVLIN, Anja
SA	OSTERC, Gregor (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo
LI	2015
IN	PRIMERJAVA RASTI IN RAZVOJA RASTLIN NA VERTIKALNIH ZELENIH STENAH S KONVENCIONALNIM NAČINOM GOJENJA
TD	Magistrsko delo (Magistrski študij - 2. stopnja)
OP	XI, 44 str., 11. pregl., 24 sl., 4 pril., 30 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Sodobna hortikultura proizvodnja se sooča s problemom pomanjkanja prostora. Navpični vrtovi so ena od prostorsko in tudi estetsko najbolj sprejemljivih rešitev za vračanje delčka narave v urbana okolja. Med nekonvencionalne načine gojenja spada tudi permakultura, ki jo večkrat povezujemo z gojenjem na visoki gredi. V nalogi smo s pomočjo merjenja parametrov vegetativne rasti, generativnega razvoja, sveže in suhe mase listnatega ohrovt, solate in jagod, pa tudi merjenja temperature in vlage tal, ugotavljali razlike med gojenjem rastlin na nizki in visoki gredi ter na zeleni steni. Pri parametrih kot so višina, širina rastlin in število listov nismo opazili bistvenih razlik. Največjo svežo maso pri solati, 294,98 g in ohrovtu, 75,01 g smo stehtali na visoki gredi, najmanjšo pa pri solati na zeleni steni, 117,87 g in pri ohrovtu na nizki gredi, 48,67 g. Pri ohrovtu so največ tehtale korenine na visoki gredi, 37,98 g, najmanj pa na zeleni steni, 25,03 g. Pri solati so največ tehtale korenine na visoki gredi, 42,83 g, najmanj na nizki gredi, 28,95 g, na steni pa so tehtale 29,24 g. Največji odstotek glede na celotno svežo maso rastlin predstavljajo korenine na zeleni steni (24,8 %), najmanjši pa na visoki gredi (14,5 %). Na zeleni steni je propadlo največ rastlin, plodovi pa so imeli na zeleni steni tudi najmanjšo povprečno maso. V spodnjih predelih stene smo v povprečju izmerili 6,91 % več vlage kot v zgornjih predelih. Ugotovili smo tudi, da je FDM (frequency domain method) dobra metoda za ocenjevanje vlage v tleh.

KEY WORDS DOCUMENTATION

ND Du2

DC UDC 631.546:635.52:635.343:634.75 (043.2)

CX vertical gardens/high shaft/vertical green walls/conventional way of growing/strawberry/kale/lettuce/crop/plant development

AU PAVLIN, Anja

AA OSTERC, Gregor (supervisor)

PP SI-1000 Ljubljana, Jamnikarjeva 101

PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Agronomy

PY 2015

TY COMPARISON OF GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS ON THE VERTICAL GREEN WALLS WITH CONVENTIONAL GROWING METHOD

DT M. Sc. Thesis (Master Study Programmes)

NO XI, 44 p., 11 tab., 24 fig., 4 ann., 30 ref.

LA sl

Al sl/en

AB Modern horticultural production is facing the problem of lack of space. Vertical gardens are one of the spatially and aesthetically the most acceptable solutions for the return of a piece of nature in the urban environment. Among the unconventional methods of cultivation we also include permaculture, which is often associated with the cultivation on a high shaft. In this master thesis we were measuring parameters like vegetative growth, generative development, fresh and dry weight of leaves of kale, lettuce and strawberries, as well as the temperature and soil moisture to find differences between growing on a low shaft, high shaft and green wall. We did not find any substantial differences in the plant height, the plant width and the number of leaves. The highest biomass of lettuce, 294.98 g and kale 75.01 g was determined on high shaft, while the lowest was at the lettuce on a green wall, 117.87 g and at kale on low beam (48.67 g). Kale roots in the high shaft were the heaviest, 37.89 g, the roots in the green wall were the lightest (25.03 g). The highest biomass of lettuce roots was weighed on a high shaft, 42.83 g and the lowest on the low shaft, 28.95 g. On the green wall the root's weight was 29.24 g. On the green wall the roots presented the largest part of the total plant biomass (24.8 %). The green wall had the lowest survival's rate of plants and the lowest average fruit mass. Due to the gravity, the lower parts of green wall received 6.91 % more water. We also evaluated FDM method (frequency domain method) as a good way for soil moisture determination.

KAZALO VSEBINE

	Str.
Ključna dokumentacijska informacija	III
Key words documentation	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic	VII
Kazalo slik	VIII
Kazalo prilog	X
1 UVOD	1
1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN MAGISTRSKE NALOGE	1
1.2 DELOVNE HIPOTEZE	1
2 PREGLED OBJAV	2
2.1 KONVENCIONALNO GOJENJE RASTLIN IN NJEGOVE MEJE.....	2
2.2 INTEGRIRANO GOJENJE RASTLIN	3
2.3 EKOLOŠKO GOJENJE RASTLIN	3
2.4 ALTERNATIVNE METODE GOJENJA RASTLIN	4
2.4.1 Visoka greda.....	4
2.4.2 Zelena stena.....	5
2.4.2.1 Soft wave paneli	6
2.4.2.2 Pozitivni učinki vertikalnih vrtov in primeri dobre prakse.....	7
2.4.2.3 Različne oblike zelenih sten	7
2.5 SUBSTRATI IN POSEBNOSTI PRI ZELENi STENI	8
3 MATERIALI IN METODE	9
3.1 SADIKE	9
3.1.1 Solata ledenka Eole (<i>Lactuca sativa</i> L.)	9
3.1.2 Listnati ohrovt Caserta F1 (<i>Brassica oleracea</i> L. var. <i>acephala</i>)	9
3.1.3 Jagode (<i>Fragaria ananassa</i> Duchesne)	9
3.2 SUBSTRAT.....	9
3.3 POSTAVITEV POSKUSA	11
3.3.1 Temperature zraka in količina padavin v času merjenja na meteorološki postaji Kranj.....	11
3.3.2 Postavitev nizke grede.....	12
3.3.3 Postavitev visoke grede	12
3.3.4 Postavitev zelene stene	13
3.3.5 Meritve	14
3.3.5.1 Merjenje parametrov vegetativne rasti in generativnega razvoja.....	14
3.3.5.2 Merjenje sveže in suhe mase rastlin	14
3.3.5.3 Merjenje temperature tal.....	14
3.3.5.4 Merjenje vlage	14
3.3.5.4.1 Gravimetrično določanje vode v tleh.....	15
3.3.5.4.2 FDM (Frequency Domain Method-merjenje frekvence)	15
3.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV	16

4 REZULTATI	17
4.1 VIŠINA	17
4.2 ŠIRINA	19
4.3 ŠTEVILO LISTOV	23
4.4 ŠTEVILO PLODOV IN POVPREČNA MASA PLODOV JAGOD	25
4.5 SVEŽA IN SUHA MASA	26
4.6 MASA VODE IN DELEŽ VODE GLEDE NA MASO V RASTLINAH	29
4.7 USPEŠNOST MERJENJA VLAGE S FDM METODO	30
4.8 POVEZANOST SVEŽE MASE RASTLIN IN % VODE V RASTLINAH	30
4.9 VLAGA NA STENI	32
4.10 ŠTEVILO PROPADLIH RASTLIN	32
4.11 TEMPERATURA TAL	33
5 RAZPRAVA IN SKLEPI	34
5.1 RAZPRAVA	34
5.2 SKLEPI	38
6 POVZETEK	40
7 VIRI	42
 ZAHVALA	
 PRILOGE	

KAZALO PREGLEDNIC

	Str.
Preglednica 1: Prikaz maksimalnih in minimalnih temperatur zraka ter povprečnih temperatur zraka na meteorološki postaji Kranj v °C	11
Preglednica 2: Prikaz 24-urne količine padavin (mm) merjene na meteorološki postaji Kranj	12
Preglednica 3: Prikaz razlik med povprečno višino jagod, ohrovta in solate na treh različnih sistemih dne 21. 5. 2013 (14 dni po sajenju)	19
Preglednica 4: Povprečna širina rastlin jagod, ohrovta in solate v treh različnih sistemih gojenja 21. 5. 2013	22
Preglednica 5 : Prikaz števila plodov (n) in povprečne mase plodov jagod (g) na nizki gredi, visoki gredi in zeleni steni.....	25
Preglednica 6: Sveža masa ohrovta in solate (g) v treh različnih sistemih gojenja dne 4. 7. 2013	26
Preglednica 7 : Masa vode (g) in delež vode (%) v sveži masi solate, 2013.....	29
Preglednica 8: Masa vode (g) in delež vode (%) v rastlinah ohrovta v tehnološki zrelosti (prvo pobiranje) in po obraščanju, 2013.....	29
Preglednica 9: Spremembe vlage (%) v substratu na zeleni steni v smeri od vrha navzdol 32	
Preglednica 10: Število propadlih rastlin (%) v tednih po sajenju glede na različne sisteme gojenja, 2013	32
Preglednica 11: Prikaz temperature tal (°C) na treh različnih sistemih po datumih v obdobju 2013	33

KAZALO SLIK

	Str.
Slika 1: Prikaz zasaditve visoke grede	12
Slika 2: Prikaz zasaditve na zeleni steni	13
Slika 3: Zelena stena s kontrolno ponovitvijo	13
Slika 4 : Sonda delta-t SM200-merjenje vlage v tleh na visoki gredi (21. 5. 2013)	16
Slika 5: Povprečne višine jagod (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	17
Slika 6: Povprečne višine rastlin ohrovta (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	18
Slika 7: Povprečne višine rastlin solate (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	18
Slika 8: Prikaz povprečne višine rastlin (cm) in standardnih odklonov na treh različnih sistemih po datumih meritev v rastni dobi 2013.....	19
Slika 9: Povprečna širina rastlin jagod (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	20
Slika 10 : Povprečna širina rastlin ohrovta (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	21
Slika 11: Povprečna širina rastlin solate (cm) in standardni odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	21
Slika 12: Prikaz povprečne širine rastlin (cm) in standardnih odklonov po datumih merjenja na treh sistemih gojenja v rastni dobi 2013	22
Slika 13: Povprečno število listov ohrovta (n) s standardnimi odkloni pri treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	23
Slika 14: Povprečno število listov solate (n) s standardnimi odkloni pri treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013	24
Slika 15: Povprečno število listov solate in ohrovta (n) s standardnimi odkloni po datumih merjenja na treh različnih sistemih v rastni dobi 2013 (meritev 18. 7. 2013 samo ohrovt)	24
Slika 16: Jagode na vseh treh sistemih 18. 6. 2013	25
Slika 17: Povprečna sveža masa rastlin solate in ohrovta (g) s standardnimi odkloni, 2013	26

Slika 18: Prikaz sveže mase celotne rastline solate in sveže mase korenin solate (g) ter standardnih odklonov v tehnološki zrelosti, 2013	27
Slika 19: Prikaz suhe mase solate in suhe mase korenin solate (g) v tehnološki zrelosti in standardnih odklonov, 2013	27
Slika 20: Povprečne sveže mase celotne rastline ohrovta in korenin ohrovta (g) ob prvem obiranju in po obraščanju ter standardni odkloni v treh različnih sistem gojenja leta 2013	28
Slika 21 : Povprečne suhe mase celotne rastline ohrovta in korenin ohrovta (g) pri prvem obiranju in po obraščanju ter standardni odkloni v treh različnih sistemih gojenja leta 2013	29
Slika 22: Prikaz korelacije med vlago v tleh, merjeno z FDM metodo, in vlago, izmerjeno z gravimetrično metodo	30
Slika 23: Prikaz korelacije med svežo maso in % vode v rastlinah solate	31
Slika 24: Prikaz korelacije med svežo maso in % vode v rastlinah ohrovta	31

KAZALO PRILOG

Priloga A: Zasaditve na zeleni steni

Priloga A1: Zelena stena prva posaditev (21. 5. 2013)

Priloga A2: Solata na zeleni steni (21. 5. 2013)

Priloga A3: Solata na zeleni steni (18. 6. 2013)

Priloga A4: Ohrovt na zeleni steni (18. 6. 2013)

Priloga A5: Zasaditev na zeleni steni (4. 7. 2013)

Priloga A6: Zasaditev na zeleni steni (4. 7. 2013)

Priloga A7: Ohrovt in jagode na zeleni steni (18. 7. 2013)

Priloga A8: Zelena stena s ponovitvijo levo (18. 7. 2013)

Priloga B: Zasaditve na visoki gredi

Priloga B1: Jagode na visoki gredi (21. 5. 2013)

Priloga B2: Jagode na visoki gredi (18. 6. 2013)

Priloga B3: Ohrovt na visoki gredi (4. 7. 2013)

Priloga C: Zasaditve na nizki gredi

Priloga C1: Solata na nizki gredi (18. 6. 2013)

Priloga C2: Solata, ohrovt in jagode na nizki gredi (18. 6. 2013)

Priloga D: Namakanje substratov, zasičen režim

1 UVOD

Sodobna hortikultura proizvodnja se predvsem v mestih sooča s pomanjkanjem prostora. Ljudje se zaradi številnih afer o prekomerni uporabi različnih sredstev za varstvo rastlin vse bolj zatekajo k lastni proizvodnji zelenjave, pa tudi različnih okrasnih rastlin, a so pri tem, predvsem v mestih pogosto močno omejeni s prostorom. Pa tu ne mislimo samo na blokovska naselja, pač pa tudi na individualne, samostojne hiše, ki so zgrajene na izjemno majhnih parcelah, kjer ni dovolj prostora niti za nekaj glav solate, kaj šele za malo večji zelenjavni vrt. Ideja o gojenju zelenjave na vertikalnih stenah, ki jih lahko namestimo kjerkoli v stanovanju, je zato še kako aktualna. Prednost zelenjave ali dišavnic, gojenih na stenah, je v tem, da se nam ni potrebno sklanjati in imamo čisto zelenjavo, saj lahko vsa hranila pri določenih izvedbah zelenih sten dodajamo preko vode in posebne črpalke. Stene lahko premikamo, lahko jih sočasno uporabimo za zakrivanje pogledov pred sosedi ali pa služijo kot zelena ograja. Stena je zelo primerna za ljudi, ki nimajo vrta, saj si lahko takšno steno postavijo na balkon, jo posadijo po želji ter rastline oskrbujejo in si na tak način pridelajo domačo zelenjavo in dišavnice. Zelene stene lahko služijo seveda tudi v okrasne namene, saj jih lahko posadimo z okrasnimi rastlinami (Hrovat, 2013).

1.1 OPREDELITEV PROBLEMA IN NAMEN MAGISTRSKE NALOGE

S primerjavo izmerjenih hortikulturnih parametrov rastlin, gojenih na vertikalnih stenah in gojenih na nizki in visoki gredi, bomo ugotavljali, kako uspešno je gojenje zelenjave na vertikalnih stenah v primerjavi z bolj konvencionalnimi metodami gojenja. Ti podatki bodo izredno dobrodošli, saj je tovrstnih raziskav zelo malo oz. jih skoraj ni, hipotezo smo zato postavili na podlagi opazovanj tovrstnih sistemov.

1.2 DELOVNE HIPOTEZE

Na podlagi nekaterih redkih dosedanjih ugotovitev predvidevamo, da bodo merjeni parametri pri vseh treh sistemih dokaj podobni. Najboljše rezultate pričakujemo pri visoki gredi.

2 PREGLED OBJAV

2.1 KONVENCIONALNO GOJENJE RASTLIN IN NJEGOVE MEJE

Človeštvo je z industrijsko revolucijo v začetku 20. stol. stopilo na povsem novo pot. Ljudje smo si s to revolucijo odprli možnost tehničnega in tehnološkega razvoja na različnih področjih, tudi na kmetijskem področju. Ta razvoj je bil še kako potreben, saj se je moralo kmetijstvo med drugim naenkrat soočiti z izzivom, kako prehraniti številnejše prebivalstvo, kot posledica splošnega napredka na vseh ravneh življenja. Kmetijstvo je bilo prisiljeno ubrati pot intenzivne proizvodnje, začelo pa je postajati ogromen tehnološki sistem, ki je bil vse bolj podvržen številnim nevarnostim. Težave so se začele kopičiti zaradi neustrezne izrabe naravnih virov, pogostega onesnaževanja in uničevanja okolja ter zaradi pridelave živil, ki ne varujejo zdravja ljudi. Degradacija rodovitnosti tal, onesnaževanje voda, spreminjanje kmetijskih krajin, prisotnost strupenih snovi v živilih, ter zmanjševanje biotske pestrosti so težave, s katerimi se soočamo danes (EU Youth farm ..., 2007). Marsikje zasledimo ostanke pesticidov in povečane koncentracije nitratov v podtalnici. Zmanjšala se je pestrost v pridelavi, vse več je monokultur, kar poveča prisotnost bolezni in škodljivcev na rastlinah, veliko število živali na majhnem prostoru v hlevih, ki ne omogočajo prostega gibanja in izpustov na prosto, pomeni tudi večje obolevanje živali in presežke dušika, fosforja ter nevarnost onesnaženja podtalnice. Takšna razmišljanja niso prisotna samo med potrošniki. Tudi kmetje na slovenskem podeželju se jih zavedajo in zato se jih vse več odloča za okolju prijaznejše načine kmetovanja in za neposredno prodajo na domu in na kmečkih tržnicah, kjer lahko kupcem tudi sami predstavijo prednosti hrane, ki je pridelana na kmetijah v okolici (Bavec, 2004). Konvencionalno kmetijstvo je danes tehnološko specializirano ter kemično in kapitalistično zelo intenzivno (Francis in sod., 1990). Intenzifikacija kmetijstva v zadnjih štirih desetletjih, zmanjševanje rodovitnosti tal in povečanje onesnaževanja tal so danes prepoznani kot pomemben okoljevarstveni problem. Ohranitev kakovosti tal in vode je temelj kmetijske proizvodnje za prihodnost, zato se išče alternative v kmetijskem pridelovanju, ki ne zmanjšujejo rodovitnosti in zračnosti tal, ampak izkoriščajo naravne vire ter pomagajo zmanjševati pojav škodljivcev, plevelov in bolezni (Pfiffner in Luka, 2007).

