

LATVIJAS UNIVERSITĀTES  
BIOLOĢIJAS INSTITŪTS

**RĪGAS CENTRA IELU APSTĀDĪJUMU  
EKOLOĢISKAIS STĀVOKLIS**

GUNTA ČEKSTERE

LATVIJAS VEĢETĀCIJA · 20

RĪGA 2009

Latvijas Veģetācija, 20, 2009  
Iespiests SIA P&Ko

*Galvenais redaktors*

M. Laiviņš Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts, Latvija

*Redkolēģija*

B. Bambe, Latvijas Mežzinātnes institūts Silava, Latvija

V. Melecis, Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvija

V. Nollendorfs, Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts, Latvija

L. Salmiņa, Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts, Latvija

A. Osvalde, Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts, Latvija

S. Rūsiņa, Latvijas Universitāte, Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultāte, Latvija

G. Paegle, Latvijas Universitāte, Bioloģijas institūts, Latvija

Valodas redaktors: V. Pēčs

ISSN 1407 – 3641

© Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts

## ANOTĀCIJA

Čekstere G. 2009. Rīgas centra ielu apstādījumu ekoloģiskais stāvoklis. *Latvijas Veģetācija*, 20, 138 lpp.

Nozīmīgākie vārdi: Holandes liepa (*Tilia x vulgaris*), vitalitāte, nekroze, NaCl, barības elementi, apstādījumi.

Pilsētvidē ļoti svarīga nozīme ir apstādījumiem. Mūsdienās aktuāla problēma ir kvalitatīvas apstādījumu sistēmas izveide pilsētas centrā, kur parasti ir vislielākais apbūves blīvums un satiksmes intensitāte. Vides stresa negatīvajai ietekmei visvairāk pakļauti ir ielu malās augošie koki.

Darbā atspoguļoti Rīgas centra ielu apstādījumos augošo Holandes liepu (*Tilia x vulgaris*) vitalitātes un to ietekmējošo faktoru izpētes rezultāti. Pētījumi veikti no 2004. gada novembra līdz 2005. gada augustam 27 Rīgas centra ielu apstādījumu vietās (8 objekti – Hanzas, Elizabetes, Kr. Valdemāra, Stabu ielā un Basteja bulvārī). Vienlaicīgi fona situācijas raksturošanai izvēlētas 3 Holandes liepas (*Tilia x vulgaris*) Viestura dārzā (1 objekts).

Darbs balstīts uz literatūras izpēti; sniega, augsnes, koku mizas un lapu paraugu ķīmisko analīžu datiem; koku vainaga un lapu nekrozes novērtēšanas rezultātiem, kā arī dendroanalīzi. Veikta iegūtās informācijas statistiskā apstrāde un komponentanalīze.

Pamatojoties uz veikto pētījumu rezultātiem, secināts, ka vairumā gadījumu Rīgas centra ielu apstādījumos ir slikts Holandes liepu ekoloģiskais stāvoklis. Konstatēta ļoti aktīva Na un Cl jonu migrēšana sistēmā „sniega sega – augsne – augs”. Tādējādi bieža sāls maisījuma lietošana apbedojuma novēršanai ir būtisks faktors, kas negatīvi ietekmē Holandes liepu fizioloģisko stāvokli Rīgas centrā, izraisot traucējumus barošanās režīmā un veicinot lapu nekrozes un koku vainaga atmiršanu, kā arī pazeminot to ekoloģisko vērtību un ainaviskumu. Iegūtie rezultāti liecina, ka par kritisku līmeni vizuāli novērojamiem nekrotiskiem liepu lapu bojājumiem caurmērā var pieņemt šādu Na un Cl koncentrāciju lapās: 0,18 – 0,24 % Na un 0,62 – 0,66 % Cl.

Atklāti būtiski traucējumi Ca, Mg un Mn uzņemšanā no augsnes, ko ietekmējusi neitrālā, viegli sārmainā augsnes reakcija un jonu antagonisms. Turpretī Zn, Cu, Fe un Pb koncentrāciju lapās var uzskatīt par faktoru, kas Holandes liepu vitalitāti būtiski neietekmē.

Darba gaitā izstrādāti arī priekšlikumi apstādījumu stāvokļa uzlabošanai.

## ANNOTATION

Cekstere G. 2009. The Ecological Status of Riga's Street Greenery. *Latvijas Veģetācija*, 20, 138 pp.

Key words: greenery, lime tree (*Tilia x vulgaris*), vitality, necrosis, NaCl, nutrients

Greenery has a very significant value in urban environment. A topical problem nowadays is qualitative greenery system in the central part of city with high building and traffic density. The most subjected greenery element by negative environment factor impact is street trees.

The research has been done to find out the ecological status of lime trees (*Tilia x vulgaris*) as street greeneries in the central part of Riga and the factors affecting greeneries vitality from 11.2004 to 28.08.2005. The investigation was done in 27 street greenery sites (eight objects – Hanzas, Elizabetes, Kr. Valdemāra, Stabu street and Basteja boulevard) and three background sites (one object) located in a park area (Viestura Garden).

The research was based on international experience; studies of scientific literature; chemical analysis of snow, soil, bark, leaf samples, and results of tree leaves and crown necrosis observations, as well as dendroanalysis. Statistical analysis as well as principal component analysis was done for results.

Based on the present work it was stated that ecological status of lime trees (*Tilia x vulgaris*) as street greeneries in the central part of Riga can be characterized as damaged during the vegetation season of 2005. An active migration of Na<sup>+</sup> and Cl<sup>-</sup> in system „snow sheet – soil – plant” was found. Therefore systematical application of de-icing salts to prevent ice formation on streets was a significant factor, which negative influenced physiological status of lime trees in the central part of Riga causing disturbances in plant nutrition, promoting development of leaf necrosis and decaying of tree crown, therefore decreasing their ecological and landscape value. As concluded from the research results, for the visual observation of the necrosis of *Tilia x vulgaris* leaves the critical level concentration for Na is 0.18 % to 0.24 % and for Cl<sup>-</sup> - 0.62 % to 0.66 %.

Substantial disturbances in Ca, Mg and Mn uptake by plants from soil due to neutral and slightly alkaline soil reaction as well as ion antagonism was stated. Whereas the concentrations of Zn, Cu, Fe and Pb found in lime leaves could be characterized as non-toxic for trees.

The results obtained allow to make the main recommendations for improving vitality of greeneries.

---

## SATURS

<b>IEVADS .....</b>	<b>7</b>
<b>1. IELU APSTĀDĪJUMUS IETEKMĒJOŠIE FAKTORI PILSĒTĀ .....</b>	<b>9</b>
1.1. Mikroklimats .....	9
1.2. Edafiskie apstākļi .....	10
1.3. Gaisa piesārņojums .....	17
1.4. Sniega un ledus kausēšanas līdzekļu izmantošana .....	21
1.5. Biotiskie faktori .....	24
1.6. Mehāniskā un fiziskā ietekme .....	26
<b>2. SUGU PIEMĒROTĪBA IELU APSTĀDĪJUMIEM .....</b>	<b>27</b>
<b>3. RĪGAS CENTRA IELU APSTĀDĪJUMU RAKSTUROJUMS .....</b>	<b>32</b>
3.1. Rīgas centra ielu apstādījumu sistēmas attīstība .....	32
3.2. Rīgas centra ielu apstādījumu pašreizējais izvietojums un dominējošās koku sugas .....	33
<b>4. PĒTĪJUMA MATERIĀLS UN METODIKA .....</b>	<b>38</b>
4.1. Pētījuma vieta un laiks .....	38
4.2. Objektu raksturojums .....	38
4.3. Lauku pētījumi .....	42
4.4. Laboratorijas pētījumi .....	43
4.5. Datu apstrāde .....	44
4.6. Koku gadskārtu pētījumi .....	44
4.7. Citi materiāli .....	44
<b>5. REZULTĀTI .....</b>	<b>46</b>
5.1. Sniega ķīmiskais sastāvs .....	46
5.2. Augsnes ķīmisko analīžu rezultāti .....	55
5.3. Liepu lapu ķīmisko analīžu rezultāti .....	66
5.4. Liepu mizu ķīmisko analīžu rezultāti .....	75
5.5. Liepu vainagu un lapu nekrozes izvērtēšanas rezultāti .....	76
<b>6. DISKUSIJA .....</b>	<b>80</b>
6.1. Ķīmisko elementu akumulācija sniegā .....	80
6.2. Ķīmisko elementu akumulācija augsnē .....	87
6.3. Ķīmisko elementu akumulācija liepu mizās .....	93
6.4. Ķīmisko elementu akumulācija liepu lapās un to ietekme uz koku vitalitāti ..	94
6.5. Vainaga apgriešanas ietekmes vērtējums .....	110
<b>SECINĀJUMI .....</b>	<b>113</b>
<b>LITERATŪRA .....</b>	<b>115</b>
<b>PIELIKUMI .....</b>	<b>126</b>

---

**CONTENTS**

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>7</b>
<b>1. FACTORS AFFECTING STREET TREES IN URBAN AREA .....</b>	<b>9</b>
1.1. Microclimate .....	9
1.2. Edaphic conditions .....	10
1.3. Air pollution .....	17
1.4. Application of de-icing materials .....	21
1.5. Biotic factors .....	24
1.6. Mechanical and physical influence .....	26
<b>2. SPECIES APPROPRIATE FOR STREET GREENERY .....</b>	<b>27</b>
<b>3. CHARACTERIZATION OF STREET GREENERY IN RIGA'S CENTRE .....</b>	<b>32</b>
3.1. Development of street greenery system in Riga .....	32
3.2. Actual distribution of street greenery and prevalent tree species in Riga's centre .....	33
<b>4. RESEARCH MATERIAL AND METHODS .....</b>	<b>38</b>
4.1. Research site and time .....	38
4.2. Characterization of objects .....	38
4.3. Field studies .....	42
4.4. Laboratory studies.....	43
4.5. Statistical analysis .....	44
4.6. Research of tree annual rings .....	44
4.7. Other materials .....	44
<b>5. RESULTS .....</b>	<b>46</b>
5.1. Chemical composition of snow .....	46
5.2. Results of soil chemical analysis .....	55
5.3. Results of lime leaf chemical analysis .....	66
5.4. Results of lime bark chemical analysis .....	75
5.5. Assessment results of lime leaf and crown necrosis .....	76
<b>6. DISCUSSION .....</b>	<b>80</b>
6.1. Accumulation of chemical elements in snow .....	80
6.2. Accumulation of chemical elements in soil .....	87
6.3. Accumulation of chemical elements in lime bark .....	93
6.4. Accumulation of chemical elements in lime leaves and its influence on tree vitality .....	94
6.5. Assessment of crown pruning effect .....	110
<b>CONCLUSIONS .....</b>	<b>113</b>
<b>REFERENCES .....</b>	<b>115</b>
<b>APPENDIXES .....</b>	<b>126</b>

## IEVADS

Urbānā vidē ļoti nozīmīga loma ir apstādījumiem - "dabas pamatnes" komponentam, kas veido saikni starp dabisko un antropogēno vidi, kā arī veic dažādas vidi stabilizējošas funkcijas. Izvēlētais apstādījumu veids var ietekmēt pilsētas mikroklimatu, samazināt ķīmisko piesārņojumu, troksni un vibrācijas, producēt skābekli un vienlaikus pildīt arī iedzīvotāju rekreācijas, veselības saglabāšanas, izglītošanas, pilsētas reprezentācijas u.c. funkcijas. Savukārt attiecību starp urbānās teritorijas iedzīvotāju un ielu apstādījumos augošo koku skaitu izmanto kā indikatoru šo teritoriju savstarpējai salīdzināšanai. Daudzās Eiropas pilsētās 20. un 21. gs. mijā vidēji uz 1000 iedzīvotājiem bija 50 - 80 ielu koku (Pauleit et al., 2002). Vairāku zinātnieku un teritoriju plānotāju (Upmanis et al., 1998) veiktie pētījumi liecina, ka dabas teritorijas un apstādījumi ir pamats pilsētu ilgtspējīgai attīstībai.

Mūsdienās visgrūtāk izveidojama ir kvalitatīva apstādījumu sistēma pilsētas centrā, kur raksturīgs vislielākais apbūves blīvums un satiksmes intensitāte. Arī Rīgā saskaramies ar līdzīgām problēmām. Vairāku pētījumu rezultāti (Nikodemus u.c., 2003; Čekstere, 2004) liecina, ka mūsdienu Rīgas centra apstādījumu sistēmas attīstība neatbilst pilsētas ilgspējīgas attīstības kritērijiem, jo samazinās ar apstādījumiem aizņemtās platības, apstādījumu kvalitāte un funkcionalitāte. Vistiešāk un visvairāk vides stresa apdraudēti ir ielu malās augošie koki.

Līdz šim Rīgā ir veikti atsevišķi pētījumi par vides faktoru ietekmi uz apstādījumiem. 20.gs. 60. gados augsnes ūdens un gaisa režīma ietekmi uz aktīvo saknīšu augšanu un barības vielu (kālija, fosfora) uzņemšanu, hlorīdu akumulāciju apstādījumos un to ietekmi uz koku veselības stāvokli, kā arī augsnes fizikālās un agroķīmiskās īpašības ir analizējuši A. Ripa, E. Pētersons un A. Ozols (Pētersons, Ripa, 1967; Ripa, Pētersons 1968; Ozols u.c., 1971). Pagājušā gadsimta 80. gados O. Nikodemus, K. Ramanis un P. Šarkovskis (1986) pētījuši lapu nekrozes attīstību liepām saistībā ar vainagu apgriešanu, kā arī koku izvietojumu attiecībā pret ielu un Sauli. N. Kabuce ir veikusi neliela apjoma pētījumu par liepu vitalitāti, balstoties uz 2003. gada augustā ievāktajiem augsnes un liepu lapu paraugu ķīmisko analīžu rezultātiem (Kabuce, 2004). Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorija 2003. un 2004. gadā ir veikusi augsnes un lapu paraugu analīzi 11 Rīgas centra rajona apstādījumu vietās, nosakot koku apgādi ar 15 elementiem, tajā skaitā nātriju, hlorīdiem, kā arī augsnes reakciju ( $\text{pH}_{\text{KCl}}$ ) un ūdenī šķīstošo sāļu kopējo saturu pēc īpatnējās elektrovadītspējas.

Tomēr šie pētījumi ir fragmentāri, jo nav veikta datu statistiskā apstrāde un iegūto rezultātu nozīmības izvērtējums. Nepietiekama arī informācija par ielu apstādījumos augošo koku vecumu, kas ir svarīgi no apstādījumu sistēmas saglabāšanas un atjaunošanas aspekta (pilsētas apstākļos koki noveco ātrāk nekā dabiskā vidē). Nav pilnībā noskaidrota  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  loma barības elementu uzņemšanā no augsnes un šo elementu saistība ar kokaugu lapu nekrozi veidošanos un attīstību. Tāpēc 2004. un 2005. gadā Latvijas Universitātes

Bioloģijas institūta Augu minerālā barošanās laboratorijā veikti Rīgas Centra rajona apstādījumu un Holandes liepas ekoloģiskā stāvokļa pētījumi.

**Pētījuma mērķis** ir novērtēt Holandes liepas (*Tilia x vulgaris*) ekoloģisko stāvokli ielu apstādījumos Rīgas centrā un noskaidrot ielu kaisīšanā izmantojamā sāls maisījuma ietekmi uz to. Pētījums veikts, balstoties uz sniega, augsnes, liepu mizas un lapu paraugu ķīmisko analīžu datiem; lapu nekrožu intensitātes un vainagu stāvokļa vērtējuma, koku vitalitātes zuduma, minerālās barošanās disbalansa un koku vainagu apgriešanas izpētes rezultātiem.

**Pateicība:** darba autore pateicas Latvijas Universitātes Ģeogrāfijas un Zemes zinātņu fakultātes prof. Oļģertam Nikodemusam par rosinošām diskusijām un konsultācijām; Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorijas kolektīvam par palīdzību analīžu veikšanā, padomiem un daudzpusīgu atbalstu, īpaši Anitai Osvaldei; Ingum Liepiņam par līdzdalību liepu mizas un augsnes paraugu ievākšanā un Vilnim Pēčam par latviešu valodas korektūru un saistošajiem komentāriem.



## 1. IELU APSTĀDĪJUMUS IETEKMĒJOŠIE FAKTORI PILSĒTĀ

Apstādījumi ne tikai ietekmē vidi, kurā tie ierīkoti, aug un attīstās, bet vienlaicīgi atrodas nepārtrauktā apkārtējās vides ietekmē. To fizioloģisko un vizuālo kvalitāti nosaka vairāku ekoloģisko faktoru, piemēram, mikroklimata, edafisko apstākļu, gaisa piesārņojuma, sniega un ledus kausēšanas līdzekļu, biotisko faktoru u.t.t. kompleksa mijiedarbība.

### 1.1. Mikroklimats

Kokrētās vietas klimats un reljefs būtiski ietekmē teritorijas (apvidus) bioloģisko daudzveidību, kas izzināma, nosakot augu sugu izplatības areālu un sastāvu. Savukārt attiecīgās vietas mikroklimats var ievērojami ietekmēt koku augšanu un ziemcietību (Lange u.c., 1978).

Urbānām teritorijām ir raksturīgi specifiski mikroklimatiskie apstākļi (Lancher, 2003). Novērots, ka gada nokrišņu tur ir vidēji par 50 – 150 mm mazāk, bet temperatūra pat par 8 – 10 °C (Davidson, 1998) un 12 °C (Eliasson, 2000) augstāka nekā ārpus tām. Arī Rīgas centrā šī starpība ziemā var sasniegt 8 - 10°C (Kleinberga, 1988), jo apkures sezonas laikā ēku sienas un siltumtrases izstaro ievērojamu siltuma daudzumu. Nozīmīgs ir arī tumšās virsmas absorbētais un atstarotais Saules enerģijas daudzums, kas ietekmē vides siltuma bilanci.

Rīgā kopumā mikroklimatiskie apstākļi nav vienveidīgi. Pilsētā var izdalīt 13 mezoklimatiskos rajonus, kur mikroklimatiskie apstākļi ir atšķirīgi un kas attiecīgi ietekmē augu augšanu. Piemēram, Centram raksturīgs paaugstināts termiskais režīms, samazināts gaisa mitrums un augsts gaisa piesārņojums, kas daļēji tiek novirzīts citur. Arī te var izdalīt plašu mikroklimatisko spektru, ko nosaka novietojums pilsētas centrā, blīvas apbūves un zaļās zonas mija (Kalniņa, 1990).

Īsāks sala periods, ātrāka sniega kušana un pavasara salnu beigšanās, kā arī vēlāks rudens salnu sākums, pagarina veģetācijas periodu. Tāpēc Rīgā var augt, piemēram, sudraba liepa (*Tilia tomentosa*), kalnu kļava (*Acer pseudoplatanus*), Eiropas dižskābardis (*Fagus sylvatica*), gurķu magnolija (*Magnolia acuminata*), divdaivu ginks (*Ginkgo biloba*) (Zvirgzds, 1986), ko augstāka temperatūra ziemā un garāks veģetācijas periods ietekmē labvēlīgi.

Pastiprinātā vilkme starp augstajām namu fasādēm vējainā laikā veicina augsnes virskārtas un koku lapu ātrāku žūšanu (Zvirgzds, 1986). Tā kā pilsētvidē augošie koki uzņem siltumu vairāk nekā dabā augošie (Meyer, 1978; Rupais, 1989), iepriekšminētie apstākļi veicina intensīvāku transpirāciju un organisko vielu noārdīšanos. Lapām pārkarstot, samazinās turgora spiediens, notiek neatgriezeniski bioķīmiski procesi: palēninās transpirācija un fotosintēze, paaugstinās šūnsulas koncentrācija. Pastiprinātā veidā šo parādību var novērot kokiem, kas aug netālu no māju sienām dienvidu pusē, jo vasarā tās ievērojami sakarst un koki atrodas lokālā siltuma ietekmē.

Pēc J. S. Vilsona un M. O. Harela atzinuma fizioloģiskie procesi kokaugos intensīvāk notiek dienvidu un dienvidrietumu pusē vai tajā, kas tuvāk siltumu

izstarojošam avotam, piemēram, ielai vai ķieģeļu sienai (Wilson, Harrell, 2001). Savukārt, atbilstoši Ņujorkā veiktajiem pētījumiem, lielāku solāro radiāciju saņem ielas rietumu nekā austrumu pusē augošie koki (Whitlow et al., 1992). Tāpēc, plānojot un veidojot apstādījumu struktūru, būtu lietderīgi ņemt vērā ielu un ēku izvietojumu un ekspozīciju.

## 1.2. Edafiskie apstākļi

Augsnes ķīmiskās, fizikālās, hidroloģiskās u.c. īpašības ir vienas no svarīgākajām, jo nosaka augu fizioloģisko stāvokli (Ripa, Pētersons, 1968; Meyer, 1978; Zvirgzds, 1986; Bergmann, 1988; Rupais, 1989; Craul, 1992; Jim, 1998 u.c.).

Ļoti negatīvu ietekmi uz apstādījumiem urbānā vidē atstāj **mitruma trūkums** augsnē, kur ir pārāk maz no cieta seguma brīvu virsmu, bet nokrišņi no apbūvētajām un ar asfaltu klātajām platībām pa kanalizācijas tīklu tiek aizvadīti projām, nenonākot augsnē. Nokrišņu ūdens infiltrāciju sakņu zonā kavē arī augsnes sablīvēšanās (Ripa, Pētersons, 1968; Ruge, 1978; Zvirgzds, 1986; Craul, 1992; Whitlow et al., 1992; Cregg, 1995; Cregg, Dix, 2001).

Karstā un saulainā laikā ūdens deficīts augiem var iestāties dienas vidū. Sākumā tas izraisa īslaicīgu pastiprinātu atvārsnīšu atvēršanos, kam seko transpirācijas paātrināšanās un lapu temperatūras pazemināšanās. Pateicoties intensīvākai elpošanai, veidojas metaboliski saistīts ūdens. Vienlaicīgi augsta (intensīva) transpirācija veicina ūdens aizplūšanu no saknēm. Rezultātā sakņu šūnās samazinās ūdens rezerves un palielinās tā uzņemšana no augsnes (Полевой, 1989; Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Ilgstošs ūdens deficīts augiem ir bīstams, jo izsauc ilglaicīgu to vīšanu. Šajā gadījumā pat niecīga transpirācija var izraisīt turgora samazināšanos visās auga daļās un ūdens potenciāla pazemināšanos lapu šūnās. Novērojama arī spiediena samazināšanās ksilēmā, izmaiņas hlorofīla sintēzē, hloroplastu struktūrā, elektronu transportā, fotofosforilācijā un fotoķīmiskajās reakcijās, kavēta asimilātu aizplūšana no lapām. Tā kā atvārsnītes ir aizvērtas stāvoklī, nenotiek CO<sub>2</sub> uzņemšana un samazinās fotosintēzes intensitāte.

Brīvā ūdens daudzuma samazināšanos šūnā pavada ūdens apvalka izmaiņas olbaltumvielu citoplazmā, pastiprinās mijiedarbība starp makromolekulām un samazinās daudzu fermentu aktivitāte. Aktivizējas hidrolītiskie procesi, kas noved pie mazmolekulāro olbaltumvielu palielināšanās šūnās. Tā kā kavēta ir olbaltumvielu sintēze, lapu šūnās uzkrājas amonjaks, aminoskābes un citi slāpekļa savienojumi. Lapās samazinās RNS, var rasties izmaiņas arī DNS. Citoplazmā novērojama poliribosomālo kompleksu sabrukšana. Šūnās izmainās jonu sastāvs, jo ir apgrūtināta jonu aizvadīšana. Pie tālākas atūdeņošanās palielinās lipāzes aktivitāte un noris izmaiņas membrānas lipīdu sastāvā, kā rezultātā izmainās ar membrānu saistīto olbaltumvielu aktivitāte. Ja ūdens saturs kļūst mazāks par 20% no sākotnējās membrānas masas, tās struktūrālās un funkcionālās izmaiņas kļūst

neatgriezeniskas un ir novērojama lapu malu nobrūnēšana (Mauriņa, 1987; Двораковский, 1983; Полевой, 1989; Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Mitruma deficīts mezofītiem izraisa arī hormonu sastāva izmaiņas - samazinās auksīnu un citokinīnu, bet palielinās abscisskābes daudzums. Abscisskābe izraisa atvārsnīšu aizvēršanos, līdz ar to pazeminās transpirācijas un fotosintēzes intensitāte. Tā kā auksīns stimulē šūnu izstiepšanos, tā daudzumam samazinoties, lapām veidojas ksenomorfa struktūra (Denny, 2002; Полевой, 1989; Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Rezultātā aizkavējas vasas un pēc tam arī sakņu augšana. Jūtīgākās saknes un spurgaliņas atmirst. Tiek traucēta minerālvielu, pirmkārt, slāpekļa un fosfora uzņemšana. Tādējādi pastiprinās trūkstošo elementu reutilizācija no zemākajām lapām. Vēlāk tās un pārējie virszemes orgāni atmirst. Vairākos pētījumos konstatēts, ka koku lapām ūdens trūkuma izraisītā stresa dēļ plānākas kļūst mezofila šūnu sienīgas. Tiek kavēta arī šūnu dalīšanās un stiepšanās. Samazinās auga augstums, īpaši lapu un stumbra izmērs. Piemēram, stumbra gadskārtējā pieauguma samazināšanās pēc sausuma var turpināties 2 - 3 gadus, atsevišķām koku sugām pat līdz 6 gadiem (Passioura et al., 1993; Spollen et al., 1993; Orwig, Abrams, 1997; Aasamaa et al., 2001; Dobbertin, 2005; Turtola, 2005; Полевой, 1989;). Kā novērots Varšavā, augsnes mitruma deficīta apstākļos jaunie kociņi pilsētas apstādījumos nokalst daudz vairāk nekā vecākie koki, jo nav vēl adaptējušies šādiem vides apstākļiem (Wałęza et al., 2002).

Viens no galvenajiem nosacījumiem apstādījumu normālai augšanai un attīstībai ir arī **augšnes ķīmiskais sastāvs**. Augi no augsnes lielākā vai mazākā daudzumā spēj uzņemt praktiski visus Mendelējeva tabulas elementus. Tomēr normālam auga organisma dzīvības ciklam nepieciešama tikai noteikta grupa barības elementu, kuru funkcijas nevar aizvietot citi ķīmiskie elementi. Šajā grupā ietilpst: C, H, O, N, P, S, K, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, B, Cl, Na, Co, Si. Starp šiem minētajiem elementiem 16 ir minerālie, jo C, H, O augos nokļūst galvenokārt ar ogļskābo gāzi, skābekli un ūdeni. Na, Si, Co un Ni nepieciešamība augstākajiem augiem pagaidām nav konstatēta (Полевой, 1989; Denny, 2002; Taiz, Zeiger, 2002). Tādējādi absolūti nepieciešamie augu barības elementi ir **N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Cu, Zn, Mn, Mo, B** un, iespējams, nelielā koncentrācijā arī **Na** un **Cl**. Pirmos 6 minētos elementus pieņemts saukt par augu makroelementiem, pārējos – par mikroelementiem.