Zanimanje za sonaravne kmetijske pridelovalne sisteme z manjšimi vnosi gnojil in sredstev za varstvo rastlin v širši javnosti narašča. Evropska kmetijska politika podpira uvajanje različnih okolju prijaznejših pridelovalnih sistemov s finančno pomočjo v okviru kmetijsko okoljskih programov, ki ohranjajo rodovitnost in biotsko raznovrstnost in izkoriščajo naravne vire ter pripomorejo k uravnavanju in kontroli pojava škodljivcev, bolezni in plevelov. Gre za usmeritev k ekstenziviranju vsaj dela kmetijske proizvodnje ter s tem k poskusom zmanjšanja pritiska pridelkov na trg. Prav tako si politika EU prizadeva občutno zmanjšati porabo mineralnih gnojil in fitofarmacevtskih sredstev ter uvajati in spodbujati ekološko kmetovanje. Kot temelj kmetijske proizvodnje v prihodnje se postavlja družinsko kmetijo, ki je edina zmožna zagotavljati omenjene cilje (Pfiffner in Luka, 2007).

2.2 INTEGRIRANO GOJENJE RASTLIN

Integrirana pridelava predstavlja za okolje in potrošnika prijaznejši pristop v kmetijstvu, ki ima različen položaj med kmetijskimi panogami, prav tako pa so velike razlike tudi med posameznimi državami, kjer se je integrirana pridelava pojavila. Integrirana pridelava sadja, zelenjave in grozdja je že od leta 2001 vključena v Slovenski kmetijski okoljski program (SKOP), kjer je bila tudi subvencionirana. Uradni nosilci integrirane pridelave, ki je pomenila prostovoljno upoštevanje smernic, so bili Združenje za integrirano pridelavo zelenjave Slovenije, GIZ Sadjarstvo Slovenije in Združenje vinogradnikov pri PS za vinogradništvo in vinarstvo. Prve strokovne podlage za integrirano pridelavo pa so nastale v okviru dela strokovnjakov kmetijske svetovalne službe in nekaterih znanstveno raziskovalnih inštitucij (zlasti Fakulteta za kmetijstvo Maribor in biosistemske vede pri Kmetijskem zavodu Maribor) (MKGP, 2014).

Pridelava kakovostne hrane na naravi prijazen način in uravnoteženo izvajanje agrotehničnih ukrepov ob upoštevanju ekoloških, gospodarskih in toksikoloških dejavnikov so ključni elementi integrirane pridelave. Pridelava temelji na nadzorovani uporabi gnojil in fitofarmacevtskih sredstev in pridelavi brez gensko spremenjenih organizmov, pospeševanju in ohranjanju biotske pestrosti z alternativnimi metodami varstva rastlin (biotično varstvo). Namesto gojenja z mineralnimi gnojili se raje poslužujemo gnojenja z organskimi gnojili. Pred gnojenjem je potrebno redno izvajati talne analize in analize rastlin, da se prepreči izpiranje nitratov v podtalnico ter prekomerno kopičenje nitratov v rastlinah. Kontrolirana pridelava in certificiranje pridelkov daje potrošniku zagotovilo, da proizvodi ustrezajo višjim standardom kakovosti in, da so tovrstna živila zdravstveno neoporečna-varna in kakovostna. V Sloveniji na integriran način pridelujemo zelenjavo, poljščine, sadje in grozdje. Navodila za integrirano pridelavo, postopki kontrole in način označevanja so določeni v Pravilnikih o integrirani pridelavi in Tehnoloških navodilih za integrirano pridelavo, ki jih vsako leto izda Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP), ki imenuje organizacije za kontrolo in certificiranje in jih tudi nadzoruje (MKGP, 2014).

2.3 EKOLOŠKO GOJENJE RASTLIN

Ekološko kmetijstvo je smotrna odločitev za veliko slovenskih kmetij, predvsem tistih, ki nameravajo izdelke tržiti. Ekološko kmetijstvo je v Sloveniji pravno urejeno s Pravilnikom o ekološki pridelavi in predelavi kmetijskih živil, ki je zapisan v uradnem listu Republike Slovenije. V pravilniku so določeni postopki in metode ekološke pridelave oziroma predelave, kontrole, označevanja in pogoji za uporabo označbe ekološki (Pravilnik ..., 2001).

V ekološkem kmetijstvu je bistvena uporaba obnovljivih virov in postopkov. Posebna skrb je namenjena dobremu počutju živali in krmljenju z naravno krmo. Ekološko kmetijstvo pomaga ohranяти ravnovesje v celotnem ekosistemu in zmanjšuje onesnaževanje okolja zaradi kmetijstva, saj ne vnaša sintetičnih pesticidov in lahko topnih mineralnih gnojil v okolje. Je trajnostni način pridelave hrane, ki temelji na ravnovesju v sistemu tla – rastline - živali - človek in sklenjenemu krogotoku hranil v njem (Bavec, 2001). Pomemben element, ki skrbi za ohranjanje in povečanje rodovitnosti tal v ekološkem kmetijstvu, je

kolobar. V ekološkem kmetijstvu je prepovedana uporaba lahko topnih mineralnih gnojil in sintetičnih sredstev za varstvo rastlin, pridelava pa temelji na gnojenju z organskimi gnojili. Bolezni, škodljivce in plevel se kontrolira preventivno s primerno obdelavo tal, kolobarjem, z izbiranjem odpornejših sort, uporabo predatorjev, vab, lepljivih plošč in prekrivk. V ekološkem kmetijstvu se uporablja samo posebej dovoljena sredstva za varstvo rastlin (baker, žveplo, piretrin, parafinska in mineralna olja, krompirjev dekstrin, lecitin, *Bacillus thuringiensis*, ipd.). Pri reji živali je stalež živine prilagojen lastni pridelavi krme. Obremenitev na 1 ha površine je do 2 glavi živine, živina pa mora biti preko celega leta izpuščena najmanj 180 dni. Določeni so tudi minimalni standardi glede hlevskih površin (osvetlitev, zrak, velikost in kakovost ležišč). Prepovedana je uporaba gensko spremenjenih organizmov. Prepovedana je uporaba hormonov, preventivna uporaba antibiotikov in zdravil proti stresu pred zakolom, živalim neprilagojena reja, krmljenje krvne in kostne moke ter druge krme živalskega porekla (Bavec, 2004).

2.4 ALTERNATIVNE METODE GOJENJA RASTLIN

Ob višjih cenah hrane, upadanju samooskrbe in večji informiranosti ljudi o ekološkem kmetovanju je razmislek o pridelavi lastne zelenjave zlasti v zadnjem času postal zelo aktualen. Če zelenjavo in sadje gojimo sami, nadzorujemo hrano, ki jo uživamo in poznamo njen izvor. Kupljena živila, pa naj bodo biološko pridelana ali ne, po svežini in okusu le težko tekmujejo z domačim pridelkom (Harrison, 2011). Kupci se v zadnjih letih vedno bolj zavedajo tudi pomena doma gojenih okrasnih rastlin. Teh rastlin sicer ne uživamo, a je njihova kakovost (vzdržljivost, kakovost obarvanja cvetov, ipd.) pogosto v primeru doma gojenih rastlin boljša od tistih, ki prispejo k nam iz uvoza.

V mestih, kjer primanjkuje prostora, si lahko svoj vrt ustvarimo na okenskih policah, zelenjavo in zelišča gojimo v koritih, lahko pa se poslužujemo tudi vertikalnih vrtov, ki zavzamejo zelo malo prostora. Če imamo možnost, da zelenjavo gojimo na manjših ali večji zaplatah zemlje, se lahko preizkusimo v alternativnih metodah gojenja rastlin. Nasprotje intenzivnemu kmetijstvu je permakulturni sistem pridelave, ki je načrtovan tako, da pri najmanjšem možnem vzdrževanju dosežemo največji možen izid. V njem so vključeni manjši sistemi energije, ki vzdržujejo sami sebe. Z besedo permakultura večkrat povezujejo tudi visoko gredo, ki je primerna tudi za manjše vrtove, zelenjava, pa tudi okrasne rastline na njej odlično uspevajo (Januš, 2013).

2.4.1 Visoka greda

Visoka greda je oblika rastlinske pridelave, ki je dvignjena od tal. Visoka greda naj bo široka približno 120 cm, največ 150 cm in visoka 90 do 120 cm. Sredina grede mora biti zlahka dosegljiva, ne da bi morali stopiti ali se nasloniti na gredo. Dolžina je poljubna. Postavimo jo v smeri S-J, da bo enakomerno osončena. Spodnja plast bo drenažna, zato tja spadajo oleseneli odpadki, narezane šibe. Drenažna plast naj bo visoka do 50 cm. Nanjo lahko položimo izrezane kose trate, vlažno listje, kompost, šoto in vrtno zemljo (Januš, 2013).

S pridelavo zelenjave na visokih gredah prihranimo prostor, zelenjava pa zelo dobro uspeva. Organske plasti v sredini visoke grede med razkrajanjem oddajajo toploto, ta pa dobro dene rastlinam, ki rastejo na površju. Poleg tega imajo rastline tudi dovolj hranil za bujno rast (Januš, 2013).

Zamisel sistema visoka greda je odlična še posebej za manjše vrtove, saj je prostor dobro izkoriščen. Na visokih gredah se zemlja ogreje prej kot na običajnih, zato lahko začnemo prej sejati in saditi, zaradi sestave na visokih gredah tudi v obdobju močnejših padavin ne more zastajati voda. Ker hodimo po potkah med gredami, zemlje ne moremo stlačiti ali poškodovati rastlin. Visoke grede omogočajo dobro drenažo, zato zelenjava tudi po obilnem deževju ne bo imela mokrih nog. Zemlja se prej posuši, zato tudi delo lahko začnemo prej kot v običajnem vrtu. Zaradi strukture visokih gred rastlinam ne manjka vlage pod zemljo, zato razvijejo daljše in močnejše korenine (Januš, 2013).

Zaradi zvišanih gred se nam pri delu na vrtu ne bo dogajalo, da bi ponesreči stopili na zelenjavo, delo je lažje tudi zato, ker se manj sklanjamo, zato so visoke grede dobra rešitev tudi za starejše in invalide (Januš, 2013). Na visoki gredi so pridelki pogosto večji. Ker na njej lahko sadimo bolj na gosto, preprečimo razraščanje plevela, tako da je manj pletja. Visoke grede je mogoče hitro prekriti z vrtnarskimi tkaninami, tuneli in pokrovi. Na visoki gredi lahko izboljšamo zemljo tudi v vrtu, kjer so tla manj rodovitna (Harrison, 2011).

2.4.2 Zelena stena

Francoski botanik Patrick Blanc je v zelenih stenah združil znanost in umetnost. Blanc je pri svoji domislici upošteval, da rastline za rast ne potrebujejo zemlje, saj jim zemlja nudi zgolj mehansko oporo. Vertikalni vrtovi so primerni za vse vrste sten, ne glede na njihovo velikost, saj so sistemi razmeroma lahki, poleg tega pa bodo zelene rastline uspevale tudi v stanovanju. Takšne stene so koristne za odpravljanje sindroma bolnih stavb, ki se dandanes marsikje pojavlja zaradi uporabe in slabega vzdrževanja ter čiščenja klimatskih naprav in neprimernih prezračevalnih sistemov.

Vertikalni vrtovi omogočajo estetsko ozelenitev sten in okolice na omejenem prostoru. So izjemno primerni za mesta, kjer primanjkuje zelenih površin. Za resnično ozelenitev sten se uporablja sisteme za intenzivno vertikalno gojenje rastlin. Ti sistemi so sestavljeni iz osnovne konstrukcije, ki vsebuje prostor za sajenje in/ali pa nosi površine z žepki za sajenje. Glede na razmere in želje so del sistema tudi mehanizmi za zalivanje. Prehrana rastlin je odvisna od medija, v katerem rastline gojimo, od sorte rastlin in od lokalnih okoljskih razmer. Zelena stena se lahko zaliva s pomočjo meteornih vod, lahko po principih hidroponike ali akvaponike, direktno iz vodovoda, v manjših različicah pa tudi ročno. Za vzdrževanje so sistemi s hidroponskimi mehanizmi za zalivanje zahtevnejši od sistemov iz osnovne konstrukcije, a z njimi lahko dosežemo najzahtevnejše oblikovalske cilje. Sistemi s hidroponskimi mehanizmi lahko služijo kot vrhunski estetski dodatki v hotelih, wellness centrih, športnih objektih, poslovnih stavbah, pisarnah, trgovinah in hišah, saj omogočajo ozelenitev velikih površin in tako odpirajo široke oblikovalske možnosti. Vertikalni vrtovi ustvarjajo tudi senco in tako pripomorejo k zmanjšanju stroškov s hlajenjem prostorov v vročih obdobjih. Omogočajo celo izdelavo živih ali celo cvetočih logotipov, abstraktnih oblik in celo portretov. Manjše različice so lahko tudi

samo-stoječe in lahko služijo za popestritev vseh prostorov in omogočajo tudi gojenje zelišč ter zelenjave, saj so nizki in tako preprostejši za vzdrževanje (Ekološko ..., 2012).

Specifičnost vertikalnih vrtov, tako z vidika izdelave, kakor z vidika oskrbe je seveda potrebno upoštevati tudi pri izbiri rastlin za sajenje. Najprimernejše za ozelenitev sten so razne počasi rastoče nizke trajnice, denimo prezimno trdne vrste homulic, iskrivi dež, krajše okrasne trave, kamnokreči, netresk, navadni jelenov jezik, timijan, žajbelj, trajne vrste rodu mlečki, pa tudi kakšna trdoleska bo ob vznožju stene lepo uspevala. Pri izboru rastlin vselej upoštevamo, da so na vrhu rastline, ki potrebujejo manj vode, bujno rastoče oziroma tiste, ki porabijo več vode, pa naj bodo v spodnji polovici stene, saj se voda od padavin ali zalivanja steka navzdol. Paziti je treba, da bodo rastline dobile dovolj vode in mineralov. Oboje se najlažje dovaja z namakalnim sistemom (Marin, 2013).

V Sloveniji imamo z izdelavo vertikalnih sten že bogate izkušnje predvsem po zaslugi podjetja Humko, v katerem že več kot deset let izvajajo poskusne nasade odpornih rastlin kot so *Sedum* sp., *Sempervivum* sp., *Thymus* sp. in podobno. Priporočila za najbolj primerne rastline, ki jih lahko gojimo na zelenih stenah, so sestavili na podlagi opazovanj več kot 130 različnih trajnic. Za poizkuse so uporabili vse tri sisteme: Classic zelena stena iz poliestrskega filca, Ascon & Ekens plastične plošče in Ascon & Ekens kovinske plošče. Za notranje sajenje so primerne vse lončnice kot so peperomije (*Peperomia* sp.), pileje (*Pilea peperomioides* Diels), scindapsusi (*Scindapsus aureus* Engl.), plezavi fikus (*Ficus repens* Hort.Miss. ex Miq.), dracaena (*Dracaena deremensis* Engl.), muelenbeckia (*Muehlenbeckia complexa* Meisn.), begonia (*Begonia semperflorens* Hook.), phlebodium (*Phlebodium aureum* (L.) J.Sm.), nephrolepis (*Nephrolepis exaltata* (L.) Schott), spatifil (*Spathiphyllum* sp.). Popularne so rastline za čiščenje zraka in aromatične rastline. Vzdrževanje vertikalnega vrta je nezahtevno in zavzema rez, presajanje, nabiranje zelišč, okrasnih rastlin (Humko ..., 2013).

2.4.2.1 Soft wave paneli

Ascon Soft Wave panel je integriran z izolativnimi xps ploščami (ekstrudiran polistiren). Na teh ploščah so pritrjene cevi, skozi katere prečrpavamo podtalnico in s tem zmanjšamo vpliv zimske zmrzali in preprečujemo fiziološko sušo ter koreninam nudimo boljše rastne razmere spomladi in v pozni jeseni. Hkrati lahko skozi zadnji sloj prečiščujemo odpadno (sivo) vodo.

Paneli so narejeni z dvojnimi rastnim slojem in dvosistemskim zalivanjem, kar omogoča uporabo standardnih substratnih ali kompostnih mešanic kot tudi namenskih mineralnih substratov za vertikalno gojenje. Zelenjavo in ostale kulture lahko gojimo na tradicionalen način z zamenjavo substrata, ko je to potrebno. Izdelani so iz ABS plastike ali poliestrskih vlaken, pritrjevalni in obešalni deli pa so v celoti narejeni iz nerjavečega jekla. Sistem so razvili z moderno 3D tehnologijo v korelaciji s temeljno idejo Humko Ascon in Ekens principa. ABS paneli so zaščiteni z UV stabilizatorjem, dekorativni paneli imajo zaključno UV stabilizirano folijo, poliestrski paneli pa UV odporne zaključne sloje. Če imamo steno postavljeno v notranjem prostoru, kjer je premalo svetlobe, namestimo tudi asimilacijske reflektorje (Humko ..., 2013).

2.4.2.2 Pozitivni učinki vertikalnih vrtov in primeri dobre prakse

Zobozdravstvena ordinacija KU 64 v Berlinu je dobro premišljena in usmerjena v dobro počutje pacientov. K temu v veliki meri prispevajo trije navpični vrtovi, ki jih je leta 2010 uredilo švedsko podjetje Green Fortune. Njihova osnovna funkcija je predvsem nevtralizacija za zobne ordinacije tipičnega in pogosto s strahom asociiranega vonja. Rastline uravnavajo temperaturo in tvorijo naravno klimatsko napravo, proizvajajo visoko količino vlage in so tako higienični vlažilci zraka. Z absorpcijo zvoka blažijo hrup in skrbijo za boljšo akustiko, prispevajo k pomiritvi, kar je za paciente zelo pomembno, saj nudijo v stresnem delovnem okolju blagodejno izravnavo (Kirschner, 2013).

Ordinacija v Berlinu je primer odlične uporabe vertikalnih vrtov, možnosti pa je nešteto. Strokovnjaki predvidevajo, da se bo trg v prihodnosti še povečal predvsem na področju ordinacij, hotelov in restavracij, podjetij, tudi šol. V Nemčiji je navpična ozelenitev pogosto predmet razprave v medijih, vendar pa je za tovrstne vrtove še vedno zelo malo ponudnikov (Indoorlandscaping, Art Aqua, Garten- und Landschaftsbaufirma Boymann, KDB-Fassaden). Pri omenjenih ponudnikih imajo poleg vseh dejavnosti, ki jih ponujajo, navpični vrtovi le stransko vlogo, ponudniki namreč ves čas razvijajo najbolj primerne tehnike, materiale, dolgotrajnost tovrstnih inštalacij pa se mora še dokazati. V okviru tehničnih možnosti se predvsem dela na bolj stabilnih in cenovno ugodnejših tehnikah (Kirchner, 2013).