1.1. tabulā īsumā raksturoti minētie barības elementi (izņemot Na un Cl, kas plašāk aprakstīti sadaļā par *sniega un ledus kausēšanas līdzekļu izmantošanu*): uzņemšanas formas, fizioloģiskā nozīme un vizuāli novērojamās deficīta pazīmes. Aprakstītie simptomi zīmīgi ir lapu kociem, kādus parasti izmanto ielu apstādījumos.

**Augu barības elementu raksturojums un to deficīta pazīmes lapu kokiem**  
 Characterization of plant nutrients and symptoms of deficiency for deciduous trees

<b>Barības elements</b> Nutrient	<b>Uzņemšanas forma</b> Uptake form (Larcher, 2003)	<b>Nozīme, Role</b> (Mader, Cook, 1982; Craul, 1992, Taiz, Zeiger, 2002; Larcher, 2003; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)	<b>Deficīta pazīmes</b> Symptoms of deficiency (Kramer, Kozłowski, 1979; Craul, 1992)
<b>Slāpeklis (N)</b>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	1) Būtiska proteīnu, hlorofila, aminoskābju, nukleīnskābju un enzīmu sastāvdaļa. 2) Izšķiroša nozīme vairākos fizioloģiskos procesos: asimilācijā, metabolismā, stumbra un dzinumu augšanā.	- Nelielas dzeltenīgi zaļas lapas. - Rets vainags. - Kavēta augšana. - Samazināts hlorofila saturs - hloroze.
<b>Fosfors (P)</b>	HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> HPO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1) Piedalās enerģijas pārveidāšanā un fotosintēzē. 2) Ietilpst nukleoproteīnu, fosfolipīdu u.c. sastāvā. 3) Svarīgs augu ziedēšanai un sēkļu producēšanai, proteīnu metabolismam, elpošanai un enzīmu sintēzei.	- Lapas, īpaši ozoliem ( <i>Quercus spp.</i> ), tumši zaļas vai sarkanīgas. - Mazāk blīva lapotne. - Kavēta augšana.
<b>Kālijs (K)</b>	K <sup>+</sup>	1) Nepieciešams ogļhidrātu veidošanai, fotosintēzei, proteīnu sintēzei. 2) Paaugstina osmotisko spiedienu, ūdens uzņemšanu un salciefību. 3) Uztur šūnu elektroneitralitāti.	- Tumšas bronzas krāsas lapas (ar spilgti dzeltenām malām un nekrozes plankumiem), kas vēlāk sačokurojas un atmirst.
<b>Kalcijs (Ca)</b>	Ca <sup>2+</sup>	1) Kontrolē šūnas fizioloģiskos procesus, ietilpst šūnu sienīgu sastāvā un ietekmē šūnapvalka elastību un sakņu augšanu. 2) Iesaistīts N metabolismā. 3) Dažu enzīmu, t.sk. amilāzes stimulētājs.	- Nopietni meristemātisko šūnu bojājumi, īpaši saknēm. - Deformētas lapas.
<b>Magnijs (Mg)</b>	Mg <sup>2+</sup>	1) Hlorofila molekulas sastāvdaļa. 2) Nepieciešams enzīmu aktivitātes nodrošināšanai, ogļhidrātu, proteīnu veidošanai un šūnu dalīšanās procesos.	- Neregulāri dzeltenīgi plankumi starp lapas dzīslām, atsevišķos gadījumos pat pilnībā dzeltenas lapas, kas priekšlaicīgi nobirst. (Veicot papildmēslošanu, simptomi ātri pazūd.)

## 1.1 tabulas turpinājums

<b>Barības elements</b> Nutrient	<b>Uzņemšanas forma</b> Uptake form (Larcher, 2003)	<b>Nozīme, Role</b> (Mader, Cook, 1982; Craul, 1992, Taiz, Zeiger, 2002; Larcher, 2003; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989)	<b>Deficīta pazīmes</b> Symptoms of deficiency (Kramer, Kozłowski, 1979; Craul, 1992)
<b>Sērs (S)</b>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> no augsnes SO <sub>2</sub> no gaisa	1) Proteīnu, aminoskābju, vitamīnu, biotīna, cisteīna, cistīna u.c. komponents.	- Pazīmes līdzīgas kā N deficīta gadījumā.
<b>Dzelzs (Fe)</b>	Fe <sup>2+</sup> Fe <sup>3+</sup>	1) Piedalās vairākos fizioloģiski svarīgos procesos: hlorofila veidošanā, nukleīnskābju metabolismā. 2) Fe organiskie kompleksi piedalās elektronu pārnēsē fotosintēzes procesā. 3) Nehēma dzelzs saturošie olbaltumi iesaistās nitrātu un sulfātu reducēšanā.	- Hloroze, īpaši izteikta mitros vai vēsos gados. - Ozoliem lapas kļūst dzeltenas, gaišākā krāsā, var parādīties nekrotiski plankumi. - Sačokurojušās lapas, kas vēlāk atmirst. Pazīmes ātrāk novērojamas uz jaunākajām lapiņām.
<b>Mangāns (Mn)</b>	Mn <sup>2+</sup>	1) Piedalās oksidēšanās-reducēšanās reakcijās, fotosintēzē, kur galvenā loma elektronu pārnēsē fotosintēzes sistēmā. 1) Mn <sup>2+</sup> ir specifisks 2 fermentu – argināzes un fosfotransferāzes – komponents. 2) Var aizvietot Mg citos fermentos. 3) Ir zināma loma NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> reducēšanā.	- Marginālā lapu hloroze jeb starpdzīslu hloroze. Hlorozes vietās var veidoties nekrotiski laukumi.
<b>Bors (B)</b>	HBO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> H <sub>2</sub> BO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1) Piedalās nukleīnskābju (DNS, RNS) un fitohormonu sintēzē, ogļhidrātu metabolismā, cukuru transportā caur membrānām, šūnu sienīņu un audu veidošanā.	- Vispārīgi izpaužas kā meristemātisko šūnu atmiršana vai deformācija; galotnes novīšana, noliekšanās vai nokalšana. - Kropļīgas, mazas vai cieši izvietojušās galotnes lapas. - Lapu vai pumpuru atmiršana.

## 1.1. tabulas nobeigums

<b>Barības elements</b> Nutrient	<b>Uzņemšanas forma</b> Uptake form (Larcher, 2003)	<b>Nozīme, Role</b> (Mader, Cook, 1982; Craul, 1992, Taiz, Zeiger, 2002; Larcher, 2003; Кабана-Пендиас, Пендиас, 1989)	<b>Deficīta pazīmes</b> Symptoms of deficiency (Kramer, Kozlowski, 1979; Craul, 1992)
<b>Varš (Cu)</b>	Cu <sup>2+</sup>	1) Ietilpst dažādu kompleksu savienojumu un enzīmu sastāvā. 2) Nozīmīga loma vairākos fizioloģiskos procesos fotosintēzē, elpošanā, N reducēšanā un fiksācijā, proteīnu un šūnu sienīņu metabolismā. 3) Ietekmē ksilēmas vadaudu caurlaidību, tādā veidā kontrolējot mitruma līdzsvaru. 4) Kontrolē DNS un RNS veidošanos, ietekmē reproducēšanos. Ietekmē mehānismus, kas nosaka noturību pret slimībām.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Jaunās lapas var būt tumši vai zilganzaļas, deformētas, ar kavētu augšanu.</li> <li>- Novērojama nekroze vai lapu malu neregularitāte un starpdzīslu hloroze.</li> <li>- <i>Rozetes</i> efekts - samazināta galvenā augšana.</li> <li>- Papelēm – uz lapām lieli tumši brūni plankumi vai arī tās ir melnīgsnējas.</li> </ul>
<b>Cinks (Zn)</b>	Zn <sup>2+</sup>	1) Svarīgas funkcijas augu metabolismā: ietilpst dažādu enzīmu - dehidrogenāze, proteināze, peptidāze – sastāvā. Galvenās funkcijas saistītas ar oglekļa metabolismu, proteīnu, fosfātu metabolismu, augsni, DNS un ribosomu veidošanos. 2) Ietekmē membrānu caurlaidību, paaugstina augu izturību pret sausumu un karstumu, kā arī bakteriālām un sēnīšu slimībām.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hloroze uz jaunākajām lapām, galvenokārt vainaga augšdaļā un koka saules gaismai pieejamākajā pusē.</li> <li>- <i>Rozetes</i> efekts.</li> <li>- Hlorozes izraibinātas lapu starpdzīslas.</li> <li>- Atsevišķos gadījumos novērojama dzinumumu nokalšana.</li> </ul>
<b>Molibdēns (Mo)</b>	MoO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1) Svarīgs nitrogenāzes, nitrātreduktāzes un citu fermentu komponents. Tā galvenā fermentīvā loma ir saistīta ar elektronu pārnēsī.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Novērojama lapu dzeltēšana; iekrāsojums neparastos toņos - no zeltaini dzeltena līdz brūni violetam; plankumainība, kā arī lapu nobiršana.</li> <li>- Augšanas pumpuru atmiršana.</li> </ul>

Lai arī 1.1. tabulā iekļautas ir tikai elementu deficīta vizuālās pazīmes, arī to pārpilnība var izraisīt fizioloģiskus traucējumus un vizuālas izmaiņas. Piemēram, bora toksikozes sākuma stadijā lapas ir tumši zaļas un „noļukušas”, augšanas punkti ir tumši un sāk pūt (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Tomēr vizuālajai diagnostikai ir savi trūkumi. Elementu deficīts vai toksitāte augiem visbiežāk ir vairāku faktoru sarežģītas savstarpējas mijiedarbības rezultāts, ko nosaka specifiskas vides īpašības. Hloroze parasti asociējas ar Fe, N trūkumu, bet tās iemesls var būt arī Mn, Mg, Zn un citu barības elementu nepietiekamība, sausums vai ūdens pārbagātība, neatbilstoša vides temperatūra, augsnes reakcija, toksiskas vielas (SO<sub>2</sub>) u.t.t. Nereti vizuāli novērojamo pazīmju iemesls var būt arī kāda slimība, insektu izraisīti vai mehāniski bojājumi. Šādos gadījumos ieteicams veikt papildus augsnes un augu ķīmiskās analīzes (Riņķis, Ramane, 1989).

Ķīmiskie elementi atrodas mijiedarbībā, kurai ir tāda pati loma augu fizioloģijā kā deficīta un toksitātes parādībām. Elementu savstarpējā iedarbība var būt **sinerģiska** vai **antagonistiska**. Šīs reakcijas var būt par cēloni augu stresam. Tās var realizēties vidē ap augu saknēm vai arī šūnā uz membrānu virsmas.

Antagonistiskie efekti izpaužas galvenokārt 2 veidos (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989):

1. makrokomponents var inhibēt mikroelementu uzņemšanu;
2. mikroelementi var inhibēt makrokomponentu uzņemšanu (galvenokārt novērots fosfātiem).

No makroelementiem kā galvenie antagonisti citu elementu uzņemšanā atzīmējami Ca, P, Mg. Vairumā speciālo pētījumu un novērojumu gaitā konstatēts, ka palielināts Ca daudzums var traucēt augiem uzņemt ne tikai mikroelementus - Zn, Cu, Mn, Fe u.c. -, bet arī makroelementus - K, Mg (Riņķis, Ramane, 1989; Tsikritzis et al., 2002). Daudzos pētījumos novērota Ca un P antagonistiskā ietekme uz Pb, Ni, Cd un Be uzņemšanu. Arī starp mikroelementiem var pastāvēt savstarpēja ietekme. Vislielākais antagonistisko reakciju skaits konstatēts Fe, Mn, Cu un Zn (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Sinerģisma rezultātā elementu kopējā iedarbība ir lielāka nekā atsevišķu elementu iedarbības summa. Šāds efekts novērojams starp makroelementiem, piemēram, N un P (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Tā kā pilsētu augsnes ir mākslīgi veidotas, parasti tās satur būvgružus, javu un citus celtniecības materiālus, kas ir sārmaini. Līdz ar to bieži vien novērojama kokaugiem nelabvēlīga neitrāla vai bāziska **augšnes reakcija**, kas negatīvi ietekmē to minerālo barošanos un fotosintēzes procesu. Vairāki biogēnie elementi - B, Mn, Fe u.c. - veido grūti šķīstošus un augiem neuzņemamus savienojumus (Bergmann, 1988; Riņķis, Ramane, 1989). Tiek traucēta daudzu kokaugu mikorizas sēņu darbība. Īpaši svarīgs augsnes pH ir kokiem, kam attīstās ektomikoriza, piemēram, parastajai liepai (*Tilia cordata*) (Weissenhorn, 2005).

No otras puses, neitrāla vai bāziska augsnes reakcija samazina smago metālu akumulāciju augos, bet veicina Na jonu uzņemšanu. Turpretī augsnes reakciju pazemina sakņu izdalījumi, skābie nokrišņi, kā arī stumbra notece – ielu kokiem tā satur augstu NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, kas var samazināt pH. Kopumā neitrālās un sārmainās augsnēs

ātrāk tiek uzņemti katjoni, bet skābās – anjoni (Smith, 1990; Dobson, 1991; Craul, 1992; Takagi et al., 1997; Rowell, 1997; Gerrard, 2000; Tenhuen et al., 2001; Denny, 2002; Полевой, 1989; Битюцкий; 2005; Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Augu minerālo barošanas un mikorizas sēņu darbību urbānā vidē nelabvēlīgi ietekmē humusa trūkums un barības elementu deficīts, jo nobiras rudenī tiek savāktas, un tādēļ pilsētās ir traucēta dabiskā elementu aprīte (Leh, 1993).