Tudi v Sloveniji smo spomladi 2014 v družinskem centru Mala ulica v Ljubljani dobili prvi javni vertikalni vrt pri nas, ki je poleg tega inovacija v svetovnem merilu, saj ga ogreva voda iz geotermalne vrtine. Na njem so površine zasajene s trajnicami za bolj senčna rastišča, različnimi sortami origana in jagodami. Rastline so posajene v žepke, v katere je oblikovana površina panelov in v katerih je za rastni substrat uporabljena posebna kamena volna Ecosed podjetja Knauf insulation. S poskusom želijo preveriti možnost za rabo energije podtalnice brez toplotnih črpalk ter možnost ogrevanja in ohlajanja fasade. Poleg tega, da bo zelena fasada pripomogla k zmanjšanju rabe energije v stavbi in bo s privabljanjem živali vplivala na biotsko pestrost v mestu, je tudi nov doživljajski in vzgojni element otroškega igrišča (Bavčar, 2014).

2.4.2.3 Različne oblike zelenih sten

Poleg že zgoraj naštetih ponudnikov se z zelenimi stenami ukvarja še 40 drugih podjetij, ki delajo zelene stene na filcu, mrežah, poličkah ali plastičnih ravnih ploščah s horizontalnim sajenjem. Od slovenskih ponudnikov najdemo Florideo, ki ima v ponudbi sistem gojenja iz žepkov, izdelanih iz filca. Podjetje Njiva d.o.o. ponuja plastični sistem mrež s posebno strukturo, ki jo ustvarjajo nepravilno oblikovane celice iz plastike. Rastline rastejo v koritu, skozi odprtine na dnu se izteka odvečna voda, rastline pa se razraščajo po mreži (Vetisa ..., 2012). Vrtko d.o.o. ima v ponudbi žive meje, pri katerih se rastline razraščajo po kovinskem ograjdu, rastejo pa v koritih, ki so izdelani iz kokosovih vlaken. Direktor podjetja Humko Tomaž Čufer poudarja, da so vsi ti sistemi razen poličk težko uporabni za zelenjavo, ki jo moraš puliti in ponovno saditi. Sistemi podjetja Humko so dekorativni tudi

ko niso preraščeni z rastlinjem. Panele lahko barvamo v več različnih imitacijah marmorja, lesa, karbonskih vlaken ali v metalnih barvah po želji naročnika. Sistemi podjetja Humko so prilagojeni tudi na zahtevno alpsko podnebje za zimzelene rastline. Redki sistemi trajajo več kot 10 let, v podjetju Humko pa zagotavljajo življenjsko dobo 40 let. V razvoju je tudi nov panel iz Inoxa z življenjsko dobo 100 let.

2.5 SUBSTRATI IN POSEBNOSTI PRI ZELENI STENI

Substrati, ki smo jih uporabili za tri različne sisteme, imajo različno sestavo in vsebnost hranil, kar vpliva tudi na rast in razvoj posameznih vrst rastlin.

Zaradi specifičnega načina rasti na zeleni steni uporabljamo drugačne substrate kot na običajni vrtni gredi. Navadna vrtna zemlja se uporablja le izjemoma z dodatki vulkanskega plovca, biooglja in perlita. Suha zemlja namreč ni dovolj prepustna za vodo in bi bila zelena stena sprva zgoraj namočena, spodaj suha, pozneje pa ravno obratno (Bavčar, 2014).

Minerali v substratu na zeleni steni služijo drenaži, zadrževanju težko dostopne vode in povečanju izmenjalne kapacitete (CEC). Za zelene stene sicer običajno uporabljajo dražje, žgane diatomejske gline, vendar v času poskusa niso bile na voljo.

3 MATERIALI IN METODE

3.1 SADIKE

Sadike za poskus smo dobili iz Vrtnarstva Škofic.

3.1.1 Solata ledenka Eole (*Lactuca sativa* L.)

Je standardna sorta tipa 'Ljubljanska ledenka' in je primerna za celoletno pridelavo na prostem. Rastlina že zgodaj v vegetaciji oblikuje lepo oblikovane glavice, ima nakodrane liste svetlo zelene barve, ki tehtajo do 1000 g. Pri tej teži je tudi čas za pobiranje (8 - 10 tednov od sajenja). Rastlina je zelo odporna na uhajanje v cvet, je odličnega okusa z zanesljivim pridelkom.

3.1.2 Listnati ohrovt Caserta F1 (*Brassica oleracea* L. var. *acephala*)

Je srednje zgodnja sorta, ki jo pobiramo od 110 do 120 dni po presajanju in se uporablja tako za svežo potrošnjo kot tudi za skladiščenje. Glave so okrogle, temno zelene barve ter težke 1 do 2 kg.

3.1.3 Jagode (*Fragaria ananassa* Duchesne)

Jagode sorte 'Irma', ki smo jih posadili v poskusu, so primerne za večino leg v Sloveniji. So zelo bujne rasti in neprekinjeno cvetijo od pomladi do prvega mraza pozno jeseni. Zorijo od pomladi do jeseni. Plod je stožčaste oblike, velik in intenzivno rdeč ter dokaj svetleč. Ima zelo dobro aromo z visoko vsebnostjo kislin in sladkorjev. Kožica je zelo trpežna. Sorta je dobro odporna proti neugodnim vremenskim razmeram kot so zimske, spomladanske pozebe, suša. Sorta je odporna proti ekonomsko najpomembnejšim listnim in koreninskim boleznim in škodljivcem in je ena najrodnejših sort (Škofic ..., 2013).

3.2 SUBSTRAT

Vse mešanice substratov, ki smo jih uporabili v poskusu, so pripravili v podjetju Humko. Za posamezna rastišča, vključena v poskus, smo pripravili specifične substratne mešanice.

Da bi povečali organsko maso na nizki gredi, ki prej nikoli ni bila gnojena, smo vrtni zemlji dodali 20 % komposta. Kompost v podjetju Humko pridelujejo iz smrekovega lubja, zelene mase (ostanki vej, poganjkov, listov) in konjskega gnoja. Tak kompost je primeren za izboljšanje vrtno zemlje in za sajenje okrasnih rastlin, trate ter vseh sadik sadnega drevja. Kompost presejejo do frakcije 0-10 mm, ga skladiščijo pod streho, v suhem obdobju pa tudi na prostem (Humko ..., 2013). Vulkanski plovec (10 %) smo nizki gredi dodali, da bi tla boljše zadrževala vlago in da bi bila tla bolj odcedna. Substrat, ki smo ga uporabili na visoki gredi, vsebuje malo več mineralov in malo več komposta, saj zaradi dvignjenosti voda hitreje odteka. Sestavljen je iz mešanice 60 % vrtno zemlje, 20 %

komposta, 10 % vulkanskega plovca in lave (60/40), 5 % bele šote in 5 % zeolita 0 - 5 mm. Spodnjo plast visoke grede je predstavljala zdrobljena zelena masa, ki služi kot drenaža, zgornjih 20 cm pa je bil humusni del.

Vulkanski plovec smo tako kot pri nizki gredi dodali, ker zadržuje težko dostopno vodo, vulkanska lava pa vzdržuje vlago in trajno strukturo tudi v vročih razmerah (Hrovat ..., 2012).

Bela šota je odličen, naraven material, ki se ga uporablja v vrtnarstvu, sadjarstvu in cvetličarstvu. Zaradi visoke vsebnosti organske mase, visoke kapacitete za shranjevanje vlage in stabilne strukture, zemljo rahlja in uravnava kislost zemlje. Uporablja se kot osnova za pripravo rastnih substratov in se meša z vrtnim kompostom in zgornjo plastjo zemlje (Biobrazda ..., 2013).

V substratno mešanico za visoko gredo smo dodali tudi 5 % zeolita, da bi izboljšali fizikalno strukturo tal. Prst z dodatkom zeolita je sposobna zadržati ključne elemente in prepreči njihovo izpiranje zaradi visoke spodobnosti selektivne adsorpcije in ionske izmenjave zeolitov ter njihove afinitete do vode. Naravni zeoliti so sposobni adsorbirati več kot 1mg na g suhe snovi, kar zadržijo v svoji strukturi in nato postopno sproščajo v zemljo. Na tak način je preprečeno zažiganje korenin ali izpiranje hranilnih snovi v podtalnico. Hranilne snovi postanejo rastlinam dostopne dlje časa, rastline pa jih tudi bolj enakomerno sprejemajo. Zaradi bazičnega delovanja se z zeolitom lahko rešimo tudi pogostega problema prekisle zemlje, npr. po dodatku šote in tako na naraven način omogočimo ugodnejše razmere za življenje talnih organizmov (Vetisa ..., 2012).

Substrat, ki smo ga uporabili za zeleno steno, je bil sestavljen iz 60 % vulkanskega plovca (3-6 mm), 10 % ekspandirane gline (0-4 mm drobljena), 10 % agroperlita (0-6 mm), 10 % zelenega komposta (0-10 mm) in 10 % bele šote.

Osnovna surovina za glinopor je glina, ki se pri visokih temperaturah strdi, keramizira. Kot substrat ekspandirano glino uporabljamo v hidroponiki ter pri zastiranju kot drenažni sloj. Substrati z ekspandirano glino bolje zadržujejo hranila in jih rastlinam sproščajo počasi. Za stabiliziranje strukture jo v substratih običajno dodamo 30 vol %, za stabiliziranje strukture pa več (Jošar, 1996).

Aluminijevi silikati vulkanskega izvora (riolit, kvarcporfit), v katerih je 2-5 % kristalno vezane vode, so surovina za pridobivanje perlita. Po tem, ko jih zmeljejo, jih izpostavijo termični obdelavi pri temperaturi 1100 – 1200 °C. Zaradi tega postanejo silikati plastični, kristalno vezana voda pa se osvobaja in izpareva. Po izparevanju nastajajo majhna zrna s premerom 1 - 6 mm, osnovni material pa svoj volumen poveča za 10 - 40 %, zaradi tega pa je material tudi lažji. Perlit je zelo dober termoizolacijski material, saj so prej omenjena zrnca napolnjena z zrakom in porozna (Jošar, 1996). Perlit povečuje zmogljivost tal za vodo in zrak, obenem pa zmanjšuje nihanje talne temperature. Kemijsko je inerten, steril, negorljiv in brez vonja. Njegove specifične lastnosti ugodno vplivajo na fizikalne in kemijske lastnosti v tleh (Golob, 1989).

3.3 POSTAVITEV POSKUSA

Zeleno steno in klasično vrtno gredo smo postavili in posadili 7. 5. 2013, visoko gredo pa 8. 5. 2013. Poskus je potekal v podjetju Humko d.o.o v Podnartu pri Kranju. Vse rastline smo posadili v dveh dneh v smeri S-J.

Na vsakem rastišču smo posadili rastline (jagode, ohrovt in solato) v dveh blokih s tremi ponovitvami in s šestimi rastlinami v vsaki ponovitvi (54 rastlin/ponovitev). V vsakem sistemu je bilo torej posajenih 108 sadik, skupno torej 324 sadik na vseh rastiščih. Rastline smo razporedili po metodi naključnega izbora. Vsaki sadiki smo ob sajenju v substrat dodali 10 g Valentin eko specialnega gnojila v razmerju 5: 3: 3.

Za poskus smo uporabili zadnjo serijo panelov, ki jih je za ozelenjevanje vertikalnih površin v obliki standardiziranega fasadnega elementa razvilo podjetje Humko. Ascon Soft Wave predstavlja novo rešitev za ozelenjevanje fasad, ograj in ostalih vertikalnih površin. Paneli imajo inovativen dvoslojni sistem substratov, estetski videz prednjega panela, ki deluje estetsko tudi brez zasajenih rastlin. Trajnost panela je primerljiva s podobnimi železnimi elementi, kar je do 40 let. V našem poskusu nismo imeli avtomatskega zalivanja in hidroponskega dodajanja hranil.

3.3.1 Temperature zraka in količina padavin v času merjenja na meteorološki postaji Kranj

Podatke za temperaturo zraka in količino padavin v Kranju smo dobili na spletni strani Agencije RS za okolje (ARSO, 2014). V času poskusa so zabeležili dve obdobji suše. Padavin ni bilo od 11. 6. 2013 do 22. 6. 2013 in od 28. 6. 2013 do 10. 7. 2013. Sredi junija (od 16. 6. 2013 do 21. 6. 2013) je Slovenijo zajel vročinski val (18. 6. 2013 je bila maksimalna dnevna temperatura 33,4 °C). V času poskusa so bili tudi močni nalivi npr. 11. 5. 2013 je padlo 58,2 mm padavin. Od 7. 5. 2013 do 18. 7. 2013 je bila skupna količina padavin 281 mm.

Preglednica 1: Prikaz maksimalnih in minimalnih temperatur zraka ter povprečnih temperatur zraka na meteorološki postaji Kranj v °C

Datum merjenja	Tmax	Tmin	povprečje
7.5.2013	21,2	12,6	16,9
21.5.2013	20,1	7,6	13,9
4.6.2013	18,0	10,3	14,2
18.6.2013	33,4	16,8	25,1
4.7.2013	27,6	14,6	21,1

Preglednica 2: Prikaz 24-urne količine padavin (mm), merjene na meteorološki postaji Kranj

Datum merjenja	24-urna količina padavin (mm)
7.5.2013	13,2
21.5.2013	5
4.6.2013	0,7
18.6.2013	0
4.7.2013	0,1

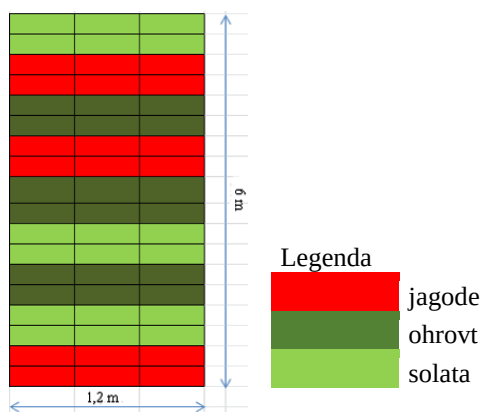
3.3.2 Postavitev nizke grede

Zemlja za nizko gredo je bila sestavljena iz 70 % vrtnje zemlje, 20 % komposta in 10 % vulkanskega plovca. Nizka greda je bila dolga 12 m, široka pa 1,20 m. Rastline smo sadili na sadilni razdalji 30×30 cm s 30 cm zamika od roba po dolžini in 50 cm zamika od roba po širini poskusnega polja. Nizko gredo smo razdelili na dva bloka (vsak dolg 6 m) s tremi ponovitvami.

3.3.3 Postavitev visoke grede

Substrat za visoko gredo je bil mešanica iz 60 % vrtnje zemlje, 20 % komposta, 10 % vulkanskega plovca in lave (60/40), 5 % bele šote in 5 % zeolita 0-5 mm. Spodnja plast visoke grede je bil drobljeni zeleni odpad, zgornjih 20 cm pa je bil humusni del.

Prav tako kot nizka greda je bila tudi visoka greda dolga 12 m, široka 1,20 m in visoka 50 cm. Postavljena je bila v smeri S-J. Rastline smo sadili na sadilni razdalji 30×30 cm s 30 cm zamika od roba po dolžini in 50 cm zamika od roba po širini poskusnega polja. Visoko gredo smo razdelili na dva bloka (vsak dolg 6 m) s po tremi ponovitvami (slika 1).

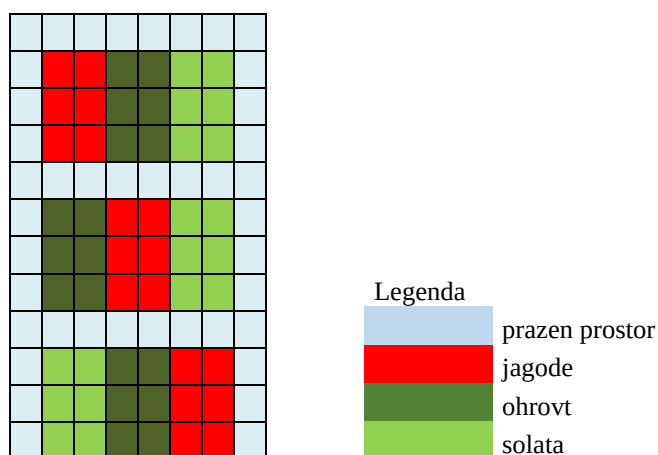


Slika 1: Prikaz zasaditve visoke grede

3.3.4 Postavitev zelene stene

Za poskus smo uporabili Soft wave panele. En panel standardnih dimenzij (157 cm širine in 66 cm višine) ima 32 sadilnih mest, zato smo združili po tri panele za en blok in po tri za drugega, tako da smo imeli dva bloka s tremi ponovitvami (slika 2).

Rastni medij za zeleno steno je bil sestavljen iz 60 % vulkanskega plovca (3-6 mm), 10 % ekspandirane gline (0-4 mm drobljena), 10 % agroperlita (0-6 mm), 10 % zelenega komposta (0-10 mm) in 10 % bele šote. Rastline smo po potrebi ročno zalivali.



Slika 2: Prikaz zasaditve na zeleni steni



Slika 3: Zelena stena s kontrolno ponovitvijo

3.3.5 Meritve

3.3.5.1 Merjenje parametrov vegetativne rasti in generativnega razvoja

Pri rastlinah smo spremljali vegetativno rast in razvoj. Merili smo višino rastlin, širino rastlin, prirast poganjkov v določenem časovnem intervalu, pri jagodah pa tudi število plodov in maso plodov.

Preden smo sadike posadili, smo 7. 5. 2013 prešteli število listov ter izmerili višino in širino sadik pri ohrovtu in solati, pri sadikah jagod pa tudi število plodov. Višino rastlin smo merili od začetka stebela oziroma listov do vrha rastline, ne glede na rast rastline (naravnost oz. poševno). Širino smo merili po najširšem delu listne rozete oziroma poganjkov pri jagodah. Meritve višine in širine smo opravili s tračnim merilom iz pločevine. Pri jagodah smo vsake 14 dni opazovali višino, širino in število plodov. Višino smo spremljali od 21. 5. 2013 do 18. 6. 2013, nato so se začele jagode z živicami razširjati v širino, zato ta podatek ni bil več smiseln. Število in maso plodov smo merili od 21. 5. 2013 do 4. 7. 2013 vsake 14 dni. Višino in širino solate in ohrovtu smo merili od 21. 5. 2013 do 18. 6. 2013. Število listov pri solati smo merili od 21. 5. 2013 do 4. 7. 2013. Pri ohrovtu pa smo meritev števila listov opravili še 18. 7. 2013, ko so se listi po prvem obiranju obrastli.

3.3.5.2 Merjenje sveže in suhe mase rastlin

Ko je solata dosegla tehnološko zrelost oziroma ko so se oblikovale glave (po osmih tednih od sajenja sadik v sistem), smo stehali svežo maso solate s koreninami in brez korenin ter iz vsake ponovitve izbrali tri rastline, ki smo jim določili tudi suho maso za preračun vode v rastlinah. Tako smo storili tudi z ohrovtom, le da smo pri ohrovtu izmerili še svežo in suho maso po prvem obiranju (44 dni po sajenju) in po prvem obraščanju (58 dni po sajenju oz. 14 dni po prvem obiranju). Suho maso rastlin smo določili tako, da smo jih v sušilnici nekaj dni sušili do suhega na 105 °C in nato predstavili v eksikator s katerim smo vzorce prenesli iz laboratorija, ne da bi se navzeli vlage iz okolja. Nato smo posebej stehali suho maso korenin in suho maso celotne rastline.

3.3.5.3 Merjenje temperature tal

Temperaturo tal smo pri vseh treh sistemih v več ponovitvah merili z živosrebrnim termometrom. Temperaturo tal smo vedno merili okoli dvanajste ure dopoldne. Ti podatki nam bodo lahko pomagali pri razlagi rasti in razvoja rastlin in nekaterih anomalij.

3.3.5.4 Merjenje vlage

Količino vlage v substratih smo spremljali s FDM metodo (frequency domain method), kjer smo senzor predhodno kalibrirali na določen tip tal z gravimetrično metodo.

3.3.5.4.1 Gravimetrično določanje vode v tleh

Gravimetrična metoda je najbolj zanesljiva meritev in se uporablja kot kalibrirani standard za vse ostale naprave. Pri natančnih odvzemih vzorcev izmerimo dejansko vsebnost vode v tleh, ki nas zanima. Metoda temelji na ločitvi vode iz substrata z izparevanjem, pri čemer nam ostane le suha frakcija. Vzorec v naravi vzamemo in stehtamo, nato ga damo za 24 ur v sušilnico na 105 °C. Na ta način dosežemo, da izhlapi vsa voda razen higroskopsko vezane vode. Ta voda pa za hortikulturno proizvodnjo ni pomembna, ker je ali zelo težko dostopna za rastline ali pa rastlinam sploh ni dostopna. Po sušenju vzorec ponovno stehtamo. Razlika v masi predstavlja vsebnost vode, ki se izraža v odstotkih mase ali prostornine (Zupanc in Pintar, 2001).

Od vsakega tipa tal smo na več naključno izbranih mestih vzeli vzorce, ki smo jih potem združili v povprečen vzorec. Za vsak tip substrata smo pripravili tri tipe vzorcev z različno količino vode v substratu: kontrola (brez namakanja v vodi), delno zasičen vzorec in zasičen vzorec. Lončke z vzorci smo v dveh ponovitvah na ta način pustili na suhem, pomočene v 1 L vode (lončki s substratom so bili v vodi potopljeni do polovice), zasičen vodni režim pa smo dosegli tako, da so bili lončki s substratom popolnoma potopljeni v vodo.

Lončke smo tako pustili stati en dan in jih nato stehtali ter izmerili vrednost s FDM aparaturo. Vzorce smo nato posušili na 105 °C iz svežega do absolutno suhega, ter vzorce ponovno stehtali. Iz razlik v masi mokrega in suhega vzorca smo izračunali dejansko vsebnost vode v vzorcu. Izdelali smo umeritveno krivuljo, ki kaže odvisnost gravimetrično določene vlage (%) in vlage, izmerjene s FDM metodo.

3.3.5.4.2 FDM (Frequency Domain Method-merjenje frekvence)

Dielektrični senzor je sestavljen iz para elektrod (krožni kovinski obroči), ki je povezan z oscilatorjem (vibrira pod določeno frekvenco). Ko je sonda vstavljena v tla ali v PVC (polivinilklorid) merilno cev, nameščeno v tleh, in jo aktiviramo s pomočjo radio frekvenc, sistem tla-voda-zrak okrog PVC cevi ustvari dielektričnost kondenzatorja, le-ta pa zaključí oscilatorni krog. Spremembe količine vode v tleh povzročijo premik-spremembo frekvence. Pri tej metodi je za zanesljivost meritve vsebnosti vode v tleh pomembno, da je stik med cevjo in prozornim sistemom dober (Zupanc in Pintar, 2001). FDM je operacijsko preprosta metoda. Vsebnost vode je lahko zanesljivo določena s kalibracijo in normalizacijo vsake meritve. Meritve se izvajajo s sondami najrazličnejših oblik. Sonde se lahko vstavljajo v cevi ali pa se kot samostojne vstavijo v tla (Zupanc in Pintar, 2001).

Posamezne sonde merijo vsebnost vode v tleh pri stalni frekvenci, ki se giblje od 38 do največ 150 MHz. Dejanska delovna frekvenca kapacitetnih sond je nižja od omenjene najvišje vrednosti. Z nižanjem frekvence se povečuje vpliv dielektrične konstante prevodnosti tal. To je razlog za občutljivost FD senzorjev na visoko električno prevodnost tal (slanost tal). Ker obstaja obratno sorazmerje med prevodnostjo in frekvenco, lahko z uporabo delovnih frekvenc med 100 in 150 MHz zmanjšamo vpliv nizke reakcije tal in slanosti talne raztopine na meritve vsebnosti vode v tleh (Starr in Paltineanu, 2002). Za poskus smo uporabili sondo delta-t SM200. SM200 meri vsebnost vlage v tleh na

posameznih lokacijah z vzorčenjem 0,5 l zemlje ali drugega rastnega substrata. Sonda je sestavljena iz plastičnega ogrodja premera 40 mm, ki je pritrjen na elektrodi. Sonda je opremljena z vodoodpornim priključkom, ki ga lahko povežemo s podaljški. Med opravljanjem meritev sta elektrodi vstavljeni neposredno v tla. Izhodni signal merilnika SM200 je enosmerni tok. Signal lahko pretvorimo v vsebnost vlage v zemlji z uporabo priložene tabele kalibracijskih vrednosti ali pa kalibracijo na določen tip tal opravimo sami. Ko SM200 priključimo na vir napajanja, oscilira s frekvenco 100 MHz. Vibracije se prenesejo na par elektrod iz nerjavečega jekla, ki v zemlji ustvarita elektromagnetno polje. Molekule vode v zemlji se zaradi visoke dielektrične konstante ≈ 81 (dielektrična konstanta zemlje ≈ 4 in zraka ≈ 1) v polju orientirajo in vplivajo na magnetno polje. Koncentracija vode tako vpliva na frekvenco oscilatorja - izhodni signal je električna napetost, ki jo lahko neposredno povežemo z vlažnostjo tal (slika 4) (User manual ..., 2006).



Slika 4: Sonda delta-t SM200-merjenje vlage v tleh na visoki gredi (21.5.2013)

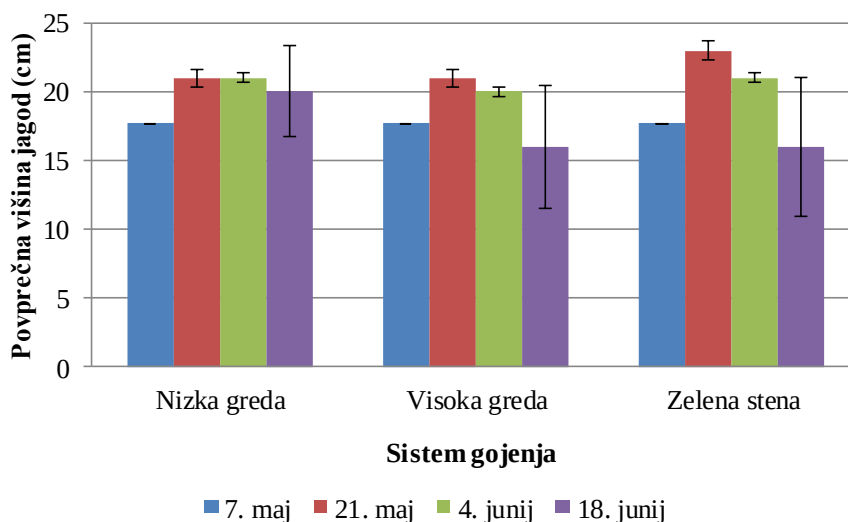
3.4 STATISTIČNA OBDELAVA PODATKOV

Vrednosti, ki smo jih dobili pri meritvah različnih parametrov, smo vnesli v bazo podatkov MS Excel in v tem programu podatke obdelali po metodah opisne statistike. Rezultate smo obdelali kot dvofaktorski poskus z rastlinsko vrsto in sistemom gojenja kot faktorjema. Statistične razlike smo ugotavljali s pomočjo analize variance Anova ter naredili preizkuse mnogoterih primerjav (Duncanov test). Povezavo med vlago, merjeno s FDM, (frequency domain method) in dejansko vlago v tleh, merjeno z gravimetrično metodo, smo ugotavljali s pomočjo regresijske analize. Tudi povezavo med svežo maso rastlin in vodo v rastlinah smo ugotavljali s pomočjo regresijske analize. Pri natančnejših testih smo uporabljali statistični program Statgraf Plus. Slike smo izdelali s programom MS Excel 2013.

4 REZULTATI

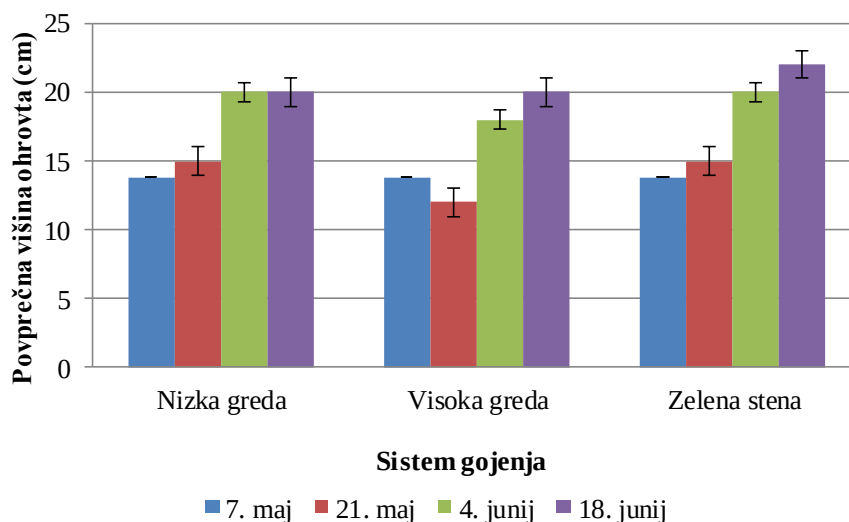
4.1 VIŠINA

Sadike jagod so bile na dan sajenja (7. maja) v povprečju visoke 17,7 cm. V 14 dneh od sajenja so v višino najbolj napredovale jagode na zeleni steni in sicer za 5,3 cm. Višina jagod na nizki in visoki gredi je bila 21. maja in 4. junija praktično enaka. Pri zadnjem merjenju opazimo, da so bile rastline v vseh sistemih v primerjavi s prejšnjim merjenjem krajše (slika 5).



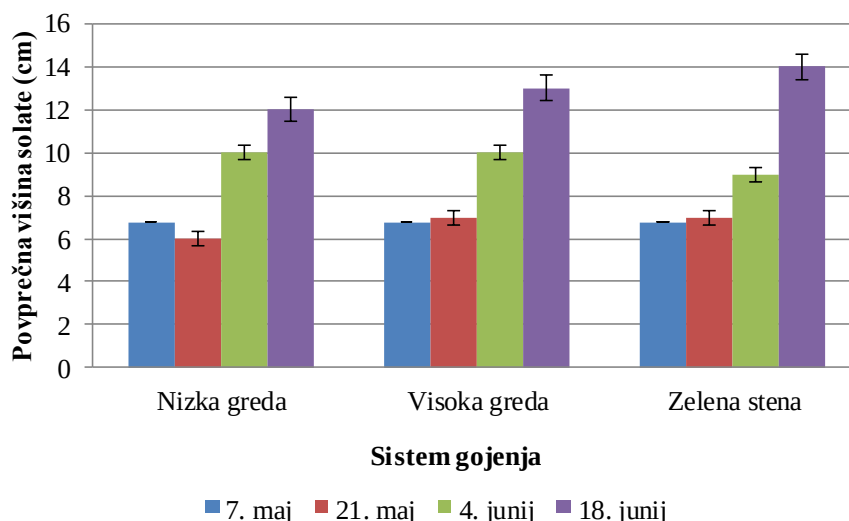
Slika 5: Povprečne višine jagod (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

7. maja smo sadili v povprečju 13,8 cm velike sadike ohrovta. V 14 dneh od sajenja so sadike na nizki gredi in zeleni steni v povprečju napredovale za 1,2 cm. Pri naslednjem merjenju 4. junija so sadike v vseh sistemih gojenja zrasle v višino, najbolj pa so zrasle na visoki gredi in sicer za 6 cm. Pri zadnjem merjenju je bila povprečna višina ohrovta na nizki gredi enaka kot pri prejšnji meritvi, 20 cm, na visoki gredi so rastline v višino zrasle za 2 cm, najbolj pa so zrasle rastline ohrovta na zeleni steni.



Slika 6: Povprečne višine rastlin ohrovta (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

Sadike solate so bile na dan sajenja v povprečju visoke 6,8 cm. Pri naslednjem merjenju se višina pri vseh treh sistemih skoraj ni spremenila (pri visoki gredi in zeleni steni so rastline v povprečju zrasle zgolj za 0,25 cm). Pri naslednjem merjenju 4. junija so v višino najbolj zrasle sadike na nizki gredi (za 4 cm), v ostalih sistemih pa nekoliko manj. Pri zadnjem merjenju so bile največje rastline na zeleni steni (14 cm), rastlinam na visoki gredi smo izmerili višino 13 cm, na nizki gredi pa 12 cm (slika 7).



Slika 7: Povprečne višine rastlin solate (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

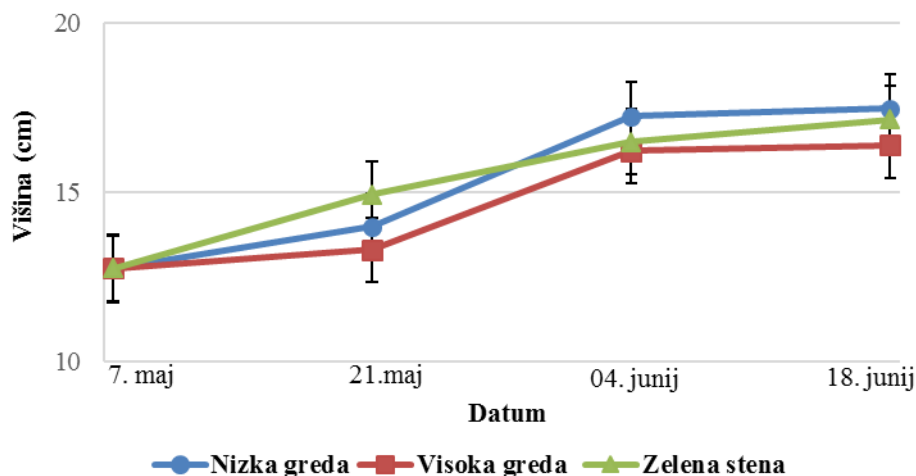
Statistično značilne razlike v višini rastlin smo ugotovili samo pri merjenju 21. maja (14 dni po sajenju). Jagode so bile takrat značilno večje od ostalih vrst, rastline solate pa

značilno najmanjše. Največje z 22,8 cm so bile jagode na zeleni steni, najmanjše, s 6,3 cm pa rastline solate na nizki gredi (preglednica 3).

Preglednica 3: Prikaz razlik med povprečno višino jagod, ohrovt in solate na treh različnih sistemih dne 21. 5. 2013 (14 dni po sajenju)

Rastlinska vrsta	Sistem gojenja	Višina (cm)
Jagoda	nizka greda	21,2 d
	visoka greda	20,8 d
	zelena stena	22,8 e
Ohrovt	nizka greda	14,5 c
	visoka greda	12,2 b
	zelena stena	15,4 c
Solata	nizka greda	6,3 a
	visoka greda	6,9 a
	zelena stena	6,7 a

Primerjava rasti rastlin med različnimi sistemi gojenja kaže veliko podobnost med sistemi. Največja je bila spomladi med 21. majem in 4. junijem, potem pa se je rast umirila (slika 8).

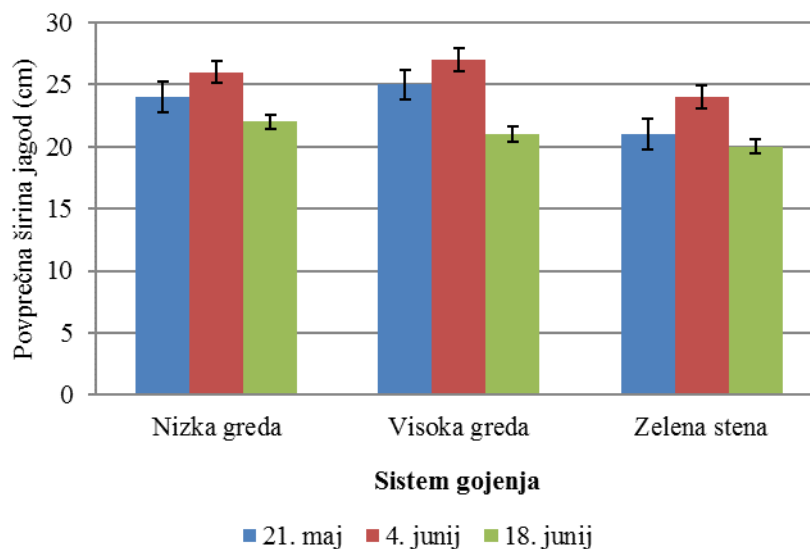


Slika 8: Prikaz povprečne višine rastlin (cm) in standardnih odklonov na treh različnih sistemih po datumih meritev v rastni dobi 2013

4.2 ŠIRINA

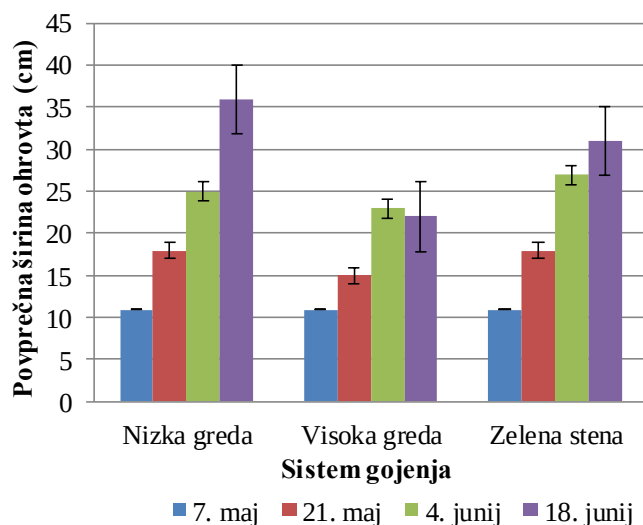
21. maja so bile rastline jagod s 25 cm v povprečju najširše na visoki gredi, najožje z 21 cm pa na zeleni steni. Pri naslednjem merjenju, 4. junija so rastline jagod od prejšnjega merjenja na zeleni steni napredovale za 3 cm, na visoki in nizki gredi pa za 2 cm. 18. junija

so bile najširše rastline jagod na nizki gredi (22 cm), sledile so rastline jagode na visoki gredi (21 cm) in rastline na zeleni steni z 20 cm (slika 9).