Ielu augsnes, jo īpaši to augšējie slāņi, laika gaitā kļūst daudz blīvākas, nekā ar zālienu pārklātās augsnes. Augsnes sablīvēšanos paātrina tās nomīdīšana, nobradāšana, noblietēšana. Blīvās augsnēs samazinās gaisu saturošo poru daudzums, pasliktinās aerācijas apstākļi un nokrišņu infiltrēšanās (Meyer, 1978; Zvirgzds, 1986; Kozłowski, 1999; Larcher, 2003). Novērots, ka ielu apstādījumos asfalta tiešā tuvumā, kur augsne stipri noblietēta un ir traucēta skābekļa piekļūšana koku saknēm, O<sub>2</sub> daudzums var samazināties līdz 3-4 %, bet CO<sub>2</sub> - palielināties līdz 10-12 %, kavējot bioloģisko procesu norisi (Ripa, Pētersons, 1968; Meyer, 1978). Organiskās vielas noārdās veidojot organiskās skābes – pienskābi, sviestskābi, ābolskābi u.c. -, kas kaitīgi iedarbojas uz šūnām, sevišķi, ja skābekļa trūkums ir ilgstošs. Sakņu normāla funkcionēšana tiek traucēta, ja skābekļa daudzums augsnes porās ir mazāks par 10 % (Drew, 1997; Hanslin et al., 2005). Skābekļa deficītu var veicināt ne tikai ielu koku substrāta pārklāšana ar asfaltu vai cita veida segumu, bet arī sekls gruntsūdens līmenis (Balakina et al., 2005).

Rīgas augsnēs, 20-40 cm dziļā augsnes kārtā, kur apstādījumos augošajiem kokiem veidojas galvenā sīko saknīšu masa, 20. gs. 60. gados CO<sub>2</sub> saturs vidēji bija 4,67-5,56 %, O<sub>2</sub> – 7,02-8,42 %. Šādos apstākļos, pēc A. Ripas un E. Pētersona pētījumiem, samazinās augu barības vielu uzņemšanas spēja un fizioloģiski aktīvo sakņu masa, liepas slikti aug un nīkuļo (Ripa, Pētersons 1968).

Augsnes sablīvēšanās augos var izraisīt arī augšanas hormonu disbalansu, šādos apstākļos īpaši palielinās abscisskābes un etilēna saturs, kas sekmē augu novecošanos (Kozłowski, 1999).

Ierobežotā sakņu augšanas telpa ielu apstādījumos ir iemesls nepietiekamai sakņu sistēmas attīstībai. Parastajai liepai tas konstatējams pēc 8–10 gadiem, kad dižstādi ielmalās ir ieaugušies un strauji stiepjas garumā, bet aktīvi fotosintezējošā lapu virsma arvien vairāk attālinās no uzsūcošās sakņu sistēmas (Rupais, 1989). Lapas kļūst sīkākas, līdz ar to samazinās fotosintēze (Kozłowski, 1999), kā arī dzinumumu ikgadējais pieaugums; novērojama zaru kalšana un ūdenszaru masveida attīstība, jo attālāko zaru asimilējošās lapas saņem arvien mazāk ūdens un minerālvielu, tādēļ zari pakāpeniski atmirst un nokalst (Ripa, Pētersons, 1968). Pēc A. Ripas un E. Pētersona novērojumiem (Raiņa bulvāris, Lāčplēša, Skolas, Zaļā iela u.c.), ja kokaugi stādīti dekoratīvo zālienu joslās, tad horizontālā virzienā pa zālienu saknes izvietojas 2-2,5 m garumā, savukārt asfalta virzienā to ir ļoti maz (Ripa, Pētersons, 1968).

Kokaugu fizioloģiskos procesus, sakņu augšanu, ūdens un metabolītu absorbciju, kā arī augsnes mikroorganismu aktivitāti būtiski ietekmē **augšņu temperatūra** (Craul, 1992; Larcher, 2003).



Zemas temperatūras ziemā var stipri bojāt kokaugu saknes. E. Avdošina ir izpētījusi, ka platlapu liepu saknes apsalst pie  $-14^{\circ}\text{C}$ , parastās kļavas saknēm kaitē augsnes temperatūra no  $-16^{\circ}\text{C}$ , sīklapu liepai -  $-18^{\circ}\text{C}$  (Ripa, Pētersons, 1968). Kailsals un sniega trūkums blīvi apbūvētās teritorijās, kur parasti to savāc un izved, var veicināt augsnes atdzišanu. Pēc Maskavas valsts universitātes pētnieku datiem, 0,2-0,4 m dziļumā augsnes temperatūra bezsniega apstākļos 1956. gada februārī sasniedza  $-12,6$  līdz  $-14,0^{\circ}\text{C}$ , bet zem sniega segas  $-1,3$  līdz  $2,4^{\circ}\text{C}$  (Ripa, Pētersons 1968). Pie pazeminātas augsnes temperatūras samazinās ūdens un barības elementu uzņemšana. Piemēram, pie  $+5^{\circ}\text{C}$  tiek uzņemta tikai  $\frac{1}{4}$  no tā ūdens daudzuma, kādu parasti uzņem pie  $+25^{\circ}\text{C}$  (Craul, 1992). Tā kā daudzus barības elementus augi uzņem pasīvi ar ūdeni, attiecīgi samazinās arī to daudzums.

Vasaras mēnešos augsnes temperatūru nosaka augsnes virskārtas seguma veids. Piemēram, apdobēs, kuras ietver asfaltētie gājēju celiņi, vasarā temperatūra ir augstāka ( $25\text{--}30^{\circ}\text{C}$ ) nekā zem zāliena velēnas un akmens seguma celiņiem. 15-30 cm dziļumā iestiprināts čuguna režģis augsnes temperatūru koku apdobēs paaugstina par  $5\text{--}6^{\circ}\text{C}$ , salīdzinot ar apdobēm bez režģa.

Optimālāko augsnes temperatūru kokaugu aktīvo saknīšu augšanai ielu apstādījumu joslās nodrošina lekns zāliens (Ripa, Pētersons 1968).

### 1.3. Gaisa piesārņojums

Kā zināms, antropogēnās darbības rezultātā pilsētas gaisā ir paaugstināta dažādu ķīmisku vielu un sīku cietvielu daļiņu koncentrācija, kas nelabvēlīgi ietekmē kokaugu augšanu (Zvirgzds, 1986; Park, 1997; Botkin, Keller, 1998; Двораковский, 1983). Pētījumos konstatēts, ka pilsētās lielāko gaisa piesārņojumu ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}_2$ , aldehīdi, dažādu sadegšanas pakāpju naftas produkti, smagie metāli u.t.t.) rada autotransports (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Īpaši nelabvēlīgi kokaugus ietekmē S un N oksīdi, kuru toksiskā iedarbība izpaužas tad, ja atvārsnītēs sākotnēji iekļūst paaugstināts šo vielu daudzums. Iekļūstot lapās, tās vispirms ietekmē atvārsnītes (Smith, 1990; Шевякова, Кузнецов, 2000). Paskābinot atvārsnīšu aptverošo šūnu šūnsulu, tiek traucēta atvārsnīšu atvēršanās un aizvēršanās. Pirmās šajā gadījumā cieš parenhīmas šūnas.

Anjonu veidā  $\text{SO}_2$  molekulas viegli izkļūst cauri šūnas membrānai un, izšķīstot ūdenī, pārvēršas sērskābē, kas izraisa pH samazināšanos šūnas citoplazmā. Izmainās olbaltumvielu pārnese, bet šūnās uzkrājas Ca, Zn, Pb, Cu. Toksiskās vielas, iekļūstot šūnās, palielina membrānu caurlaidību, īpaši tas attiecināms uz kāliju. Rezultātā tiek bojāti hloroplasti, tiem pieguļošā citoplazma, mitohondriji, kā arī ietekmēta fermentu aktivitāte (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Aprakstītie procesi traucē fotosintēzi, rada izmaiņas metabolisma procesos, pārtraucot asimilāciju un tādējādi negatīvi ietekmējot kokaugu augšanu. Gāzes lielā daudzumā var izraisīt lapaudu nekrozi, hlorozi, defoliāciju. Pastiprināta lapu nekroze, hloroze novērojama ielu krustojumos, automašīnu stāvvietās, uz

galvenajām satiksmes maģistrālēm, kur izplūdes gāzu koncentrācija regulāri ir augsta (Zvirgzds, 1986; Rupais, 1989; Dickison, 2000).

Īpaši jutīgi ir skujkoki, jo kaitīgie savienojumi skujās uzkrājas vairāk nekā lapās, kas ik gadu nomainās. Nokalst koku galotnes, samazinās stumbra gadskārtējais pieaugums un augstums, ātrāk nobirst skujas. Lapu kokiem samazinās lapu skaits un izmēri. S gāzu ietekmē lapām veidojas kseromorfa struktūra (Кузнецов, Дмитриева, 2005; Новиков, 2005).

Liepām, eglēm un priedēm ir konstatētas plānākas šūnu membrānas. SO<sub>2</sub> transformācijas produkti aktīvi mijiedarbojas ar citiem šūnu fermentiem, nelabvēlīgi ietekmējot ATF sintēzi, -S-S- saišu sašķelšanu, kā arī degradējot hlorofilu (sevišķi hlorofilu 'b'), glutaīnu, askorbīnskābi un citas šūnas sastāvdaļas. Līdzīgus bojājumus var izsaukt arī NO<sub>x</sub> un citas toksiskās gāzes (Kļaviņš, 1991; Двораковский, 1983; Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Vairākām kokaugu sugām lapu šūnas inaktivizējas un pēc tam atmirst, ja sēra savienojumu koncentrācija pārsniedz 0,3 miljonās daļas (Ripa, Pētersons, 1968). Ir augi, kuru šūnām kaitējumu rada 0,3–0,5 miljonās daļas SO<sub>2</sub> koncentrācija apkārtējā gaisā (Dickison, 2000). Kā liecina novērojumi, visjutīgāk uz S piesārņojumu reaģē skujkoki. Vāji bojājumi var parādīties, sēra savienojumu koncentrācijai pārsniedzot 0,025-0,35 mg·m<sup>-3</sup>, bet masveida skujkoku bojāeja novērojama, ja koncentrācija ilgstoši ir 0,07-0,09 mg·m<sup>-3</sup> (Мауринь, Раман, 1988).

Tomēr precīzi noteikt maksimāli pieļaujamo gāzu sastāvu un koncentrāciju katrai sugai nav iespējams, jo viena un tā paša daudzuma ietekme var būt dažāda atkarībā no citiem faktoriem (augšnes īpašības, gaisa temperatūra u.t.t.), kā arī no paša koka veselības stāvokļa, vecuma un iekšējiem fizioloģiskajiem nosacījumiem. Augu tolerance pret gaisa piesārņojumu paaugstinās, ja minerālā barošanās ir optimāla - kaitējumu samazina papildmēslošana ar N, K, P, īpaši liepām (*Tilia spp.*), kastaņām (*Aesculus spp.*) un papelēm (*Populus spp.*). Noturību pret gāzēm labvēlīgi ietekmē arī lietus, kas no lapām var izskalot aptuveni 30 % toksisko vielu (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

S un N oksīdiem atmosfērā reaģējot ar ūdens molekulām, veidojas skābie nokrišņi, kas, nonākot augsnē, ietekmē tās mikrofloru, adsorbcijas kompleksu un augu saknes. Nokļūstot uz lapām, skābie nokrišņi izraisa izmaiņas un bojājumus audos. Atšķirībā no gāzveida piesārņojuma, kas lapās iekļūst tieši caur atvārsnītēm, skābie nokrišņi iesūcas caur kutikulu. Šajā gadījumā šūnu bojājumi visbiežāk skar epidermu, bet pie lielāka piesārņojuma - attīstās lapas iekšienē (Dickison, 2000).

Daudzās pasaules pilsētās (Ņujorkā, Čikāgā, Tokijā, Milānā u.c.) atmosfēras piesārņojuma (ar ogleņdeņražiem un slāpekļa oksīdiem) un Saules ultravioleto starojuma fotoķīmisko reakciju rezultātā veidojas **fotoķīmiskais smogs**, kas kaitīgs ir ne tikai cilvēkiem, bet arī augiem. Sākotnēji lapas izskatās kā ūdens uzbriedinātas, pēc kāda laika to apakšpuse kļūst sudrabaina vai ar bronzas nokrāsu, bet virspuse - plankumaina, ar baltu pārklājumu, tad sākas lapu strauja vīšana (Новиков, 2005).

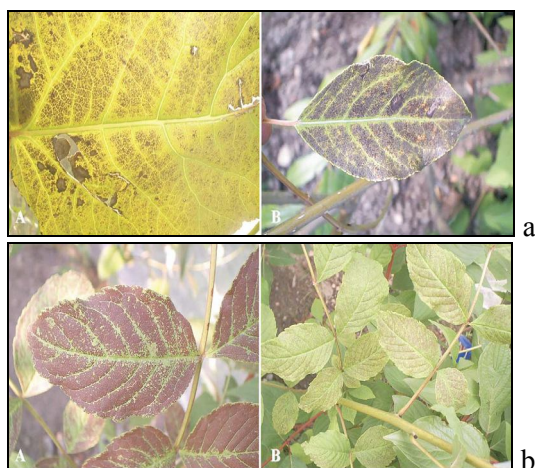
Atmosfēras piesārņojuma (ar ogleņdeņražiem un slāpekļa oksīdiem) un Saules ultravioleto starojuma fotoķīmisko reakciju rezultātā var rasties arī **piezemes**

**ozons.** Daudzi veiktie, galvenokārt eksperimentālie, pētījumi apstiprina šī atmosfēras piesārņojuma fitotoksisko efektu. Augiem kaitīgas ir ozona molekulas, kuras tiek uzņemtas caur atvārsnītēm Tās, reaģējot ar taukskābes rindas ogļhidrātiem, izveido taukskābju ozonātus, kas bojā augu organellas. Turklāt ziedaugiem un kokaugiem novērojamas ozona izraisītas antioksidatīvas un fitopatoloģiskas gēnu, enzīmu un stresa metabolītu reakcijas, izmaiņas metabolītiskajos procesos, kā arī reakcijas, kādas parasti izraisa vīrusi un mikrobioloģiskie patogēni. Lapās uzkrājas antocianīns, novērojama hlorofila granulācija un hloroplastu deģenerācija, tādējādi samazinot fotosintēzes intensitāti. Tiek inhibēti un traucēti augšanas procesi (Sandermann, 1996; Scott et al., 1998; Fuhrer, 2000; Gravano et al., 2004; Двораковский, 1983).