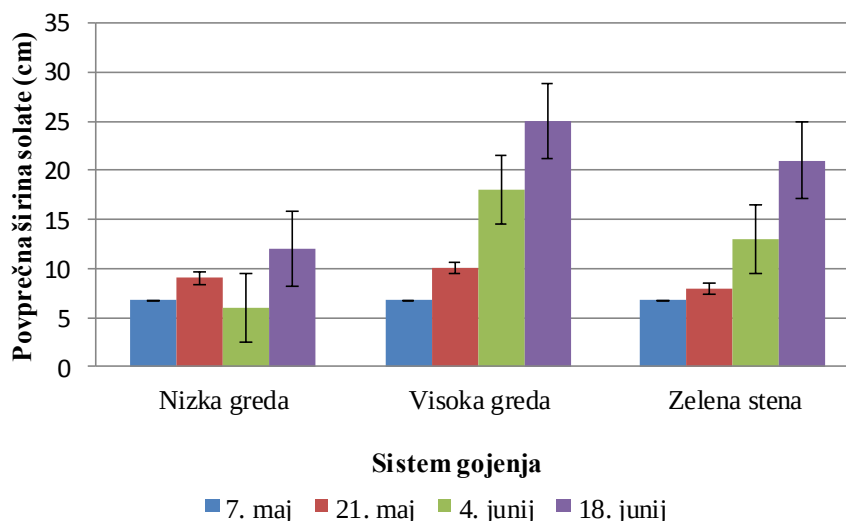
Slika 9: Povprečna širina rastlin jagod (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

Na dan sajenja v sistem so sadike ohrovtva v povprečju v širino merile 10,9 cm. Na zeleni steni in visoki gredi so pri naslednjem merjenju v povprečju v širino napredovale za 7,1 cm, na visoki gredi pa za 4,1 cm. Čez 14 dni so od prejšnje meritve najbolj napredovale sadike na zeleni steni in sicer za 9 cm, sledijo jim sadike na visoki gredi, najmanj pa so v širino napredovale sadike na nizki gredi (7 cm več od prejšnje meritve). Pri zadnjem merjenju so v širino največ merile sadike na nizki gredi (v povprečju 36 cm), najmanj pa sadike na visoki gredi z 22 cm (slika 10).



Slika 10 : Povprečna širina rastlin ohrovt (cm) s standardnimi odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

Preden smo sadike solate posadili v sisteme, so v povprečju v širino merile 6,8 cm. Pri naslednjem merjenju so v širino najbolj napredovale rastline na visoki gredi (za 3,3 cm). Čez 14 dni smo na visoki gredi izmerili v povprečju za 8 cm širše rastline, na zeleni steni pa za 5 cm širše rastline. Pri zadnjem merjenju so bile najširše rastline solate na visoki gredi, 25 cm, sledile so jim rastline na zeleni steni z 21 cm in na nizki gredi z 12 cm (slika 11).



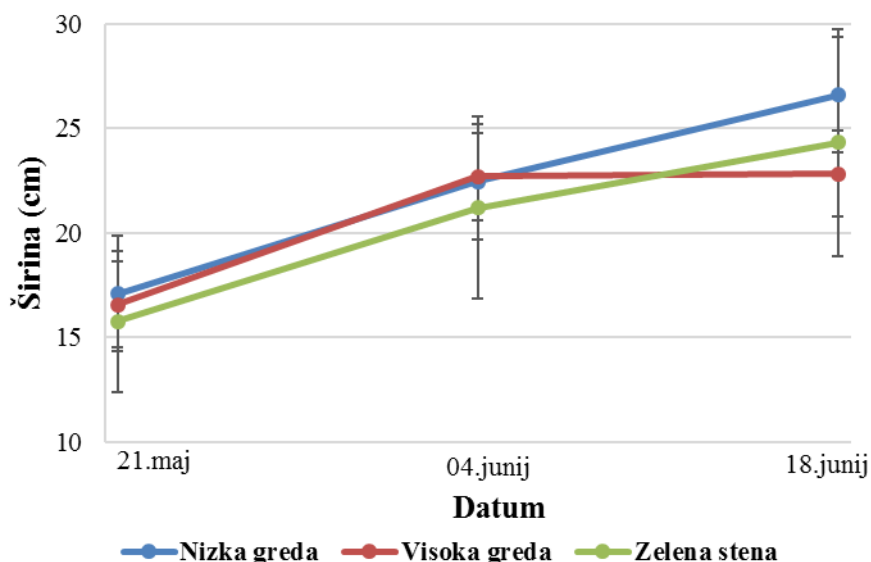
Slika 11: Povprečna širina rastlin solate (cm) in standardni odkloni v treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

Statistično značilne razlike med variantami glede širine rastlin smo izmerili samo 21. maja 2013. Najširše so bile rastline jagod na visoki gredi s 24,9 cm in samo za 0,5 cm krajše jagode na nizki gredi. Jagode na zeleni steni so bile značilno ožje. Rastline ohrovt so bile značilno najširše na nizki gredi in zeleni steni, sadike solate pa so bile ne glede na sistem gojenja značilno najožje (preglednica 4).

Preglednica 4: Povprečna širina rastlin jagod, ohrovt in solate v treh različnih sistemih gojenja 21. 5. 2013

Rastlinska vrsta	Sistem gojenja	Širina (cm)
Jagoda	nizka greda	24,4 e
	visoka greda	24,9 e
	zeleni stena	21,5 d
Ohrovt	nizka greda	18,2 c
	visoka greda	15 b
	zeleni stena	17,6 c
Solata	nizka greda	8,7 a
	visoka greda	9,8 a
	zeleni stena	8,3 a

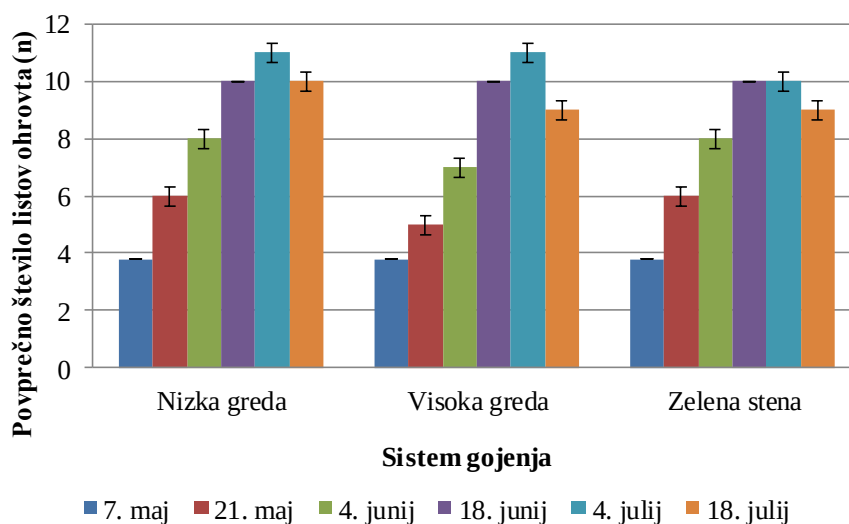
Rastline so z rastjo v širino od 21. 5. 2013 do 4. 6. 2013 enakomerno napredovale na vseh treh sistemih. Tudi od 4. 6. 2013 do 18. 6. 2013 je rast lepo napredovala pri zeleni steni in nizki gredi, pri visoki gredi pa je v tem obdobju stagnirala oziroma smo izmerili skoraj isto širino, kar je razvidno iz slike 12.



Slika 12: Prikaz povprečne širine rastlin (cm) in standardnih odklonov po datumih merjenja na treh sistemih gojenja v rastni dobi 2013

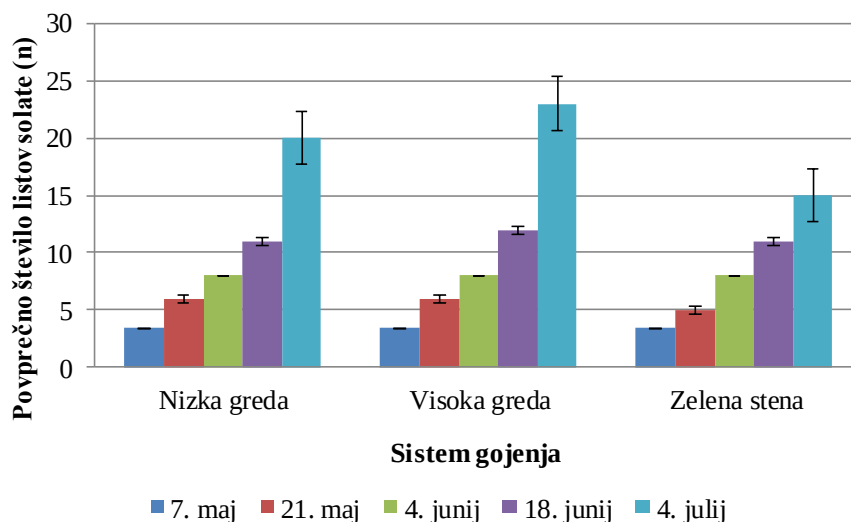
4.3 ŠTEVILO LISTOV

Preden smo sadike ohrovta posadili, so imele v povprečju 3,8 lista na rastlino. 18. 6. 2013 oz. 14 dni pred prvim obiranjem smo pri vseh sistemih našli enako število listov (10 listov). Ko je ohrovt dosegel tehnološko zrelost, smo na visoki in nizki gredi v povprečju našli 11 listov, na zeleni steni pa je ostala enaka vrednost od prejšnjega merjenja. Ohrovt se je po prvem obiranju lepo obrasel, na visoki gredi in zeleni steni smo našli 9 listov, na nizki gredi pa 10 listov (slika 13).



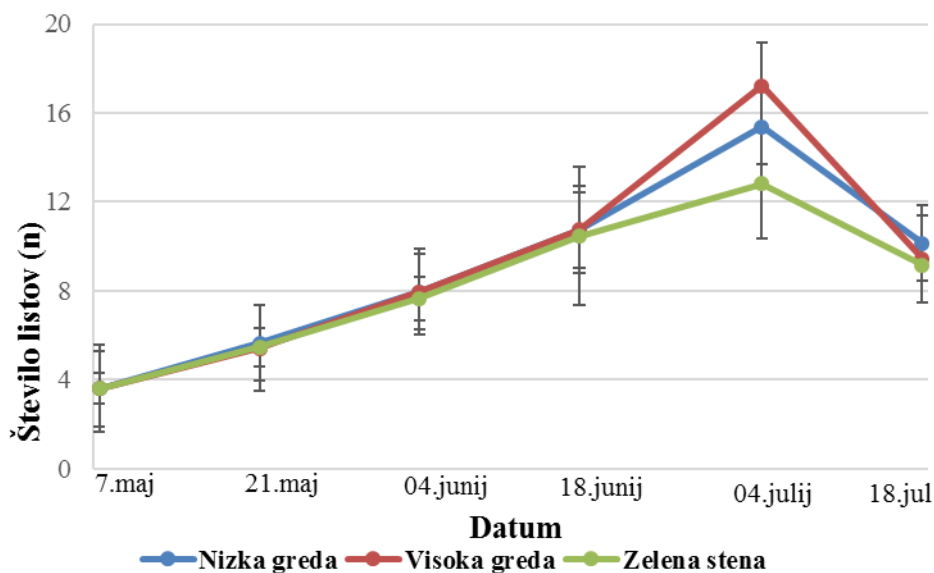
Slika 13: Povprečno število listov ohrovta (n) s standardnimi odkloni pri treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

Sadik solate so imele pred sajenjem v sistem v povprečju 3,4 liste na rastlino. Podobno kot pri ohrovu število listov enakomerno narašča v vseh treh sistemih. Četrtega junija v vseh treh sistemih v povprečju naštejemo enako število listov (8 listov). Čez 14 dni na nizki gredi in zeleni steni preštejemo 11 listov na rastlino, na visoki gredi pa 12 listov na rastlino. Ko je solata 4. 7. 2013 dosegla tehnološko zrelost, smo največ listov prešteli na visoki gredi (23 listov na rastlino). Na nizki gredi smo prešteli 20 listov na rastlino, najmanj listov in sicer 15 listov na rastlino pa smo prešteli na zeleni steni (slika 14).



Slika 14: Povprečno število listov solate (n) s standardnimi odkloni pri treh različnih sistemih gojenja v rastni dobi 2013

Na vseh treh sistemih smo od 21. 5. 2013 do 18. 6. 2013 našli skoraj enako število listov, ki je pri vseh sistemih tudi podobno enakomerno napredovalo. Od 18. 6. 2013 do 4. 7. 2013, ko sta solata in ohrovt dosegla tehnološko zrelost, smo opazili intenzivnejši porast števila listov pri vseh sistemih, najbolj na visoki gredi in najmanj na zeleni steni. Ohrovt se je čez 14 dni po prvem obiranju pri vseh načini gojenja podobno uspešno obrastel (slika 15).



Slika 15: Povprečno število listov solate in ohrovt (n) s standardnimi odkloni na treh različnih sistemih v rastni dobi 2013 (meritev 18. 7. 2013 samo ohrovt)

4.4 ŠTEVILO PLODOV IN POVPREČNA MASA PLODOV JAGOD

21. 5. 2013 smo na nizki gredi prešteli dve jagodi s povprečno maso 8,8 g, pri drugih sistemih pa jagod ni bilo. Čez 14 dni smo na nizki gredi prešteli 14 plodov s povprečno maso 10,7 g, na visoki gredi 7 plodov s povprečno maso 9,8 g, na zeleni steni pa osem plodov s povprečno maso 6,9 g. 18. 6. 2013 smo največ plodov prešteli na visoki gredi (25 plodov) s povprečno maso 9,2 g na plod. Najmanj plodov smo prešteli na zeleni steni, 18 plodov, ki so imeli tudi najmanjšo povprečno maso od vseh sistemov (5,8 g na plod) (preglednica 5).

Preglednica 5 : Prikaz števila plodov (n) in povprečne mase plodov jagod (g) na nizki gredi, visoki gredi in zeleni steni

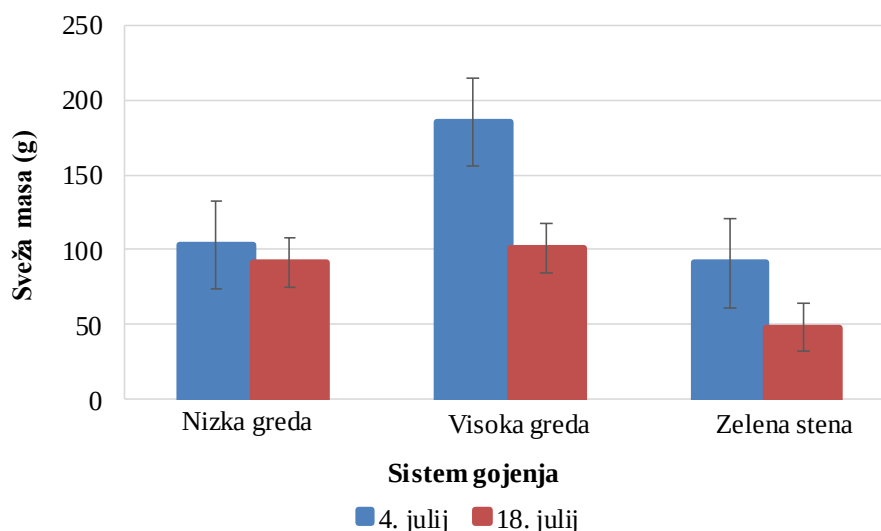
Datum	Sistem gojenja	Število plodov (n)	Masa plodov (g)
21. maj	Nizka greda	2	8,8
	Visoka greda	0	0
	Zelena stena	0	0
4. junij	Nizka greda	14	10,7
	Visoka greda	7	9,8
	Zelena stena	8	6,9
18. junij	Nizka greda	19	9,2
	Visoka greda	25	9,2
	Zelena stena	18	5,8



Slika 16: Jagode na vseh treh sistemih 18. 6. 2013

4.5 SVEŽA IN SUHA MASA

V tehnološki zrelosti solate in ohrovtu 4. 7. 2013 so bile najtežje rastline na visoki gredi, najmanj pa so tehtale rastline ohrovtu in solate na zeleni steni. Ohrovt se je najbolj obrasel na visoki gredi, podobno na nizki gredi, najslabše pa na zeleni steni (slika 17).



Slika 17: Povprečna sveža masa rastlin solate in ohrovtu (g) s standardnimi odkloni, 2013

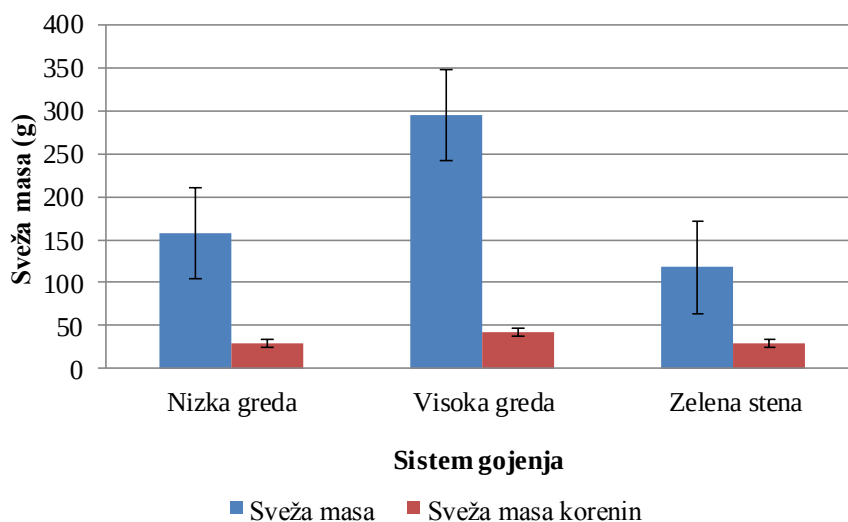
Ob dosegu tehnološke zrelosti pri solati in ohrovtu so bile najtežje rastline solate na visoki gredi z 294,89 g. Rastline solate so bile v vseh treh sistemih statistično značilno težje od rastlin ohrovtu. Pri ohrovtu so bile prav tako najtežje rastline posajene na visoki gredi z 75 g (preglednica 6).

Preglednica 6: Sveža masa ohrovtu in solate (g) v treh različnih sistemih gojenja dne 4. 7. 2013

Rastlinska vrsta	Sistem gojenja	Sveža masa (g)
Ohrovt	nizka greda	48,7 a
	visoka greda	75 a
	zelena stena	63,8 a
Solata	nizka greda	157,5 c
	visoka greda	294,89 d
	zelena stena	117,87 b

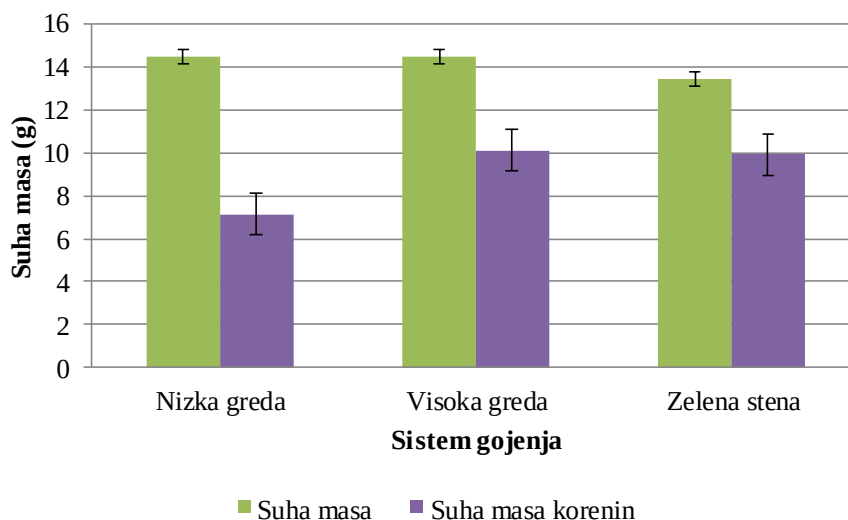
V tehnološki zrelosti so v povprečju največ tehtale glave solate na visoki gredi (294,89 g), najmanj pa na zeleni steni (117,87 g). Pri tehtanju sveže mase korenin smo ugotovili, da so bile najtežje korenine na visoki gredi (42,83 g), najlažje korenine pa pri nizki gredi (28,95 g).

Korenine so na zeleni steni pri solati predstavljale 24,8 % celotne sveže mase rastline, kar je največ od vseh sistemov. Na nizki gredi so korenine predstavljale 18,3 % celotne sveže mase, na visoki gredi pa le 14,5 %.



Slika 18: Prikaz sveže mase celotne rastline solate in sveže mase korenin solate (g) ter standardnih odklonov v tehnološki zrelosti, 2013

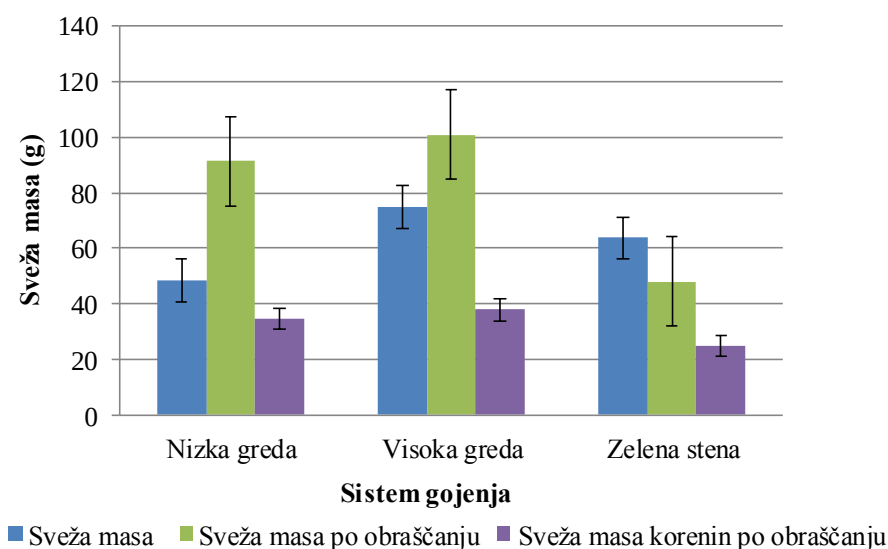
Povprečna suha masa solate, ki je zrastle na nizki gredi, je bila 14,49 g, na visoki gredi 14,43 g, na zeleni steni pa 13,46 g. Od tega so korenine na zeleni steni predstavljale kar 73,7 % celotne suhe mase. Pri visoki gredi so korenine predstavljale 70,1 % celotne suhe mase, pri nizki gredi pa najmanj in sicer 49,1 % (slika 19).



Slika 19: Prikaz suhe mase solate, suhe mase korenin solate (g) in standardnih odklonov v tehnološki zrelosti, 2013

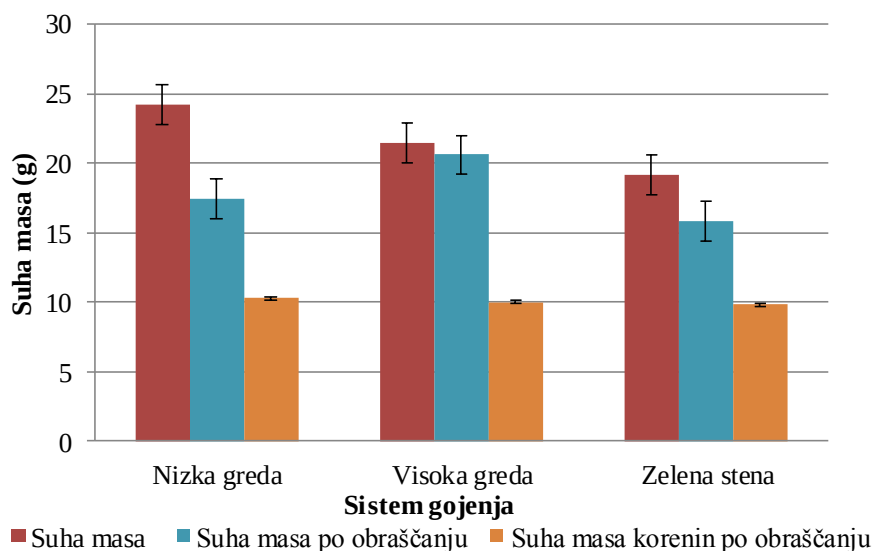
Ob prvem obiranju, 4. julija so v povprečju največ tehtale rastline ohrovta na visoki gredi, 75,01 g, najmanj pa na nizki gredi, 48,7 g. Na zeleni steni je ohrovt v tehnološki zrelosti v povprečju tehtal 63,82 g.

Po obraščanju ohrovta je bila povprečna sveža masa na visoki gredi kar enkrat večja od povprečne sveže mase na zeleni steni. Na visoki gredi smo natehtali 101,1 g, na nizki gredi 91,4 g, na zeleni steni pa je bila povprečna masa rastlin ohrovta 48,1 g. Podatki o sveži masi pred in po obraščanju ohrovta kažejo, da se je ohrovt najbolj obrastel na nizki gredi, saj je bila sveža masa po obraščanju za 42,7 g večja kot pred tem, tudi pri visoki gredi smo po obraščanju natehtali za 26,1 g večjo maso, le na zeleni steni je bila masa po obraščanju za 15,9 g manjša kot pred tem (slika 20).



Slika 20: Povprečne sveže mase celotne rastline ohrovta in korenin ohrovta (g) ob prvem obiranju in po obraščanju ter standardni odkloni v treh različnih sistemih gojenja leta 2013

Če gledamo podatke o suhi masi ohrovta, smo največjo maso sušine natehtali na nizki gredi (24,22 g), na visoki smo natehtali 2,75 g manj, najmanj pa smo natehtali na zeleni steni in sicer 19,18 g. Po prvem obiranju so si glede na podatke o suhi masi najbolj opomogle rastline ohrovta na visoki gredi, kjer smo v povprečju natehtali le 0,85 g manjšo suho maso kot v tehnološki zrelosti pred obiranjem, najslabše pa so se obrasle rastline na nizki gredi, kjer je bila suha masa po obraščanju manjša za 6,77 g. Na zeleni steni smo natehtali 3,33 manjšo suho maso kot pred prvim obiranjem. Suha masa korenin po obraščanju je bila pri vseh meritvah zelo podobna. Korenine na zeleni steni predstavljajo od vseh sistemov največji delež glede na celotno rastlino pri zeleni steni (61,83 %), najmanjši delež glede na celotno suho maso rastline pa predstavljajo korenine na visoki gredi (48,5 %). Na nizki gredi korenine predstavljajo 58,91 % celotne suhe mase ohrovta (slika 21).



Slika 21 : Povprečne suhe mase celotne rastline ohrovta in korenin ohrovta (g) pri prvem obiranju in po obraščanju ter standardni odkloni v treh različnih sistemih gojenja leta 2013

4.6 MASA VODE IN DELEŽ VODE GLEDE NA MASO V RASTLINAH

V povprečju so največ vode vsebovale rastline solate na visoki gredi (95,11 %), na nizki gredi so rastline solate v povprečju vsebovale 4,31 % manj vlage kot na visoki gredi, najmanj vode pa so vsebovale rastline na zeleni steni (88,58 %).

Preglednica 7 : Masa vode (g) in delež vode (%) v sveži masi solate, 2013

Sistem gojenja	Masa vode (g)	Delež vode (%)
nizka greda	142,96	90,80
visoka greda	280,46	95,11
zelena stena	104,41	88,58

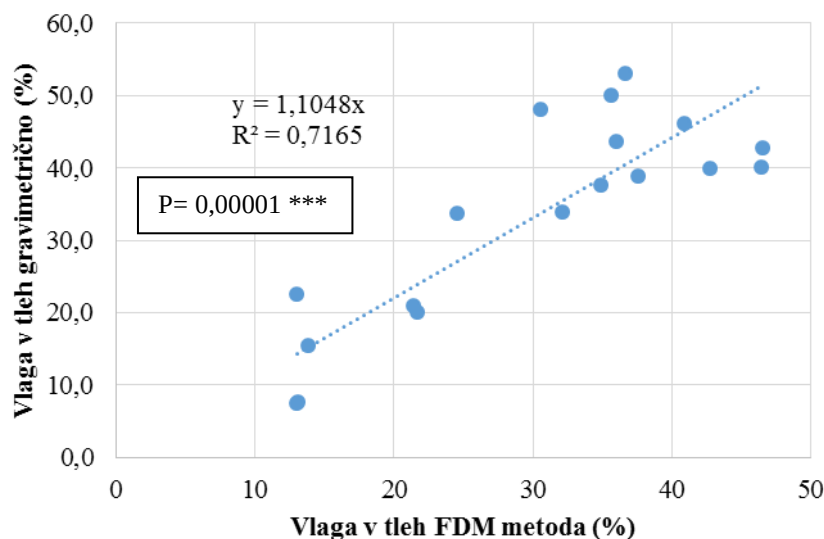
Največ vode so 4. 7. 2013 ob dosegu tehnološke zrelosti vsebovale rastline ohrovta na visoki gredi (71,38 %) in zeleni steni (69,95 %), najmanj pa rastline na nizki gredi (50,24 %). Po obraščanju ohrovta 18. 7. 2013 so največ vode vsebovale rastline na nizki gredi (80,90 %), podobno na visoki gredi 79,60 %, najmanj vode pa so vsebovale rastline ohrovta na zeleni steni (67,07 %) kar je razvidno iz preglednice 8.

Preglednica 8: Masa vode (g) in delež vode (%) v rastlinah ohrovta v tehnološki zrelosti (prvo pobiranje) in po obraščanju, 2013

Sistem gojenja	Tehnološka zrelost (prvo pobiranje)		Po obraščanju	
	Masa vode (g)	Delež vode (%)	Masa vode (g)	Delež vode (%)
nizka greda	24,45	50,24	73,93	80,90
visoka greda	53,54	71,38	80,44	79,60
zelena stena	44,64	69,95	32,28	67,07

4.7 USPEŠNOST MERJENJA VLAGE S FDM METODO

Ker nas je zanimalo, kakšna je povezava med podatki za % vlage v tleh, pridobljenimi z gravimetrično metodo, in podatki, ki smo jih dobili z merjenjem s FDR aparaturο, smo za te podatke naredili graf korelacije in ugotovili, da je povezava kar tesna (R^2 je 0,7165), kar pomeni, da je FDM metoda dober način za ocenjevanje količine vlage v tleh.

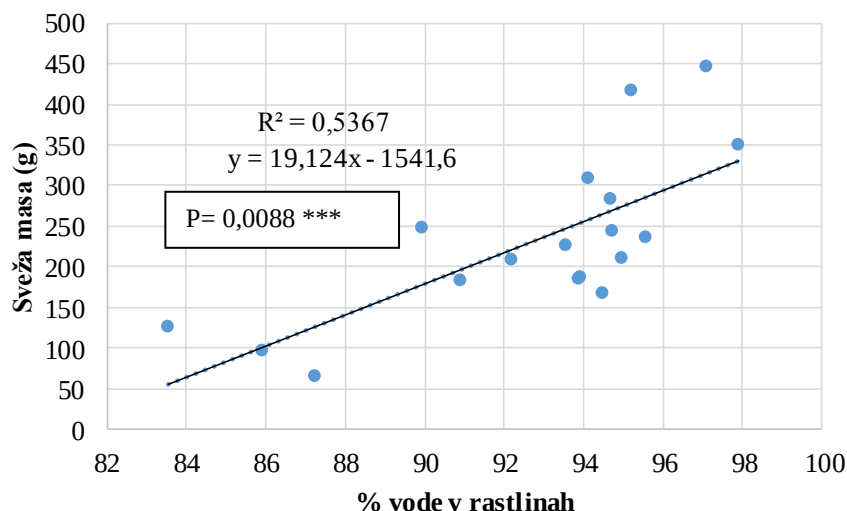


Slika 22: Prikaz korelacije med vlago v tleh, merjeno s FDM metodo, in vlago, izmerjeno z gravimetrično metodo

Tudi na podlagi Pearsonovega koeficienta korelacije smo zasledili pozitivno povezavo (0,848) med vlago v tleh, merjeno z gravimetrično metodo, in vlago, merjeno z FDM metodo. Regresija je statistično značilna pri 99 % verjetnosti ($P = 0,00001$).

4.8 POVEZANOST SVEŽE MASE RASTLIN IN % VODE V RASTLINAH

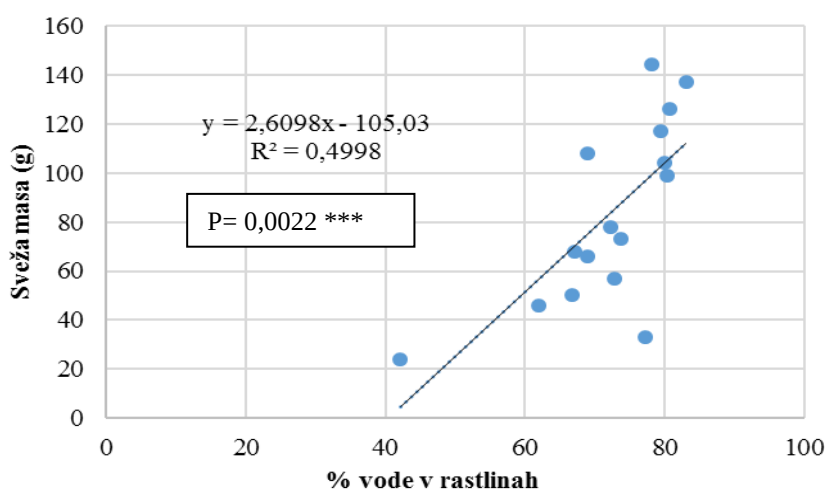
Iz slike 23 in enačbe premice vidimo, da sta spremenljivki sveža masa rastlin solate in % vode v rastlinah povezani (R^2 je 0,5367).



Slika 23: Prikaz korelacije med svežo maso in % vode v rastlinah solate

Tudi na podlagi Pearsonovega koeficienta korelacije ugotovimo pozitivno povezavo med svežo maso in % vode v rastlinah solate (0,732). Regresija je statistično značilna pri 99 % zaupanju ($P=0,0088$).

Tudi pri ohrovtu smo ugotovili pozitivno povezavo med svežo maso rastlin ohrovt in % vode v rastlinah (R^2 je 0,4998).



Slika 24: Prikaz korelacije med svežo maso in % vode v rastlinah ohrovt

Tudi na podlagi Pearsonovega koeficienta korelacije sta spremenljivki pozitivno povezani oziroma je sveža masa rastlin ohrovt odvisna od % vode v rastlinah (0,706). Regresija je statistično značilna pri 99 % verjetnosti ($P=0,0022$).

4.9 VLAGA NA STENI

Vlaga po steni ves čas niha, ko se premikamo po steni navzdol (naraste, pade, naraste, se zmanjša, spet naraste). V povprečju je bilo 21. 5. 2013 na prvi posaditvi v spodnjem predelu stene 8,79 % več vlage kot v zgornjem predelu stene. Na ponovitvi zelene stene je bilo 21. 5. 2013 v spodnjem predelu stene 5,43 % več vlage kot v zgornjem predelu. 4. 6. 2013 je bilo na prvi posaditvi v spodnjem predelu stene 5,25 % več vlage kot v zgornjem predelu stene. V povprečju je bilo na ponovitvi stene 4. 6. 2013 v spodnjem predelu stene 10,01 % več vlage kot v zgornjem predelu stene. 18. 6. 2013 v spodnjem predelu stene 8,27 % več vlage kot v zgornjem. 18. 6. 2013 je bilo v spodnjem je bilo predelu stene 3,66 % več vlage kot v zgornjem predelu stene. Iz preglednice 9, v kateri so združene prve posaditve in ponovitve po datumih, je razvidno, da vlaga po steni niha.