Eksperimentējot ar dažādu koku sugu stādiem, to lapām ir novērotas punktētas līnijas, hlorozes plankumi, krāsu izmaiņas (1.1. att.) un priekšlaicīga nobiršana (Sandermann, 1996; Skelly et al., 2000; VanderHeyden et al., 2001; Novak et al., 2003; Gravano et al., 2004).

Paaugstinātas ozona koncentrācijas apstākļos egļu (*Picea abies*) skujās samazinās hlorofila koncentrācija, koku stumbra tilpums un garums (Wallin et al., 2002).

Ozona uzņemšanu caur lapu virsmu ietekmē nodrošinājums ar barības vielām un ūdeni, temperatūra, atmosfēras mitrums, vēja ātrums un apgaismojums. Kā liecina pētījumi, ozona uzņemšana caur lapu virsmu sausa gaisa apstākļos augiem var būt pat divreiz mazāka nekā mitrā laikā pie vienādiem citiem vides parametriem, jo sausa gaisa apstākļos augiem samazinās atvārsnišu atvērums (Sandermann et al., 1997; Harmens et al., 2005).



**1.1. attēls. Ozona izraisīti bojājumi piramidālās papeles (*Populus nigra*) (a) un parastā oša (*Fraxinus excelsior*) (b) lapām (Novak et al., 2003).**

Figure 1.1. Ozone induced damages for *Populus nigra* (a) and *Fraxinus excelsior* (b) leaves (Novak et al., 2003).

Noskaidrots, ka pret ozonu visjutīgākajām koku sugām sevišķi nelabvēlīgos apstākļos ozona kritiskais līmenis ir  $4 \text{ mmol}\cdot\text{m}^{-2}$  (projecētajai lapu virsmai) vienā augšanas sezonā, pieņemot par sliekšni  $1,6 \text{ nmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . Ozoliem (*Quercus spp.*) kritiskais līmenis ir 18 ppm h AOT40. Šādos apstākļos konstatējama 3-6 % biomasas samazināšanās (Karlsson et al., 2004). Simptomu attīstība lapu kociem salīdzinājumā ar skujkokiem ir straujāka (Sandermann, 1996).

Kopumā platlapjiem un skujkokiem pēdējos gados par kritisku līmeni ieteikts uzskatīt 5 ppm h AOT40. 5 ppm h ir saistīts ar 5 % augšanas samazināšanos vienā veģetācijas sezonā jutīgām lapu koku sugām – bērziem, dižskābaržiem (Karlsson et al., 2004; Harmens et al., 2005).

Antropogēnās darbības rezultātā urbānā vidē ir paaugstināta **smago metālu** koncentrācija. Augos smagie metāli nokļūst galvenokārt caur saknēm, daudz mazāk caur lapām. Smago metālu uzņemšanas ātrumu ietekmē augsnes pH, organisko vielu daudzums un citu katjonu un anjonu koncentrācija. Vairāki smagie metāli – Zn, Cu, Fe – nelielā koncentrācijā ir augu mikroelementi (Битюцкий, 2005; Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Smago metālu toksiskā ietekme izpaužas to spējā saistīties ar sēru saturošām vielām, veidojot noturīgus savienojumus. Viens no kaitīgākajiem efektiem ir smago metālu mijiedarbība ar SH grupas olbaltumvielām, kas izraisa fermentu inaktivizāciju un citas makromolekulu sastāvdaļu izmaiņas, izjaucot šūnas metabolismu un fizioloģiskos procesus.

Kopumā smagajiem metāliem ir raksturīga toksiska ietekme – fotosintēzes inhibēšana, asimilātu transporta un minerālās barošanās traucējumi (tiek inhibēta katjonu un anjonu uzņemšana caur saknēm), organisma ūdens un hormonālā statusa izmaiņas, augšanas kavēšana. Piemēram, hlorofila granulāciju un hloroplastu deģenerāciju var izraisīt paaugstināta Zn, Cd un Ni koncentrācija. Cu, Pb, Cd klātbūtne samazina fotosintēzes atslēgfermentu - RuBF-karboksilāze un FEP-karboksilāze - aktivitāti. Membrānas fermentu aktivitātes izmaiņas un tās bojājumi smago metālu ietekmē traucē jonu (piemēram, kālija) aizplūšanu no saknēm, kas izmaina jonu homeostāzi šūnās. Savukārt Pb un tā savienojumu infiltrēšanās augu šūnās var izsaukt olbaltumvielu neatgriezenisku denaturēšanos, bet Cd - samazināt skābekļa uzņemšanu caur saknēm (Ripa, Pētersons, 1968; Двораковский, 1983; Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Atmosfērā esošās sīkās cietvielu daļiņas – kvēpi, mašīnu riteņu saceltie putekļi, transportlīdzekļu virsmas seguma nodiluma daļiņas – uzkrājas uz lapu virsmas. Ar sodrējiem noklātajām melnajām lapām ir ievērojami lielāks albedo - tās vairāk sakarst, inaktivizējot fotosintēzes cikla fermentu darbību. Turklāt vasarā lapas klāj laputu izdalītā medusrasa un lapu izsvīdumi, uz kuriem nosēžas un pielīp kvēpi un putekļi, lietum vai laistāmās ierīces raidītai ūdens strūklai ir grūti noskalojami, tāpēc būtiski traucēts tiek fotosintēzes process (Ripa, Pētersons, 1968; Zvirgzds, 1986).

#### 1.4. Sniega un ledus kausēšanas līdzekļu izmantošana

Apledojums uz ielām un ietvēm ziemas periodā ievērojami paaugstina ceļu satiksmes negadījumu skaitu un ir iemesls dažādām iedzīvotāju, krītot iegūtām, traumām. Situācijas uzlabošanai ietvju un ceļu kaisīšanai pilsētās izmanto dažādus ķīmiskus un abrazīvus materiālus.

Videi un apstādījumiem visdraudzīgākā ir smilts un sīkas granīta šķembas, ko kā efektīvu līdzekli pielieto Ziemeļvalstīs.

Rietumos un citviet pasaulē plaši izmanto vārāmo sāli jeb nātrija hlorīdu (NaCl), kalcija hlorīdu (CaCl<sub>2</sub>), magnija hlorīdu (MgCl<sub>2</sub>), kalcija magnija acetātu ([CaMg<sub>2</sub>(CH<sub>3</sub>CO)<sub>2</sub>]<sub>6</sub>, CMA), etilēnglikolu, karbīdu un šo vielu maisījumus (Dobson, 1991; Ketcham, Fleege, 1996; Jeļisejevs, 2001; Bryson, Barker, 2002).

Pēc apstrādes ar minētajiem līdzekļiem sniegs un ceļa apledojums pārvēršas putrainā masā un šķīdumā, no kuriem daļu transportlīdzekļi braucot izšķaida uz koku apdobēm vai sētnieki no ietvēm satīrīto samet kaudzē ap kokiem. Pavasarī, iestājoties siltākam laikam, šī masa kūst un iesūcas augsnē. ASV un vairākās Eiropas valstīs vārāmās sāls deva tiek strikti reglamentēta - vidēji 30 g uz 1 m<sup>2</sup> ceļa braucamās daļas (brauktuves), bet, piemēram, Maskavā, tā nav noteikta un ir 3-4 reizes lielāka nekā citviet pasaulē (Новиков, 2005).

Daudzās pasaules valstīs (Francija, Lielbritānija, Slovēnija, Austrija, Vācija, Dānija, Norvēģija, Nīderlande, Beļģija, Somija, ASV, Krievija u.c.) ir veikti pētījumi par to, kāda ir sāls izmantošanas ietekme uz apstādījumu vitalitāti (Meyer, 1978; Bryson, Barker, 2002; Hartl, Erhart, 2002; Pauleit et al., 2002; Czerniawska-Kusza et al., 2004).

Tā kā Rīgā apledojuma likvidēšanai tiek izmantota vārāmā sāls (NaCl), tālāk tekstā plašāk raksturota tās galveno elementu ietekme uz augiem.

Sāls augos var nokļūt divējādi:

1. uzkrājoties augu sakņu zonā;
2. nogulsnējoties šlakatu (aerosolu) veidā vai lēni notekot pa lapu koku stumbru vai pumpuriem, un skujkoku stumbru, pumpuriem un skujām (Dobson, 1991; Jonhson, Sucoff, 2000).

Minimālā koncentrācijā Cl<sup>-</sup> augiem ir nepieciešami dzīvības funkciju nodrošināšanai. Neliels šī elementa daudzums lapās pazemina diastāzes sintētisko darbību un stimulē cietes sairšanas procesus, kas nosaka lapu atvēršņu stāvokli un gāzu apmaiņu. Cl<sup>-</sup>, līdzīgi kā nitrātoni vai hidroksiljoni, var sekmēt plazmas viskozitāti. Savukārt Na<sup>+</sup> augu šūnās piedalās „protonu sūkņa” darbības nodrošināšanā un fotofosforilācijas procesā (Ripa, 1967; Ripa, Pētersons, 1968; Bergmann, Neubert, 1976; Meyer, 1978; Mauriņa, 1987; Bergmann, 1988; Marschner, 1998; Denny, 2002; Taiz, Zeiger, 2002). Tomēr ir daudzi pētījumi, kas apstiprina un pierāda Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> fitotoksiskumu (Holmes 1961; Marschner, 1986; Brod, 1993; Gibbs, Palmer, 1994; Pedersen et al., 2000; Bryson, Barker, 2002; Hartl, Erhart, 2002; Paludan-Müller et al., 2002; Czerniawska-Kusza et al., 2004).

Gan sāls aerosols (šlakatas), gan augsnē uzkrājušies sāls joni var aizkavēt augšanu, izraisīt stumbru un lapu bojājumus, veicinot augu nokalšanu (Jonhson,

Sucoff, 2000). Turpretī pēc M. C. Dobsona pētījumiem sāls aerosoli reti izraisa koku nokalšanu, bet regulāri atkārtoties, koku vainags kļūst šaurāks, stumbrs tievāks, bet paši koki īsāki (Dobson, 1991).

Ziemā, miera stāvoklī, koku zari uztver sāli, kas pēc tam, iesūcoties zaros caur lapu rētām, pumpuriem un nepārkoksnējušos mizu, var sasniegt dzīvos audus. Tas izraisa snaudošo pumpuru vai tikko izplaukušo lapu nokalšanu, var būt cēlonis kambija šūnu brūnēšanai, iepriekšējo gadu zaru pieauguma daļas iznīkšanai (Sucoff, 1975; Dobson, 1991).

Pumpuru un zaru nokalšanai seko dzinumu saišķveida vai slotveida attīstība brauktuves pusē (1.2. att.). Lapu kokiem šāda veida simptomi redzami kļūst pavasarī, sākoties veģetācijai sezonai. Kā liecina ASV veiktie novērojumi, skujkokiem skuju un zaru galiņu brūnēšana brauktuves pusē sākas februāra beigās vai marta sākumā, kad paaugstinājusies gaisa temperatūra (Jonhson, Sucoff, 2000). Lapu kokiem simptomi bieži vien parādās vasaras, un līdz ar to arī augšanas sezonas, beigās, vai karstu un sausu laika apstākļu periodos. Tāpēc apsnigušiem zariem bojājumi ir mazāk izteikti.

Ziemā koku saknes sāļus neuzsūc, bet tās beigās, kad saule jau silda koku stumbrus, zarus un augsni, saknes sāk uzņemt šos balasta elementus, jo barības vielu augsnē parasti ir ļoti maz. Sāls uzkrāšanās augsnē pavasarī ir īpaši bīstama, jo sakrīt ar intensīvu sulas cirkulāciju kokiem.



**1.2. attēls. Kokaugu dzinumu saišķveida un slotveida attīstība sāls maisījuma šļakatu ietekmē (Jonhson, Sucoff, 2000).**

Figure 1.2. Development of "witches-brooms" for woody plants due to spray salt injury (Jonhson, Sucoff, 2000).

Paaugstināta Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> koncentrācija augsnes šķīdumā un augos:

- palielina kopējo sāļu daudzumu augsnē, kas negatīvi ietekmē jauno sakņu augšanu, augu apgādi ar ūdeni un izraisa stresa situāciju, kura rada novirzes fitohormonu attiecībās - samazinās giberelīnu, auksīnu un citokinīnu saturs, bet pieaug ABS un etilēna veidošanās, kas jaunajos un vēl nenobriedušajos auga orgānos veicina novecošanās procesus (Mauriņa, 1987; Neuman et al., 1996; Jonhson, Sucoff, 2000);
- samazina barības elementu - K, Mg, Ca, P, N - (Marschner, 1986; Neuman et al., 1996), kā arī sēra uzņemšanu no augsnes šķīduma, pārnesi un izvietojumu augos (Шевякова, Кузнецов, 2000);
- izraisa traucējumus fermentācijas procesos;
- rada šūnu membrānu funkcionēšanas izmaiņas;
- samazinot enzīmu aktivitāti, bremzē šūnu vielmaiņu (Marschner, 1986; Hartl, Erhart, 2002);
- veicina hlorofīla samazināšanos un hloroplastu degradāciju (Neuman et al., 1996).