Preglednica 9: Spremembe vlage (%) v substratu na zeleni steni v smeri od vrha navzdol

	21. maj	04. junij	18. junij
Vrh zelene stene	26,91	45,31	23,16
	37,79	52,28	24,86
	22,83	50,49	24,91
	42,16	69,02	25,96
	21,59	54,34	26,24
Dno zelene stene	34,02	52,94	29,13

4.10 ŠTEVILO PROPADLIH RASTLIN

Na visoki gredi v osmih tednih od sajenja ni propadla nobena rastlina. Na nizki gredi je v osmih tednih propadla ena sadika jagode od 36 rastlin. Na zeleni steni je propadlo največ rastlin. 5,6 % rastlin (dve rastlini ohrovta) je propadlo v prvih 14 dneh od sajenja, dve rastlini ohrovta pa po 4 tednih. 13,9 % rastlin (pet rastlin solate) je na zeleni steni propadlo v prvih 14 dneh od sajenja.

Preglednica 10: Število propadlih rastlin (%) v tednih po sajenju glede na različne sisteme gojenja, 2013

Sistem gojenja	2 tedna	4 tedni	6 tednov	8 tednov
Nizka greda	0	0	0	2,8
Visoka greda	0	0	0	0
Zelena stena	19,4	11,1	0	0

4.11 TEMPERATURA TAL

Na nizki gredi smo v povprečju pri skoraj vseh merjenjih izmerili najnižjo temperaturo tal, samo pri zeleni steni smo pri dveh datumih izmerili nižjo temperaturo od temperature na nizki gredi. 21. 5. 2013 je bila najvišja temperatura tal na zeleni steni (22,4 °C), ob naslednjem merjenju pa na visoki gredi (18,8 °C). 18. 7. 2013 je bila najvišja temperatura tal na zeleni steni (29,3 °C), 4. 7. 2013 pa na visoki gredi (26 °C). Ob zadnjem merjenju je bila najvišja temperatura tal na zeleni steni in sicer 28 °C.

Preglednica 11: Prikaz temperature tal (°C) na treh različnih sistemih po datumih v obdobju 2013

Datum/Sistem	Nizka greda	Visoka greda	Zelena stena
21. maj	17,5	18,8	22,4
4. junij	18	18,8	17,5
18. junij	27,1	28	29,3
4. julij	25	26	24,8
18. julij	24	25	28

5 RAZPRAVA IN SKLEPI

5.1 RAZPRAVA

Pri meritvah višine rastlin smo ugotovili, da so se jagode po določenem času v sistemu začele v višino zmanjševati, saj so se začele razraščati z živicami, zato nadaljnje meritve višine jagod niso bile več smiselne. Ohrovt je v višino večinoma enakomerno napredoval. Pri zadnjem merjenju je v višino največ meril ohrovt na zeleni steni, samo malo manj pa je zrasel ohrovt na nizki in visoki gredi. Tudi pri solati so v višino v povprečju največ merile rastline solate na zeleni steni, najmanj pa rastline na nizki gredi. Rastlinam na zeleni steni očitno nekoliko neobičajen, vertikalni način rasti ustreza, kar je verjetno predvsem povezano z osvetlitvijo.

Osvetlitev rastlin na zelenih stenah je drugačna kot pri tistih, ki jih gojimo na običajen način. Predvsem spomladi so rastline na zelenih stenah bolj osončene kot pri konvencionalnih načinih gojenja, ker jih sonce osvetljuje bolj pravokotno, poleti pa te rastline na stenah trpijo manj vročine kot rastline, posajene na ravnem, ker na stenah rastline niso pravokotno osvetljene, kot je to primer na gredah, kjer so bile rastline bolj direktno osvetljene, morda celo preveč. Primerna osvetlitev rastlin pospešuje razraščanje, rastline so primerno trdne in lepo obarvane, pospešena je tvorba cvetov in plodov, nastajajo aromatične snovi (Šegula, 2009).

Rast v širino je pri vseh sistemih dokaj enakomerno naraščala. Pri zadnjem merjenju so v širino največ merile rastline ohrovta na nizki gredi, najmanj pa na visoki gredi. Pri solati je bilo ravno obratno. Na sliki, kjer je prikazana rast rastlin po terminih merjenja izgleda kot, da se rast v širino na koncu pri visoki gredi zmanjša, vendar je to zaradi jagod, ki se razraščajo z živicami. Pri jagodah smo zato pričakovali širše rastline, vendar je iz slike razvidno, da se v širino celo krajšajo, kar lahko pripišemo napakam pri merjenju. Če graf časovnega prikaza rasti v širino razčlenimo na posamezne rastline, vidimo, da sta ohrovt in solata ves čas lepo napredovala.

Pričakovali bi, da bodo najširše rastline pri visoki in nizki gredi, kjer imajo rastline nekoliko več prostora kot pri zeleni steni, vendar tega glede na rezultate ne moremo trditi, saj so bile vrednosti širine rastlin pri solati in ohrovtu vedno na sredini med visoko in nizko gredo, iz česar lahko sklepamo, da tudi pri rasti v širino zaradi vertikalne rasti ni bilo slabših rezultatov (Osvold in Osvold Kogoj, 2005).

Število listov je do tehnološke zrelosti solate in ohrovta enakomerno naraščalo. V tehnološki zrelosti listnatega ohrovta smo največ listov našli na visoki in nizki gredi. Tudi pri solati smo največ listov našli na visoki in nizki gredi. Glede na število listov v tehnološki zrelosti se je najbolj obneslo gojenje ohrovta na nizki in visoki gredi, po obračunu so imele rastline ohrovta na nizki gredi in zeleni steni v povprečju 1 list manj, na visoki gredi pa dva lista manj, vendar med sistemi po številu listov ni prihajalo do večjih razlik. Nekoliko boljše rezultate na nizki in visoki gredi lahko pripišemo vodnemu stresu, ki so ga doživele rastline na zeleni steni, saj v nekaterih primerih rastline zaradi pomankanja vode začnejo zmanjševati listno površino s prisilnim odmetavanjem listja (Osvold in Osvold Kogoj, 2005). Na splošno so najbolj uspevale rastline na visoki gredi. Iz

literature (Januš, 2013) smo ugotovili, da zaradi strukture visoke grede rastlinam ne manjka vlage, zato razvijejo močne in dolge korenine. Voda zaradi drenažnega sistema tudi ne more zastajati in se lepo razporeja po gredi.

Na svežo maso vplivajo trenutne vremenske razmere, zato je podatek o suhi masi rastlin veliko bolj natančen, vendar se moramo zavedati, da se tehnološka zrelost rastlin meri po sveži masi in ne suhi, svežo maso pa na koncu tudi plačamo oziroma pridelek glede na svežo maso prodamo. Pri solati smo v tehnološki zrelosti največjo svežo maso natehtali pri visoki gredi, najmanj pa so tehtale rastline na zeleni steni. Tudi pri ohrovtu so bile najtežje rastline na visoki gredi, najmanj pa so tehtale rastline na nizki gredi. Razlike v sveži masi pri ohrovtu so bile veliko večje kot razlike pri solati, pri kateri z Duncanovim testom v tehnološki zrelosti ni bilo statistično značilnih razlik.

Sveža masa solate na visoki gredi je bila v tehnološki zrelosti 177,02 g večja od sveže mase na zeleni steni. Tudi sveža masa korenin na visoki gredi je za 13,59 g večja od sveže mase korenin na zeleni steni. Zanimivo pa je, da sveža masa korenin pri solati na zeleni steni predstavlja kar 24,81 % celotne sveže mase rastline, kar je največ od vseh sistemov. Na nizki gredi korenine predstavljajo 18,3 % celotne sveže mase rastlin. Pri visoki gredi korenine predstavljajo najmanjši delež glede na celotno svežo maso rastline (14,5 %).

Največjo suho maso solate smo stehtali na nizki gredi (14,49 g), skoraj isto maso na visoki gredi (14,43 g), na zeleni steni pa smo stehtali najmanjšo maso (13,46 g). Razlike v suhi masi so seveda veliko manjše kot pri sveži masi, a tudi tu korenine predstavljajo pri zeleni steni največji delež celotne suhe mase rastline in sicer kar 73,7 %, najmanjši delež pa predstavljajo korenine na nizki gredi in sicer 49,14 %. Največjo suho maso korenin smo stehtali na visoki gredi (10,11 g), najmanjšo na nizki gredi (7,12 g).

Ob prvem obiranju ohrovta so v povprečju največ tehtale rastline ohrovta na visoki gredi tako kot pri solati, najmanj pa na nizki gredi. Največ so tehtale korenine na visoki gredi, najmanj pa na zeleni steni. Sveža masa ohrovta na nizki gredi je bila po obraščanju za 42,7 g večja kot pri prvem obiranju, tudi pri visoki gredi smo natehtali 26,1 g večjo maso, le na zeleni steni so rastline po obraščanju v povprečju tehtale 15,9 g manj kot pred prvim obiranjem.

Največjo maso sušine smo natehtali na nizki gredi (24,22 g), 2,75 g manj smo natehtali na visoki gredi, najmanj pa je tehtala sušina na zeleni steni in sicer 19,18 g. Suha masa korenin po obraščanju je pri vseh meritvah zelo podobna. Korenine na zeleni steni predstavljajo od vseh sistemov največji delež glede na celotno suho rastlino pri zeleni steni (61,83 %), kjer korenine tehtajo najmanj tako kot pri solati, najmanjši delež glede na celotno suho maso rastline pa predstavljajo korenine na visoki gredi (48,5 %).

Sistem gojenja rastlin na zelenih stenah bo potrebno optimizirati. Ena možnost je vključitev avtomatskega sistema za zalivanje, kjer do takega pomanjkanja ne bi prihajalo.

Med občutljivimi fiziološkimi procesi pri sušnem stresu so spremembe v celični rasti, izgradnji celične stene, sintezi proteinov, ipd. Rastline se na nizek vodni potencial prilagodijo z vzdrževanjem potencialnega turgorja, kar pomeni zmanjšanje celičnega

volumna (Vodnik, 2010). Tudi to je razlog, da smo pri rastlinah, ki so rasle v stresnih razmerah (zeleni stena) zaradi neenakomernega razporejanja vode, ugotovili manjšo svežo in suho maso rastlin.

Rastline so bile na zeleni steni podvržene največjemu sušnemu stresu in pomanjkanju hranil in so zato razvile močnejši koreninski sistem, da bi prišle do zadostne količine vode s hranilnimi snovmi. Razmerje med zeleno biomaso in koreninami je zato pri zeleni steni v prid koreninam. Posledica pomanjkanja hranil in vode so tudi morfološke razlike med rastlinami. Rastline, ki so rasle na zeleni steni, so bile večinoma lažje in bolj 'pretegnjene'. Stres definiramo kot kakršnokoli odstopanje od optimalnih razmer. Do pomanjkanja vode oziroma suše pri rastlinah pride, ko je izgubljanje vode s transpiracijo večje od privzema vode. Ko rastlina zazna stres, se mora signal prenesti po rastlini. Abscizinska kislina (ABA) ima ključno vlogo pri prenosu signala in posledično pri regulaciji izražanja genov. Je rastlinski hormon, ki deluje kot antistresni signal tudi pri ostalih abiotičnih dejavnikih, povzročiteljih stresa (Bray, 1997). Koncentracija abscizinske kisline v tkivih zelo niha. Med sušnim stresom se v nekaj urah poviša za 50-krat. Korenine, ki so v direktnem stiku z zemljo, so prve, ki zaznajo primanjkljaj vode. Kot odgovor na nizke vodne potenciale ABA pospeši rast korenin in zavira rast poganjkov (Taiz in Zeiger, 2006). Rastline se na sušni stres prilagodijo tudi s povečano globino, do katere zrastejo korenine (Vodnik, 2010). V sušnem stresu, ki so ga utpele rastline na zeleni steni, se je spremenilo razmerje poganjek /korenina na račun poganjkov.

Največ vode so pri solati in ohrovu v tehnološki zrelosti imele rastline na visoki gredi. Po obračanju je največ vode vseboval ohrov na nizki gredi, vendar zelo podobno kot pri visoki gredi, na zeleni steni pa je vseboval najmanj vode. To je dodaten dokaz, da so bile rastline na zeleni steni izpostavljene močnejšemu vodnemu stresu kot rastline v drugih sistemih gojenja. Predvidevamo lahko, da so imele rastline pri konvencionalnih načinih gojenja zaradi bolj enakomerne preskrbe z vodo večji turgor v celicah, ki je najboljši kazalec vodnega stresa (Vodnik, 2010).

Na zeleni steni nas je zaradi vertikalnega načina gojenja zanimalo, kako se vlaga razporeja po steni. Ugotovili smo, da voda nekoliko zastaja v spodnjih predelih stene, kjer smo pri vseh meritvah v povprečju izmerili 6,91 % večji odstotek vlage kot v zgornjih predelih stene. Tak rezultat smo tudi pričakovali oziroma je bilo v literaturi (Marin, 2013) to že navedeno, zato se priporoča, da so na vrhu tiste rastline, ki porabijo manj vode, bujno rastoče oziroma tiste, ki porabijo več vode, pa naj bodo v spodnjih predelih stene, kjer voda nekoliko zastaja (Marin, 2013).

Na zeleni steni je propadlo največ rastlin. Rastline, ki so propadle, so bile večinoma posušene. Posušene rastline smo opazili predvsem na zgornjih predelih stene, kjer je bil substrat bolj suh kot spodaj. Problem zelenih sten je, da se voda steka v spodnje predele stene in na določenih mestih ni enakomerno razporejena. Ta problem je bil v našem primeru še posebej pereč, ker smo rastline zalivali ročno. Z natančnimi meritvami bi bilo potrebno določiti pravšnjo količino potrebne vode, da bi voda prišla do spodnje tretjine, potem pa počasi do dna panela. Ko bi se stena izsušila, bi sledilo ponovno namakanje. V poskusu smo uporabili drobljeni glinopor, ki je prelahek in ni najprimernejši za zelene stene, saj se hitro odplakne. V bodoče bi bilo bolje uporabiti substrat na osnovi

diatomejskih glin, ki bi imel boljše vodno zadrževalne lastnosti. Prve plodove jagod smo 21. maja opazovali na nizki gredi. Čez 14 dni smo največ plodov prešteli na zeleni steni, največja povprečna masa le teh pa je bila na nizki gredi. 18. 6. 2013 smo največ plodov prešteli na visoki gredi, ti plodovi pa so imeli tudi največjo povprečno maso. Na zeleni steni so imeli plodovi najmanjšo povprečno maso. 4. 7. 2013 pri nobenem sistemu ni bilo nobene jagode. Hitrost dozorevanja jagod je bila torej različna pri različnih sistemih. Na zeleni steni so jagode hitreje rasle in dozorevale zaradi občasnih sušnih stresov. Kakovost teh plodov, ki je nismo spremljali, bi bila verjetno slabša v primerjavi s kakovostjo pri ostalih sistemih gojenja. Izpad plodov ob zadnjem merjenju je verjetno predvsem posledica vročine, ki je v tistem obdobju zajela Slovenijo. V obdobju od 13. 7. 2013 do 18. 7. 2013 tudi ni bilo padavin. Po slikah in iz opazovanj ugotovimo, da so bili plodovi jagod na visoki gredi najbolj čvrsti in največji, na zeleni steni pa najmanjši.

Vzroke je zopet potrebno iskati v večjem sušnem stresu za rastline na zeleni steni in neenakomerni razporeditvi vlage po dolžini stene. Zaradi vode so rastlinske celice nabrekle, poganki pa togi in pokončni, kar vpliva tudi na čvrstost plodov in njihovo maso (Šegula, 2009).

Neenakomerna razporeditev razpoložljive vode na posameznih rastiščih je pogost vzrok neizenačene rasti posevka in kakovosti pridelka. Že majhna odstopanja od optimalne oskrbe z vodo lahko privedejo do vodnega stresa zaradi pomanjkanja vode, kar se odrazi v manj primerni kakovosti pridelka. Vodni stres lahko negativno vpliva na zdravstveno stanje vrtnin in na počasnejšo, manj intenzivno rast, kar ima običajno za posledico izpad pridelka, ki je pogojen z intenzivnostjo suše. Pri nekaterih se na račun nadzemnih organov prične povečana rast korenin, ki iščejo talno vodo, pri drugih pa začne rastline zmanjševati listno površino s prisilnim odmetavanjem listja. Če traja taka suša dalj časa, rastline doživijo vodni stres in počasi popolnoma propadejo. Rastline, ki imajo dovolj rezerv vode zaradi globljih korenin, upočasnijo rast. Njihov pridelek je zmanjšan oziroma nima tržne vrednosti (Osvald in Osvald Kogoj, 2005).

Ugotovili smo pozitivno povezavo med maso rastlin in % vode v rastlinah. Ko smo s korelacijo preverjali povezanost med podatki za % vode v tleh, pridobljenimi z gravimetrično metodo, in podatki, ki smo jih dobili z merjenjem s FDM metodo, smo ugotovili pozitivno povezavo, kar pomeni, da je FDM metoda dober način za ocenjevanje vlage v tleh. FDM metoda je operacijsko preprosta metoda, vsebnost vode pa je lahko zanesljivo določena s kalibracijo in normalizacijo vsake meritve, kar smo tudi storili in dobili temu primerno natančne rezultate. Te rezultate smo primerjali z rezultati, ki smo jih pridobili z gravimetrično metodo, ki je najbolj zanesljiva meritev in se uporablja kot kalibrirni standard za vse ostale naprave (Zupanc in Pintar, 2001) in kot že rečeno dobili pozitivno povezavo med metodama.