**Sekas:**

- izmaiņas metaboliskajos procesos – elpošanā, fotosintēzē, proteīnu sintēzē, nukleīnskābju sintēzē;
- aizkavēta lapu plaukšana (Шевякова, Кузнецов, 2000);
- snaudošo pumpuru vai tikko izplaukušo lapiņu nokalšana (Gibbs, Burdekin, 1983);
- ilgstoši vairāku gadu bojājumi var palielināt kokaugu jutīgumu pret sekundārajām slimībām un kaitēkļu bojājumiem (Jonhson, Sucoff, 2000).

Turklāt nātrija jonu adsorbēšana degradē augsnes struktūru un veicina tās saputekļošanos (Davison, 1971; Meyer, 1978; Marschner, 1986; Neuman et al., 1996; Jonhson, Sucoff, 2000; Bryson, Barker, 2002). Rezultātā samazinās gaisa saturošo poru tilpums un ir traucēta ūdens caurplūde. Augsnē palielinās ogļskābās gāzes daudzums, tiek veicināti denitrifikācijas un desulfifikācijas procesi, kā arī traucēta ūdens caurplūde, bet CO<sub>2</sub> saturs var palielināties pat līdz 12 %.

Sāls izmantošana apledojuma kausēšanai var ietekmēt arī koksnes struktūru: pētījumos konstatēts, ka parastajai zirgkastaņai (*Aesculus hippocastanum*) samazinās kambija aktivitāte un koksnes šķiedru daudzums (Eckstein et al., 1976). Sāls negatīvā iedarbība galvenokārt skar augu virszemes orgānus; sakņu sistēma sāļus neuzkrāj (Шевякова, Кузнецов, 2000).

Vizuāli Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> toksiskā ietekme kokiem dažkārt novērojama tikai pēc vairākiem gadiem (Dobson, 1991; Jonhson, Sucoff, 2000). Parasti kokiem un krūmiem tā izpaužas šādi:

1. lapu malu un skuju galu dzeltēšana un brūnēšana;
2. kavēta augšana un panīkums;
3. priekšlaicīga lapu iekrāsošanās un nobiršana;
4. zaru un piezaru kalšana;
5. auga nokalšana.

Tā kā šīs pazīmes ir līdzīgas arī citu stresoru izraisītajām, īstā cēloņa noskaidrošanai nepieciešama papildus informācija, piemēram, augsnes un augu ķīmisko analīžu dati, mikrobioloģiskie pētījumi u.t.t.

### 1.5. Biotiskie faktori

Viens no uzskatāmākajiem biotisko faktoru ietekmes piemēriem ir kokaugu un sēņu **simbioze**.

Kā aprakstīts iepriekš, urbānā vidē koku vitalitāti lielā mērā nosaka apstākļi, kādos funkcionē saknes. Nelabvēlīgos augšanas apstākļos mikorizas sēņu attīstība pastiprina koku dzīvotspēju. Mikoriza var ietekmēt vairākus augu fizioloģiskos procesus: ūdens izmantošanas efektivitāti, atvērtnīšu vadītspēju, transpirāciju un oglekļa dioksīda apmaiņu, aktivizēt barības elementu, īpaši fosfora, uzņemšanu (Craul, 1992; Ruiz-Lozano et al., 1996; Nielsen, Rasmussen, 1999; Denny, 2002; Weissenhorn, 2002; Appleton et al., 2003).

Pētījumi liecina, ka paaugstināts sāls saturs augsnē un sakņu arbuskulārā mikoriza stimulē labāku augu augšanu un spēcīgāku to attīstību (Tsang, Maun, 1999).

Zinātniskajā literatūrā (Jone, Hutchinson, 1988a,b; Christie et al., 2004) plaši aprakstīta mikorizas sēņu loma, akumulējot smagos metālus ar tiem piesārņotajās augsnēs un tādējādi palielinot saimniekauga toleranci. Saskaņā ar H. J. Dennija un D. A. Wilkinsa eksperimentiem bērziem, kam attīstījusies ektomikoriza, pie paaugstinātas Zn koncentrācijas ir lielāks augšanas ātrums un zemāka Zn koncentrācija saknēs, salīdzinājumā ar bērziem bez mikorizas. B. A. D. Hetriks un citi pētnieki konstatējuši, ka augstas smago metālu koncentrācijas apstākļos arbuskulārās mikorizas infekcija samazinājusi Zn, Cd un Mn saturu lapās (Denny, Wilkins, 1987; Hetrick et al., 1994).

Piemēram, ektomikoriza var veidoties parastajai liepai (*Tilia cordata*), tūbainajai liepai (*Tilia tomentosa*), parastajam dižskābārdim (*Fagus sylvatica*), bērzam (*Betula spp.*), ozolam (*Quercus spp.*), bet arbuskulārā mikoriza – parastajai zirgkastaņai (*Aesculus hippocastanum*), Holandes vīksnai (*Ulmus x hollandica*). Dažām koku sugām – vītolam (*Salix spp.*), apsei/ papelei (*Populus spp.*), alksnim (*Alnus spp.*) - var veidoties kā endo-, tā arī ektomikoriza (Newton et al., 1991; Jackson et al., 1995; Garbaye, Churin, 1996; Nielsen, Rasmussen, 1999; Weissenhorn, 2002, 2005).

Kopumā stipri mikotrofi koki ir ozoli (*Quercus spp.*), skābarži (*Carpinus spp.*), dižskābarži (*Fagus spp.*) un skujkoki; vāji – bērzi (*Betula spp.*), gobas (*Ulmus spp.*), vīksnas (*Ulmus spp.*), kļavas (*Acer spp.*), alkšņi (*Alnus spp.*), apses/ papeles (*Populus spp.*); nemikotrofi – oši (*Fraxinus spp.*), vilkābeles (*Crataegus spp.*), segliņi (*Euonymus spp.*), plūškoki (*Sambucus spp.*) u.t.t. (Mauriņa, 1974).

Diemžēl, kā jau iepriekš minēts, pilsētās bieži vien šīs simbiotiskās attiecības ir traucētas vai vispār neveidojas.

Urbānajās ekosistēmās antropogēnās noslodzes rezultātā izmainās zoocenozes struktūra – samazinās sugu daudzveidība (Wałęza et al., 2002).



No zemākajiem organismiem liela nozīme ir augsnes baktērijām un zemākajām sēnēm, kas piedalās organisko vielu noārdīšanas procesos.

*Urbānā* vide veicina kokaugu **sēnīšslimību**, kā arī **kaitēkļu** atīstību un izplatību, jo pilsētas apstākļi nav labvēlīgi šo kaitēkļu parazitājiem un putniem, kas ir nozīmīgi kāpuru iznīcinātāji. Dažādi lapu kaitēkļi samazina lapu kopējo virsmu, vājinot fotosintēzes norisi un izraisot defoliāciju (Dobbertin, 2005). Rezultātā samazinās koku gadskārtu pieaugumi. Piemēram, ir konstatēta sakarība starp insektu izraisīto defoliāciju un šauru, netipiski baltu gadskārtu veidošanos Amerikas apsei (*Populus tremuloides*). Savukārt mākslīgas defoliācijas apstākļos, imitējot kaitēkļu darbību, šai sugai novērota koksnes šķiedru diametra un radiālā pieauguma samazināšanās (Hogg et al., 2002; Jones et al., 2004).

Barošanās laikā tīklērcu dzimtas (*Tetranychidae*) īpatņi izsūc citoplazmu un šūnsulu no lapu apakšpuses šūnām, kā rezultātā izmainās lapas krāsa, oglekļa dioksīda asimilācijas intensitāte, elpošana, transpirācija un asimilātu translokācija, samazinās hlorofila saturs un cietes akumulācija. Minētās fizioloģiskās norises izraisa priekšlaicīgu lapkriti, hlorozi, nekrozes attīstību. Līdz ar to samazinās koku estētiskā vērtība (Wałęza et al., 2002).

Šo kaitēkļu savairošanos veicina arī augsnes sasāļošanās. Konstatēts, ka, paaugstinoties sāls saturam augsnē, liepu lapās rodas lielāks daudzums brīvo aminoskābju, kas ir galvenais barības avots ērcītēm. Tuvu ielas apmalei augošu liepu lapām ir izjaukta saharozes-fenola regulācija, kas veicina ērcīšu attīstību. Turpretī putekļu daudzums uz lapām ērcīšu savairošanos neietekmē (Wałęza et al., 2002).

Latvijā biežāk izplatītie liepu lapu kaitēkļi ir liepu maurērce (*Eriophyes leiosoma*), liepu lapu kārpērce (*Phytoptus tetretichus*), liepu lapu dzīslu maurērce (*Eriophye tiliae*). Ielu apstādījumos nereti novērojamas liepu laputis (*Eucallipterus tiliae*) (Rupais, Kalniņa, 1979; Rupais, 1989). Sausais mikroklimats veicina tīklērcu savairošanos. Liepām raksturīgās tīklērces – *Eotetranychus tiliarum* un *Tetranychus urticae* - izraisa priekšlaicīgu lapbiri jau augustā un sevišķi kaitē ielu apstādījumiem (Rupais, Kalniņa, 1979).

Bieži sastopams kaitēklis ir liepu zobspārnis (*Phalera bucephala*), kas parazitē arī uz ozoliem, vīksnām, gobām, retāk bērziem, vītoliem, dižskābaržiem u.c. kokaugiem. Nereti novērotas arī komatveida bruņutis (*Lepidosaphes ulmi*), kuru kāpuri un pieaugušie īpatņi sūc barības auga dažāda vecuma zaru mizu. Sevišķi savairojas uz novājinātām liepām. Jaunām liepām ceļmalu stādījumos kaitē bērzu vērpējs (*Eriogaster lanestris*) (Rupais, Kalniņa, 1979).

Apstādījumu fizioloģisko stāvokli negatīvi ietekmē arī citi dzīvie organismi: īpaši bīstami ir koksnes mikroorganismi, kas var būt gan patogēni, gan parazitāri (Shigo, 1984); arī dažādu sēnīšu attīstība var izraisīt kokaugu bojāeju (Rupais, Kalniņa, 1979; Terho, Hallaksela, 2005).

Kopumā pastiprināta parazitāru attīstība pilsētas apstākļos vairāk novērota vietējām koku sugām, piemēram, parastajām liepām, platlapu liepām, zirgkastaņām, tāpēc speciālisti iesaka stādīt Holandes liepas, kuras kaitēkļi invadē daudz mazākā mērā (Zvirgzds, 1986; Rupais, 1989).

### 1.6. Mehāniskā un fiziskā ietekme

Ielu kokiem bieži novērojami dažādi mehāniski stumbra bojājumi, kas parasti veicina sēnīšu infekciju, trupes un vēža attīstību, kā arī izraisa citas slimības (Dujesiefken et al., 1999; Wilson, Harrell, 2001). Koksnes savainojumu rezultātā kambijs veido plānu, unikālu šūnu slāni jeb barjerzonu, kas atdala veselos, pirms bojājuma audus no tiem, kas veidojušies pēc tam (Shigo, 1984). Regulāri stumbra mizas nobrāzumi turpmāko gadu laikā var būt par cēloni koka bojāejai. Lielbritānijā pat līdz 30 % jauno ielu kociņu cieš no vandāļu postījumiem (Pauleit, 2003).

Trupes attīstību un koksnes krāsas izmaiņas var izraisīt zaru apgriešana (Dujesiefken, Stobbe, 2002). Arī ceļu un komunikāciju tīkla un sistēmu remontdarbi un avārijas (ūdensvada plīsumi, siltumtīkla bojājumi utt.) negatīvi ietekmē apstādījumu veselību un dzīvotspēju. Koka sakņu bojājumi izraisa lapu dzeltēšanu un malu apdegumus, kas ir līdzīgi sausuma stresa pazīmēm, tikai šajā gadījumā apstākļos, kad mitrums augsnē ir pietiekošs (Wilson, Harrell, 2001).

\*\*\*

Cilvēka darbības ietekme uz apstādījumiem urbānā vidē ir ļoti daudzpusīga. Netieša tās izpausme ir pašreizējie specifiskie mikroklimata un edafiskie apstākļi.

Īsāks sala periods, ātrāka sniega nokušana un pavasara salnu izbeigšanās, kā arī vēlāks rudens salnu sākums, pagarina veģetācijas periodu. Turpretī augsnes sablīvēšanās, barības elementu un ūdens trūkums, ledus kausēšanai izmantotā sāls savukārt paātrina lapkriti. Tādējādi viens faktors var veicināt vai kavēt kāda cita faktora ietekmi uz pilsētas apstādījumiem.

Nelabvēlīgo faktoru iedarbība saīsina kokaugu mūžu. Parastā liepa mežā vidēji dzīvo 300-400 gadus, parkā 125-150 gadus, bet ielu apstādījumos tikai 50-80 gadus; vīksna attiecīgi 350-400, 100-120, 40-50 gadus (Горышина, 1979). Tātad likumsakarīgi - jo lielāks attālums no pilsētas centra, jo garāks ir koku augšanas un dzīves periods (Chmielewski, 1996).

Kopumā augu fizioloģisko stāvokli un noturību pret kaitīgo faktoru ietekmi pilsētvidē nosaka dažādi mikroklimatiskie parametri (temperatūra, nokrišņu daudzums u.t.t.), barības elementu bilance augsnē, vides piesārņojuma intensitāte un veids, kā arī kaitēkļi. Tādēļ, lai apstādījumi sniegtu maksimāli pozitīvu efektu iespējami samazināma apkārtējās vides nelabvēlīgo faktoru ietekme, bet pilsētu apzaļumošanai izmantojamas šādiem apstākļiem piemērotākās kokaugu sugas.

## 2. SUGU PIEMĒROTĪBA IELU APSTĀDĪJUMIEM

Urbānā vidē ielu apstādījumus ierīko dažādiem mērķiem – ietvju norobežošanai un nodalīšanai no brauktuves, vides piesārņojuma (trokšņa, atmosfēras piesārņojuma u.c.) samazināšanai, estētiskās un ainaviskās kvalitātes uzlabošanai.

A. Zvirgzds atzīst, ka „pilsētas šaurībā un ekosistēmas piesārņotībā vajadzīgi īpaši atlasīti koki – atlasītas sugas, to ekotipi, varbūt pat īpaši selekcionētas pilsētas kokaugu šķirnes” (Zvirgzds, 1986). Zinātniskajā literatūrā minēti vairāki pētījumi un dati par kokaugu piemērotību pilsētvidei, norādot to priekšrocības un trūkumus.

Galvenie sugu piemērotības atlases **kritēriji** ielu apstādījumiem pēc Strobela (Pauleit, 2003) ir:

1. kvalitāte (estētiskā vērtība – koka veidols, vainaga forma, zaru struktūra un tekstūra, miza; lapām: tekstūra, krāsa, krāsainība rudenī u.t.t.);
2. ilgmūžība:
  - 2.1. rezistence stresa apstākļos (karstuma un sausumizturība, ziemcietība, piemērotība augsnes pH un kaļķa saturam, noturība pret augsnes sablīvēšanos, kaitēkļiem un slimībām, paaugstinātu atmosfēras piesārņojumu, sniega un ledus kausēšanai izmantoto sāli);
  - 2.2. fiziskā stabilitāte un ceļu drošība (mehāniskā izturība un noturība pret vējgāzēm un snieglauzēm, alergēnais efekts).
3. audzēšanas un pavairošanas iespējas.

Visvieglāk sugu atlase ielu apstādījumiem veicama, balstoties uz stādāmā materiāla kvalitāti, audzēšanas un pavairošanas iespējām un mehānisko izturību. Lielākas problēmas rada sugu rezistence stresa apstākļos, īpaši tad, ja paaugstināts ir gaisa un augsnes piesārņojums.

Salīdzinot vairākos pētījumos iegūtos datus par kokaugu noturību pret gaisa piesārņojumu, redzam, ka daļu sugu visi autori atzīst par noturīgām, bet par vairākām citām uzskati ir dažādi vai pat pretēji. Kā neizturīgākie atzīti skujkoki un mūžzaļie lapu koki (Zvirgzds, 1986; Craul, 1992).

Daži autori norāda, ka pret gaisa piesārņojumu (SO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub>, F<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>) vistolerantākās sugas ir sausserdis (*Lonicera spp.*), šaurlapu eleagns (*Eleagnus angustifolius*), kalnu kļava (*Acer pseudoplatanus*), ošlapu kļava (*Acer negundo*), vidēji izturīgas - Šelkoviņa papele, turkestānas ozols, bet neizturīgas - liepa (*Tilia spp.*) un parastā zirgkastaņa (*Aesculus hippocastanum*) (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Pēc V. Antipova datiem pret dūmgāzēm mazizturīga ir platlapu liepa (*Tilia platyphyllos*) un parastā zirgkastaņa (*Aesculus hippocastanum*). Turpretī parastā liepa (*Tilia cordata*), parastā kļava (*Acer platanoides*), kalnu kļava (*Acer pseudoplatanus*) un parastais kadiķis (*Juniperus communis*) iekļauti samērā izturīgo jeb vidēji izturīgo kokaugu grupā, savukārt baltā robīnija (*Robinia pseudoacacia*) – izturīgo un divdaivu ginks (*Ginkgo biloba*) – pret dūmgāzēm ļoti izturīgo kokaugu grupā (Zvirgzds, 1986).

V. Larhers, atsaucoties uz G. Krūsmana un H. G. Dāslera pētījumiem, par paaugstināta gaisa piesārņojuma apstākļiem piemērotām koku sugām uzskata parasto kļavu (*Acer platanoides*), ozolus (*Quercus spp.*), mūžzaļo buksi (*Buxus sempervirens*), parasto kadiķi (*Juniperus communis*), parasto īvi (*Taxus baccata*); par mazāk piemērotām – divdaivu ginku (*Ginkgo biloba*), balto robīniju (*Robinia pseudoacacia*), melno priedi (*Pinus nigra*), tūjas (*Thuja spp.*) (Larcher, 2003).

Tādējādi dažādos pētījumos par noturību pret atmosfēras piesārņojumu vienai un tai pašai sugai, kā, piemēram, divdaivu ginkam (*Ginkgo biloba*) un baltajai robīnijai (*Robinia pseudoacacia*), konstatēti pat pilnīgi pretēji rezultāti. Iespējams šīs atšķirības kokaugu sugu iedalījumā ir noteicis vides piesārņotāja raksturs, kokaugu noturība dažādos klimata apstākļos un pētījumu vietās.

Katras sugas un indivīda noturību pret kaitīgām gāzēm un kaitīgo vielu paaugstinātām koncentrācijām nosaka to spēja regulēt gāzu uzņemšanu, veikt detoksikāciju un saglabāt jonu homeostāzi un citoplazmas skābumu. Gāzu iekļūšanu, pirmkārt, nosaka atvārsnīšu aizvēršanās ātrums kaitīgo gāzu apstākļos, otrkārt, noturība pret toksiskajām gāzēm var būt saistīta ar katjonu daudzumu, kāds spēj neitralizēt anhidrīdskābi (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Iepriekš minētās, pret atmosfēras piesārņojumu noturīgās sugas - šaurlapu eleagns (*Eleagnus angustifolia L.*), Šelkovicā papele, Turkestānas ozols u.c. - labi attīstās arī augsnēs ar paaugstinātu sāļainību. Neizturīgās sugas, kā liepas (*Tilia spp.*), un kastāņi (*Aesculus spp.*) (1.2. tab.), šādās augsnēs aug daudz sliktāk. Parasti augi, kas noturīgi pret sausumu, augsnes sasāļošanas un citiem stresoriem, ir diezgan tolerantā arī pret gāzēm, iespējams, pateicoties spējai regulēt ūdens režīmu un sāls koncentrāciju (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Saskaņā ar H. Maršnera pētījumiem kokaugu toleranci pret paaugstinātām sāls koncentrācijām augsnē nosaka to genotipu atšķirības. Sāls tolerantās sugas šādiem vides apstākļiem ir izveidojušas vairākus aizsargmehānismus (Marschner, 1998).

Tomēr arī pētījumu rezultāti par augu toleranci pret sāli ir pretrunīgi (2.1. tab.). Piemēram, parastā zirgkastaņa (*Aesculus hippocastanum*) atzīta gan par sāls jutīgu, gan vidēji tolerantu, gan tolerantu; bērzi (*Betula spp.*) – vidēji un stipri sāls tolerantā; pensilvānijas osis (*Fraxinus pennsylvanica*) – vidēji tolerantā un stipri tolerantā. Kopumā sāls tolerantā ir arī ozoli (*Quercus spp.*) un melnā priede (*Pinus nigra*). Vairāk vai mazāk sāls jutīgas ir, piemēram, kļavas (*Acer spp.*) un bērzi (*Betula spp.*). Sāļaina vide nav piemērota liepas (*Tilia spp.*), parastās egles (*Picea abies*), meža dižskābarža (*Fagus sylvatica*), Eiropas lapegles (*Larix decidua*), Menzīsa duglāzijas (*Pseudotsuga meziensis*) u.c. sugu augšanai.

Tomēr pilnīgi sāls tolerantu sugu nav. G. R. Džonsons un E. Sukofs norāda, ka sugas, kas ir tolerantā pret sāls aerosoliem (šļakatām), var arī nebūt tikpat tolerantā pret paaugstinātu sāls saturu augsnē (Johnson Sucoff, 2000).

Arī Šveices zinātnieku veikto pētījumu rezultāti par lapu koku toleranci pret ozonu ir atšķirīgi. M. Šaubis un K. Novāks kā visjutīgāko sugu uzrāda piramidālo papeli (*Populus nigra*), tai seko vilnainā irbene (*Viburnum lantana*), baltais vītols (*Salix alba*), parastā irbene (*Viburnum opulus*), platlapu liepa (*Tilia platyphyllos*), baltais grimonis (*Cornus alba*), plūme (*Prunus avium*), parastais osis (*Fraxinus*

## 2.1. tabula

Table 2.1

**Kokaugu iedalījums pēc sāls tolerances**  
Classification of woody plants depending on salt tolerance

Sugas Species	Literatūras avots, Reference			
	Francois, Clark, 1978	Dobson, 1991	Johnson, Sucoff, 2000	Шевякова, Кузнецов, 2000
<u>Sāls jutīgas</u>				
<i>Acer saccharum</i>			x	
<i>Acer spp.</i>	x			
<i>Aesculus hippocastanum</i>	x			x
<i>Betula spp.</i>				x
<i>Carpinus betulus</i>	x	x		
<i>Fagus sylvatica</i>	x	x		
<i>Larix decidua</i>	x		x	
<i>Picea abies</i>	x	x	x	
<i>Populus spp.</i>				x
<i>Pseudotsuga mezesii</i>	x			
<i>Tilia americana</i>		x	x	
<i>Tilia cordata</i>			x	
<i>Tilia spp.</i>	x			x
<u>Vidēji tolerantas</u>				
<i>Acer negundo</i>			x	
<i>Acer rubrum</i>			x	
<i>Acer saccharum</i>		x		
<i>Aesculus hippocastanum</i>		x		
<i>Betula spp.</i>			x	
<i>Fraxinus excelsior</i>		x		
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>			x	
<i>Pinus sylvestris</i>		x	x	
<i>Populus deltoides</i>			x	
<i>Populus tremuloides</i>			x	
<i>Quercus palustris</i>			x	
<i>Sorbus aucuparia</i>		x		
<i>Ulmus americana</i>			x	
<u>Sāls tolerantas</u>				
<i>Acer ginnala</i>				x
<i>Aesculus glabra</i>			x	
<i>Aesculus hippocastanum</i>			x	
<i>Eleagnus angustifolia</i>	x	x		
<i>Fraxinus pennsylvanica</i>		x		
<i>Pinus nigra</i>	x	x	x	
<i>Populus alba</i>		x	x	
<i>Populus canescens</i>		x		
<i>Quercus alba</i>			x	
<i>Quercus robur</i>		x		
<i>Quercus rubra</i>			x	
<i>Quercus spp.</i>	x			
<i>Robinia pseudoacacia</i>	x	x		
<i>Ulmus glabra</i>		x		

*excelsior*), alpu vērene (*Ribes alpinum*) un parastā liepa (*Tilia cordata*) (Schaub et al., 2001, 2002; Novak et al., 2003). Turpretī van der Heidens ar līdzautoriem koku sugas pēc jutīguma pakāpes sarindo šādi: visjutīgākā ir plūme (*Prunus serotina*), tad vilnainā irbene (*Viburnum lantana*), klūdziņu kārkls (*Salix viminalis*), parastais pabērzs (*Rhamnus cathartica*), āra bērzs (*Betula pendula*), plūme (*Prunus avium*), parastais osis (*Fraxinus excelsior*) un parastais dižskābārdis (*Fagus sylvatica*). Kā vismazāk jutīga suga uzrādīta kalnu kļava (*Acer pseudoplatanus*) (van der Heyden, 2001).

Ielu apstādījumu augsnes dažādu faktoru ietekmē sablīvējas. P. Krauls apkopojis datus par koku sugu rezistenci blīvās, anaerobās augsnēs. Piemēram, kā visnoturīgākās sugas minētas: ošlapu kļava (*Acer negundo*), Pensilvānijas osis (*Fraxinus pennsylvanica*), vītoli (*Salix spp.*), Amerikas vīksna (*Ulmus americana*), vilkābeles (*Crataegus spp.*), kā vidēji noturīgas: parastā kļava (*Acer platanoides*), sarkanais ozols (*Quercus rubra*), Amerikas liepa (*Tilia americana*), bet kompakta augsne nepiemērota ir cukura kļavai (*Acer saccharum*), melnajai priedei (*Pinus nigra*), Amerikas osim (*Fraxinus americana*), parastajam pīlādzim (*Sorbus aucuparia*) (Craul, 1992).

Tādējādi var izdalīt pret katra vides faktora ietekmi noturīgas, mazāk tolerantas un nenoturīgas sugas.

Kaut gan Centrālās un Ziemeļrietumeiropas pilsētu apstādījumos sastopamo kokaugu sugu spektrs ir plašs, 50-70 % ielu apstādījumu veido tikai 3-5 sugu koki. Populārākās ir liepas (*Tilia spp.*), kļavas (*Acer spp.*), platānas (*Platanus spp.*), zirgkastaņas (*Aesculus spp.*), ozoli (*Quercus spp.*) un oši (*Fraxinus spp.*). Ziemeļeiropas ielu apstādījumiem raksturīga tikai kādas vienas sugas vai pat klona izmantošana (Pauleit et al., 2002).

Jāatzīmē, ka urbanizētajā vidē parasti visvairāk stādītās sugas ir nenoturīgas pret antropogēno piesārņojumu. Piemēram, Maskavas centrā visizplatītākās ir: parastā liepa (*Tilia cordata*) (33 %), Pensilvānijas osis (*Fraxinus pennsylvanica*) (11 %), parastā kļava (*Acer platanoides*) (13 %), parastais osis (*Fraxinus excelsior*) (11 %), *Acer negundo* (9 %), balzama papele (*Populus balsamifera*) (8 %). Savukārt Maskavas Augu fizioloģijas institūta zinātnieki gar maģistrālēm iesaka stādīt šādus kokus un krūmus: sarkano vilkābeli (*Crataegus rubra*), zemo gobu (*Ulmus pumila*), parasto vīksnu (*Ulmus laevis*), piramidālo papeli (*Populus nigra*), Pensilvānijas osi (*Fraxinus pennsylvanica*) u.c. (Разработка технологии ..., 1998). No minētajām sugām tikai Pensilvānijas osis (*Fraxinus pennsylvanica*) ir gan izplatīts, gan šādiem stādījumiem rekomendēts.