Čeprav smo zaradi razkrajanja organskih snovi pri visoki gredi predvidevali višjo temperaturo tal, kar je bilo navedeno tudi v literaturi (Januš, 2013), v našem poskusu ni bilo vedno tako. Na nizki gredi smo v povprečju pri skoraj vseh merjenjih izmerili najnižjo temperaturo tal, samo pri zeleni steni smo pri dveh datumih izmerili nižjo temperaturo od temperature na nizki gredi. Zelena stena poleti sprejema manj infrardečega sevanja, vendar je ves volumen odprtin za rastline izpostavljen toplejši okolici, ker ga zemlja oz. substrat

ne hladi. Ob boljšem zalivanju bi bile morda temperature na zeleni steni za kakšno stopinjo nižje. Temperature pa bi bile v tem primeru na zeleni steni še nižje zaradi bujnejših rastlin (boljša preskrbljenost z vodo), ki bi s transpiracijo in biomaso steno hladile (Humko ..., 2013).

5.2 SKLEPI

Pri merjenju višine smo ugotovili, da so rastline v višino pri vseh sistemih rastle zelo podobno. Tudi v širino so se rastline pri vseh sistemih enakomerno širile. Čeprav smo pričakovali, da se bodo rastline na zeleni steni slabše razširjale v širino, ker imajo manj prostora za razraščanje, vidimo, da temu ni tako in da zaradi vertikalnega gojenja z rastjo v širino niso zaostajale za drugimi sistemi.

Glede na število listov v tehnološki zrelosti se je najbolj obneslo gojenje na nizki gredi in visoki gredi. Rezultati so bili med sistemi tudi pri tem parametru dokaj primerljivi.

Pri solati smo v tehnološki zrelosti največjo svežo maso stehali pri visoki gredi, najmanjšo pa na zeleni steni, medtem ko so bile razlike v sveži masi pri ohrovtu med sistemi veliko večje kot pri solati. Najtežje so bile rastline ohrovt na visoki gredi, najlažje pa na nizki gredi. Sveža masa solate na visoki gredi je bila v tehnološki zrelosti 177,02 g večja od sveže mase na zeleni steni.

Najtežjo suho maso solate smo stehali na nizki gredi, zelo podobno maso na visoki gredi, na zeleni steni pa smo natehtali najmanjšo maso.

Tako pri sveži kot pri suhi masi so bile najtežje korenine na visoki gredi. Zanimivo je, da je bil glede na celotno svežo in suho maso največji delež korenin pri rastlinah na zeleni steni (73,70 %) in najmanjši na visoki gredi (49,14 %). Predvidevamo, da so rastline zaradi vodnega stresa na zeleni steni razvile močnejši koreninski sistem, saj se namreč rastline ob pomanjkanju vode usmerjajo v rast korenin in s tem v iskanje dodatne vode v tleh.

V povprečju so največ vode ob dosegu tehnološke zrelosti vsebovale rastline solate na visoki gredi (95,11 %), najmanj vode pa zeleni steni (88,58 %).

Največ vode so ob dosegu tehnološke zrelosti vsebovale rastline ohrovt na visoki gredi (71,38 %) in zeleni steni (69,95 %), najmanj pa rastline na nizki gredi (50,24 %).

Ugotovili smo, da voda nekoliko zastaja v spodnjih predelih stene, kjer smo pri vseh meritvah v povprečju izmerili 6,91 % večji odstotek vlage kot v zgornjih predelih stene. Problem je v neenakomernem doziranju vode, kar bi rešili z avtomatiko in tudi s primernejšim substratom, saj se glinopor, ki smo ga uporabili, hitro odplakne s stene, ker je prelahek. Na visoki gredi v osmih tednih ni propadla nobena rastlina, medtem ko jih je največ na zeleni steni, kar lahko pripišemo neenakomernemu razporejanju vode po steni, saj so bile propadle rastline večinoma izsušene.

Prvi plodovi jagod so bili na nizki gredi. V povprečju so najmanj tehtali plodovi na zeleni steni.

Na nizki gredi smo v povprečju pri skoraj vseh merjenjih namerili najnižjo temperaturo tal. Ugotovili smo pozitivno povezavo med % vode, ki smo ga zmerili z gravimetrično metodo, in podatki o količini vode v tleh, pridobljenimi s FDM metodo, kar kaže na ustreznost metode. Pozitivno povezavo smo ugotovili tudi med maso rastlin in % vode v rastlinah. Vse povezave so statistično značilne pri 99 % verjetnosti.

Vertikalni vrtovi so najzahtevnejša oblika gojenja. Iz poskusa lahko vidimo, da bi se slabšim rezultatom pri določenih parametrih na zeleni steni lahko izognili z avtomatskim oziroma hidroponskim načinom zalivanja, saj imamo na stenah opravka s popolnoma drugačnimi substrati. Za boljšo primerljivost rezultatov bi morali na vseh sistemih zagotoviti optimalne razmere, kar bi zagotovili z enakomernim zalivanjem na vseh sistemih. S tem bi se izognili stresu zaradi pomanjkanja vode in hranil. Iz podatkov in opazovanj lahko sklepamo, da so rezultati na nizki gredi, visoki gredi in na zeleni steni vseeno dokaj primerljivi, kar potrjuje našo hipotezo, upoštevati pa moramo, da pri zeleni steni prihranimo tudi veliko prostora oziroma izkoristimo prostor, ki ga za gojenje rastlin prej nismo mogli uporabiti.

6 POVZETEK

V nalogi smo z merjenjem in primerjavo določenih hortikulturnih parametrov rastlin ugotavljali razlike v gojenju rastlin na zeleni steni, visoki gredi in nizki gredi. V omenjene sisteme gojenja smo posadili solato, listnati ohrovt in jagode ter opazovali in merili rast in razvoj rastlin (višina, širina, število listov, sveža in suha masa, masa plodov, količina vode v rastlinah) ter druge parametre, kot je količina vode v tleh, razporejanje vode po steni, temperatura tal..., ki so nam pomagali pojasniti dobljene rezultate. Iz rezultatov pri parametrih kot je višina, širina rastlin, število listov, lahko sklepamo, da vertikalni način rastlinam celo ustreza, oziroma so bili rezultati zelo primerljivi med sistemi. Pri sveži in suhi masi v tehnološki zrelosti rastlin smo najboljše rezultate dobili na visoki in nizki gredi, manj pa so tehtale rastline na zeleni steni. Največjo svežo maso pri solati, 294,98 g, in ohrovtu, 75,01 g, smo stehtali na visoki gredi, najmanjšo pa pri solati na zeleni steni, 117,87 g, in pri ohrovtu na nizki gredi, 48,67 g. Povprečna sveža masa solate v tehnološki zrelosti na visoki gredi je bila za 177,02 g večja od povprečne mase na zeleni steni. Rastline so na visoki gredi pri solati in ohrovtu vsebovale največ vode (solata 95,11 % in ohrovt 71,38 %), najmanj vode pa so vsebovale rastline na zeleni steni pri solati (88,58 %) in na nizki gredi pri ohrovtu (50,24 %). Na steni je propadlo največ rastlin in sicer na predelih stene, kjer je bil substrat bolj suh. Prve plodove jagod smo opazili na nizki gredi, v povprečju pa so plodovi največ tehtali na visoki in nizki gredi, na zeleni steni pa najmanj. Ugotovili smo, da se vlaga po steni ne razporeja enakomerno oziroma, da nekoliko zaostaja v spodnjih predelih stene. V spodnjih predelih stene smo v povprečju izmerili 6,91 % več vlage kot v zgornjih predelih stene. Ugotovili smo tudi, da je FDM dobra metoda za ocenjevanje vlage v tleh.

Z avtomatskim zalivanjem oziroma preciznejšim doziranjem vode in primernejšo izbiri substrata bi se lahko izognili težavam, ki jih povzroča sušni stres pri rastlinah. V podjetju Humko razvijajo avtomatski sistem, ki bo podatke o vremenski napovedi črpal iz sistema Meteosat za nekaj dni vnaprej, za izračun razmerja hranil uporabljal bazo Everris ter oboje združeval s Humko bazo receptur za hranila. Obenem bo sistem doziranja hranil in zalivanja mogoče tudi ročno upravljati. Prilagoditev na sušni stres so bile tudi bolj pretegnjene korenine. Pri ohrovtu največ tehtajo korenine na visoki gredi, 37,98 g, najmanj pa na zeleni steni, 25,03 g. Pri solati so največ tehtale korenine na visoki gredi, 42,83 g, najmanj na nizki gredi, 28,95 g, na steni pa so tehtale 29,24 g. Korenine so na visoki gredi pri solati in ohrovtu tehtale največ, vendar so predstavljale najmanjši odstotek glede na celotno svežo maso rastline, največji % glede na celotno maso rastline pa so predstavljale korenine na zeleni steni. Pri solati so korenine na zeleni steni predstavljale 24,8 % celotne sveže mase rastline, na visoki gredi pa le 14,5 %. Zaradi sušnega stresa se je spremenilo razmerje poganjek-korenina v prid koreninam. Kljub temu so bili rezultati med vsemi sistemi dokaj primerljivi. Visoka greda se je glede na dobljene rezultate z vidika rasti in razvoja rastlin v večini primerov izkazala zelo dobro, lahko rečemo, da celo najboljše od vseh sistemov sploh, če upoštevamo praktičnost pridelovanja, ki ga omogoča tovrsten sistem.

Ob pomanjkanju prostora v urbanih okoljih, kjer za visoko ali pa klasično gredo ni prostora, je potrebno razmisliti o alternativah klasičnemu načinu pridelave zelenjave in okrasnih rastlin. Pomembna alternativna oblika pridelave je prav gotovo vertikalni način

gojenja rastlin. Zmanjševanje hrupa in prahu, izboljšanje mikroklima, pozitiven učinek na ljudi, možnosti pridelave najnujnejše zelenjave, začimb in dišavnic na neizkoriščenem prostoru so glavne prednosti gojenja na zelenih stenah. Poleg tega lahko vertikalni vrtovi občutno izboljšajo videz stavb, ustvarjajo naravno kuliso ter v našo okolico privabljajo koristne žuželke in ptice. Ob cvetenju določenih rastlin nas sproščajo s širjenjem aromatičnih vonjav.

Rastline v naši bližini izboljšujejo naše počutje, čeprav se tega dostikrat niti ne zavedamo. V mestih smo se ljudje izolirali od naravnega okolja, kar povzroča stres in neprijetno počutje. Navpični vrtovi so ena od estetsko in prostorsko najbolj sprejemljivih rešitev za vračanje delčka narave v urbana okolja. Mesta bremenijo svojo okolico. Hrano za preživetje v mestih se goji v njihovi okolici. Ob neprestani rasti prebivalstva to pomeni stalno krčenje naravnih ekosistemov, ki nam pravzaprav omogočajo življenje, kot ga poznamo danes. Ker pridelovalnih površin ne moremo neomejeno širiti, je gojenje rastlin v navpičnih rastiščih naslednji logični korak do samooskrbe mest in gojenja hrane, kar je nujno za trajnostni obstoj (Ekološko ..., 2012).

7 VIRI

- ARSO. Agencija RS za okolje. 2014. Arhiv opazovanih in merjenih meteoroloških podatkov po Sloveniji.
<http://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (december, 2014)
- Bavčar J. 2014. Prvi vertikalni vrt v Sloveniji je inovacija. Delo in dom, 22, 36: 52-53
- Bavec M. 2001. Ekološko kmetijstvo. Knjižnica za pospeševanje kmetijstva. Ljubljana, Kmečki glas: 448 str.
- Bavec M. 2004. Ekološka živila - tržna priložnost v Sloveniji. V: Varnost živil. 22 Bitenčevi živilski dnevi 2004, 18. in 19. marec 2004, Radenci. Gašperlin L., Žlender B. (ur.). Ljubljana, Biotehniška fakulteta, Oddelek za živilstvo: 153-171
- Biobrazda spletna stran. 2013. Naši produkti.
http://www.biobrazda.si/nasi_produkti/ (november, 2013)
- Bray E. A. 1997. Plants responses to water deficit. Trends in Plant Science, 2, 2: 48-54
- Ekološko društvo Porevit. 2012. Sonaravno bivanje. Navpičen vrt, zelena stena.
<http://porevit-eko.blogspot.com/2012/06/navpicen-vrt-zelena-stena.html> (junij, 2012)
- EU Youth farm. 2007. Izobraževalni pripomoček za mlade kmete v novih članicah EU.
http://www.itr.si/javno/youth_farm/sl/ (oktober, 2013).
- Francis A.C., Butler Flora C., King D.L. 1990. Sustainable agriculture in temperate zones. New York, Wiley-Inter Science Publication: 483 str.
- Golob I. 1989. Razmnožujemo okrasne rastline. Ljubljana, Kmečki glas: 56 str.
- Harrison J. 2011. Zelenjava: Gojenje iz meseca v mesec. Ljubljana, prva izdaja. Ljubljana, Mladinska knjiga: 24 str.
- Hrovat M. 2013. Ponudba slovenskih vrtnarjev, združenih v GIZ-profesionalno vrtnarsko družbo. Skrajšana verzija kataloga profesionalne vrtnarske družbe Cvetje za poletje. Ljubljana, profesionalna vrtnarska družba: 52 str.
- Hrovat M. 2012. Ponudba slovenskih vrtnarjev, združenih v GIZ-profesionalno vrtnarsko družbo. Skrajšana verzija kataloga profesionalne vrtnarske družbe Cvetje za poletje. Ljubljana, profesionalna vrtnarska družba: 40 str.
<http://issuu.com/humkoonline/docs/cvetjezapoletje2012m/26> (junij, 2013)
- Humko balkonske zasaditve. 2013.
<http://www.humko.si/> (september 2013)

- Januš B. 2013. Permakulturni vrt: Vrtnarjenje z glavo za zdravo zabavo. Ljubljana, Kmečki glas: 60 str.
- Jošar J. 1996. Nadomeščanje šote v substratih s sekanci stebila *Miscanthus sinensis* cv. Giganteus. Diplomsko delo. Ljubljana, BF, Oddelek za agronomijo: 79 str.
- Kirchner F. 2013. Vertikale Gärten: Luxuriöse Dekoration oder Zukunft? Stadt + Grün - Das Gartenamt, 62: 31-37
- Marin J. 2013. Teraideja, nasveti za zunanjo ureditev.
http://teraidea.com/index.php/novice/objava/zelene_stene/ (november, 2013).
- MKGP. 2014. Integrirana pridelava v Sloveniji.
http://www.mkgp.gov.si/si/delovna_podrocja/kmetijstvo/integrirana_pridelava/
(oktober, 2014)
- Osvald J., Osvald Kogoj M. 2005. Splošno vrtnarstvo in zelenjadarstvo. Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo. Ljubljana, Oswald: 157 str.
- Pfiffner L., Luka H. 2007. Earthworm populations in two low-input cereal farming systems. Applied Soil Ecology: 184-191
- Pravilnik o ekološki pridelavi in predelavi kmetijskih pridelkov oziroma živil. 2001.
Ur. l. rs. št. št. 31/01
- Starr J. L., Paltineanu I. C. 2002. Capacitance devices. V: Method of soil analysis. Dane J. H., Topp G.C. (eds). Wisconsin, Soil Science Society of America: 463-474
- Šegula S. 2009. Pridelava okrasnih zelnatih rastlin. Gradivo za drugi letnik Višješolskega strokovnega programa Hortikultura in upravljanje podeželja in krajine. Ljubljana, Konzorcij višjih strokovnih šol za izvedbo projekta IMPLETUM: 9 str.
http://www.mizs.gov.si/fileadmin/mizs.gov.si/pageuploads/podrocje/vs/Gradiva_ESS/Impletum/IMPLETUM_165HORTIKULTURA_Pridelovanje_Segula.pdf (januar, 2015)
- Škofic vrtnarstvo. 2013. Ponudba.
<http://skofic.weebly.com/solate.html> (september, 2013)
- Taiz L., Zeiger E. 2006. Plant physiology online: 1-2
<http://plantphys.net/article.php?ch=7&id=7> (december, 2014)
- User Manual Version: SM200-UM-1.1. 2006. Cambridge, Delta-T Devices: 47 str.
- Vetisa 2012. Šota, kokos, zemlja in dodatki-zeolit.
<http://www.vetisa.si/zeolit-glina> (september, 2014)

- Vodnik D. 2010. Fiziologija stresa. Gradiva iz predavanj ekofiziologija rastlin. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za agronomijo, katedra za aplikativno botaniko in fiziologijo rastlin.
http://www.bf.unilj.si/fileadmin/groups/2711/Gradiva_Vodnik_Predavanja_Bolonja/Vodnik_P_B_AG-UNI-Ekofiziologija-Stres1-P6_-11-12.pdf (november, 2014)
- Zupanc V., Pintar M. 2001. Melioracije in urejanje kmetijskih zemljišč. Gradivo za vaje. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta: 66 str.

ZAHVALA

Ob zaključku magistrskega dela se zahvaljujem mentorju prof. dr. Gregorju OSTERCU za vodenje, usmerjanje in strokovno pomoč pri pisanju naloge. Zahvala gre tudi recenzentki doc. dr. Zaliki ČREPINŠEK in predsednici komisije za zagovor prof. dr. Zlati LUTHAR.

Za praktično izvedbo projekta, ves potreben material, prostor in usmerjanje pri poskusu se zahvaljujem direktorju podjetja Humko d.o.o. Tomažu ČUFERJU.

Posebna zahvala za potrpežljivost in podporo pri pisanju magistrskega dela gre moji družini, prijateljem in fantu Maju VALERIJU.

Priloga A

Zasaditve na zeleni steni



Priloga A1: Zelena stena prva posaditev (21. 5. 2013)



Priloga A2: Solata na zeleni steni (21. 5. 2013)



Priloga A3: Solata na zeleni steni (18. 6. 2013)



Priloga A4: Ohrovt na zeleni steni (18. 6. 2013)



Priloga A5: Zasaditev na zeleni steni (18. 6. 2013)



Priloga A6: Zasaditev na zeleni steni (4. 7. 2013)



Priloga A7: Ohrovt in jagode na zeleni steni (18. 7. 2013)



Priloga A8: Zelena stena s ponovitvijo levo (18. 7. 2013)

Priloge B

Zasaditve na visoki gredi



Priloga B1: Jagode na visoki gredi (21. 5. 2013)



Priloga B2: Jagode na visoki gredi (18. 6. 2013)



Priloga B3: Ohrovt na visoki gredi (4. 7. 2013)

Priloge C

Zasaditve na nizki gredi



Priloga C1: Solata na nizki gredi (18. 6. 2013)



Priloga C2: Solata, ohrovt in jagode na nizki gredi (18. 6. 2013)

Priloga D

Namakanje substratov, zasičen režim



Priloga D: Namakanje substratov, zasičen režim