Varšavas ielu apstādījumos biežāk sastopamās sugas ir: parastā liepa (*Tilia cordata*) un platlapu liepa (*Tilia platyphyllos*). Stādīšanai ieteikta arī tūbainā liepa (*Tilia tomentosa* 'Varsaviensis'), kas diezgan labi aug pat nelielā attālumā no ietves-brauktuves malas (Wałęza et al., 2002).

Rīgas centra ielu apzaļumošanai aptuveni 100 gadu laikā izmēģinātas vairāk nekā 20 koku sugas. Pēc A. Zvirgzda pētījumiem samērā labi audzis Pensilvānijas osis (*Fraxinus pennsylvanica*) un zaļais osis (*Fraxinus subintegerrima*), kuru zarojums ziemā nav piemērots vainaga veidošanai (Zvirgzds, 1986). Līdzīgas

īpašības raksturīgas arī platlapu liepai (*Tilia platyphyllos*) un purva bērzam (*Betula pubescens*). Pilsētas apstākļos vidēji izturīga un vizuāli mazāk izskatīga ir zirgkastaņa (*Aesculus hippocastanum*), bet nepiemērota - parastā liepa (*Tilia cordata*), āra bērzs (*Betula pendula*), parastā goba (*Ulmus glabra*), vīksna (*Ulmus laevis*) un papeles (*Populus x petrovskyana*, *Populus x canadensis*), kas vairumā gadījumu ir uzņēmīgas pret kaitēkļiem un slimībām. Papeļu sakņu sistēma bojā ēku pamatus, komunikāciju sistēmas un asfalta segumu, bet sēkļu veidošanās laikā tās piesārņo gaisu, kanalizāciju un ūdenstilpnes ar pūkām, kā arī daļai iedzīvotāju izraisa alerģisku reakciju.

Par labāko un pret stresa faktoriem noturīgāko sugu Rīgas ielu apstādījumiem A. Zvirgzds un A. Rupais atzinuši Holandes liepu (*Tilia x vulgaris*) (Zvirgzds, 1986; Rupais, 1989).

\*\*\*

Jāsecina, ka nav universālu kokaugu sugu, kas būtu piemērotas jebkuriem vides apstākļiem un atbilstu visiem kritērijiem. Katrai pilsētai raksturīgi savi specifiski apstākļi, kas nelabvēlīgi ietekmē apstādījumus. Kopumā ielu apzaļumošanai visnepiemērotākie ir skujkoki un mūžzaļie koki.

Pētnieki atzinuši, ka katrā dabas reģionā un klimata zonā ir savs, konkrētās pilsētas apstākļiem atbilstošs koku sortiments, un ikvienai pilsētai būtu izstrādājams ieteicamo ielu apstādījumu sugu saraksts. Tādi ir sastādīti, piemēram, Rīgai (Zvirgzds, 1986), Ņujorkai (Street Trees ... , 2006), Maskavai (Разработка технологии ... , 1998) u.c. pilsētām.

Pēc literatūrā minētā secināms, ka paaugstināta atmosfēras piesārņojuma apstākļos parastā liepa (*Tilia cordata*) un parastā zirgkastaņa (*Aesculus hippocastanum*), kas izplatītas Rīgas centra ielu apstādījumos, ir nenoturīgas vai maznoturīgas, bet parastā kļava (*Acer platanoides*) noturīga vai vidēji noturīga suga. Savukārt sāls jutīgas ir gan liepas (*Tilia spp.*), gan kļavas (*Acer spp.*), bet par parasto zirgkastaņu (*Aesculus hippocastanum*) dati ir pretrunīgi.

### 3. RĪGAS CENTRA IELU APSTĀDĪJUMU RAKSTUROJUMS

#### 3.1. Rīgas centra ielu apstādījumu sistēmas attīstība

Ielu apstādījumu aizsākumi Rīgas centrā datējami ar 18. gs., kad 1771. gadā, pēc rātskunga J. K. Bērensena ierosinājuma, vasarnīcu kolonijas tiek savienotas ar pilsētas Jēkaba un Smilšu vārtiem, izveidojot pastaigu aleju jeb promenādi (Pūka, 2001; Pūka u.c., 1988). Citos literatūras avotos ir norādīts, ka vairākas alejas savienojušas atsevišķus pilsētas vārtus nocietinājumu mūra ārpusē, bet pirms priekšpilsētu nodedzināšanas 1812. gadā koku rindas bijušas vēlāko Brīvības un Kalpaka bulvāru rajonā un gar galvenajiem satiksmes ceļiem (Dāvidsone, 1988). Tādējādi aleju stādījumiem Rīgas centrā ir lineārās apstādījumu struktūras pazīmes (Čekstere, Nikodemus, 2005).

Saskaņā ar pilsētas labiekārtošanas projektiem laika periodā no 1812. līdz 1879. gadam ap vecpilsētu tiek veidota reprezentatīva zona ar harmonisku apbūvi un plašiem apstādījumiem. Alejas ar kokiem ierīko Esplanādē (Pārpuce, 2001). Ņemot vērā Rīgas ģenerālgubernatora Filipa Pauluči ideju, ka „koku rindu plaukstošai dzīvībai jāklūst par sabiedrības prieka nesēju”, tiek veidotas pastaigu alejas jeb promenādes, kas savieno pilsētas vārtus ar jaunizbūvējamām priekšpilsētām aiz Elizabetes un Turgēņeva ielu līnijas pāri Esplanādei, kas tolaik ir klajš laukums (Pūka, 2001). Aleju braucamās daļas platums ir 6 asis jeb 12,8 m, kuras malas ierobežo koku dubultrindas ar pastaigu celiņiem vidū. Jēkaba vārtus ar vasarnīcu koloniju Ganību dambī savieno papeļu aleja. Līdzīga ir arī aleja virzienā no Vecpilsētas Maskavas forštates līdz Turgēņeva ielai. Vizuāli izskatīgākā ir aleja no Citadeles vārtiem līdz 1. Ķeizardārzam. Savukārt 5,5 asu platu aleju izveido no Smilšu vārtiem līdz Kārļa vārtiem, pilsētas nocietinājumu ārpusē. Promenāžu izbūve tiek pabeigta 1840. gadā. Līdz 1863. gadam iestādītas alejas arī Raiņa un Brīvības bulvārī, Ganību dambī jeb tagadējā Pulkveža Brieža ielā, Tērbatas ielā gar Vērmānes dārzu, Kalpaka bulvārī gar Esplanādi, ar kokiem apzaļumotas Nikolaja (Kr. Valdemāra), Suvorova (Kr. Barona) un citas ielas (Dāvidsone, 1978; Pūka, 1988, 2001; Капаклис, 1952). Kopumā līdz 1880. gadam, kad notiek pirmā koku uzskaitīšana, kopējais koku skaits pilsētas ielu un bulvāru apstādījumos ir 10 000, bet apstādīto posmu garums - 24 verstis (Zeidaks, 1932).

19. gs. otrajā pusē, nojaucot Rīgas cietoksni, savu nozīmi zaudē arī klajais Esplanādes pusloks, kuru apbūvējot - uzceļot tagadējās Latvijas Mākslas akadēmijas un Valsts Mākslas muzeja ēkas – cieš pastaigu alejas, jo daļa koku tiek nocirsti, bet daļa - pārstādīti citur.

Jaunus ielu apstādījumus no 1880. līdz 1914. gadam ierīko gar izplānotajām taisnajām un jaunveidojamām ielām un bulvāriem, tai skaitā kādreizējā Esplanādes daļā, kur izbūvē centrālo staciju (Pūka, 2001).

No 1903. līdz 1911. gadam aleju koki Rīgas centrā tiek iestādīti Elizabetes ielā gar Strēlnieku dārzu, Kronvalda bulvārī, Pulkveža Brieža, Skolas, Lāčplēša, Bruņinieku, Kr. Valdemāra, Stabu, Turgēņeva, Miera, Elizabetes, Ģertrūdes, Pumpura un J. Alunāna ielā (Zeidaks, 1932; Pūka u.c., 1988). Šie apstādījumi



pilsētas zaļajā sistēmā iezīmē režģveida apstādījumu struktūras principu (Čekstere, 2004).

Šajā laikā vērojama arī cita tendence - apstādījumu aizņemto platību samazināšana daudzstāvu apbūves, pazemes komunikāciju, transporta sistēmas vajadzībām, piemēram, 1905. gadā Basteja bulvārī saskaņā ar tramvaja izbūvi, tiek izņemta zirgkastaņu rinda kanāla pusē, veikta kanālmalas apbūve (Pūka u.c., 1988).

1930. gadu sākumā Rīgas centrā aleju stādījumi ir Ausekļa ielā, Baznīcas ielā, Brīvības bulvārī, Bruņinieku ielā, Pulkveža Brieža ielā, Elizabetes ielā, Eksporta ielā, Ģertrūdes ielā, Hanzas ielā, Kr. Barona ielā, Kronvalda bulvārī, Maskavas ielā, Miera ielā, Merķeļa ielā, Rēveles (Tallinas) ielā, Stabu ielā. Tādējādi daudz izteiktāk Rīgas centra apstādījumu struktūrā iezīmējas režģveida princips.

Savukārt, kā var secināt no 1979. gada Rīgas centra apstādījumu inventarizācijas datiem un 1980. gadu Rīgas pilsētas zemes uzmērīšanas kartēm, tad šajā laikā apzaļumoti ir vairāki ielu posmi ārpus bulvāru zaļā loka regulāras taisnstūra apbūves teritorijās virzienā uz perifēriju (Čekstere, 2004).

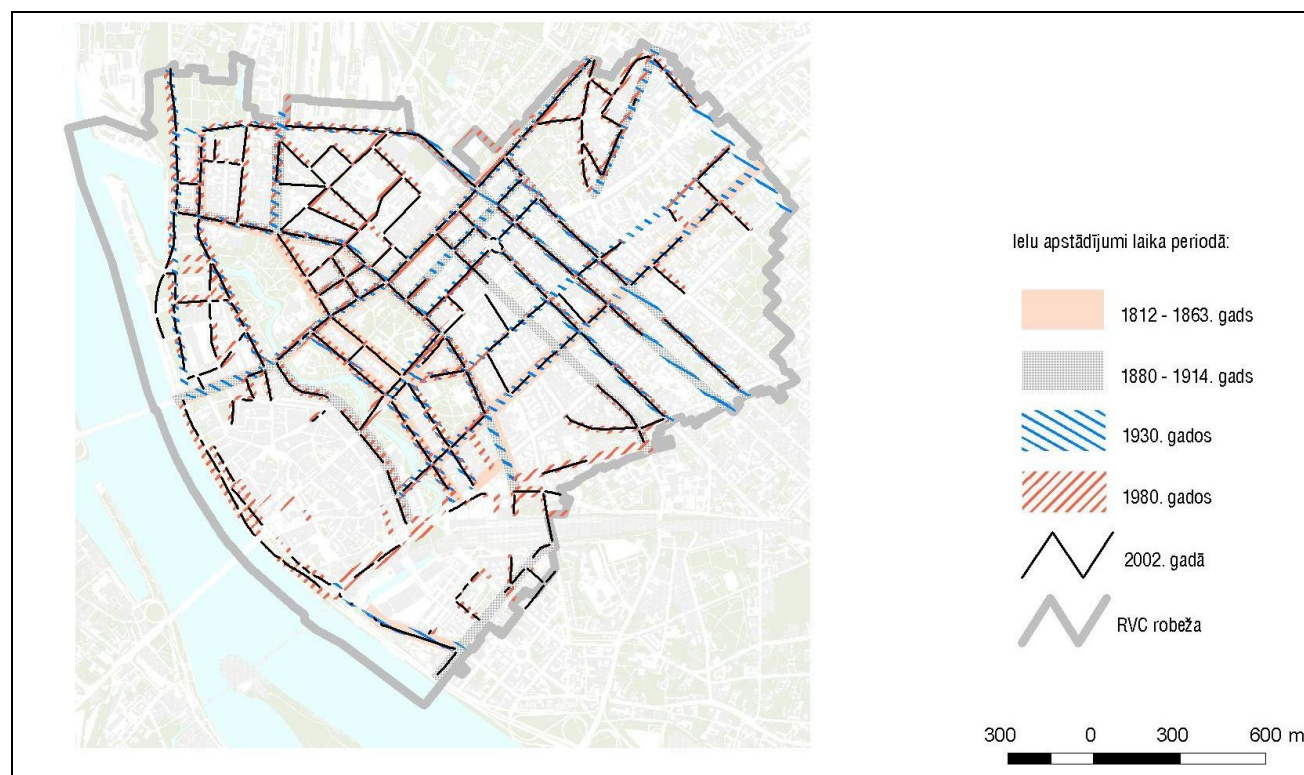
Pēdējo 15 gadu laikā Rīgas centrā ir veikta daļēja ielu apstādījumu rekonstrukcija Raiņa bulvārī, Merķeļa ielā, Tērbatas ielā, Kr. Barona ielā, Kr. Valdemāra ielā u.c.

### **3.2. Rīgas centra ielu apstādījumu pašreizējais izvietojums un dominējošās koku sugas**

Pēc 2002. gada Rīgas vēsturiskā centra apstādījumu inventarizācijas datiem ar kokiem apstādīti ir 39 % no ielu kopgaruma. To izvietojums ir nevienmērīgs. Vismazāk ielu apstādījumos augošu koku ir Vecrīgā un teritorijā starp Daugavmalu, Puškina ielu, Gogoļa ielu un dzelzceļu. Vairāk kā puse ielu posmu ar kokiem ir teritorijā starp Marijas, Stabu, Elizabetes un Hanzas ielu (izņemot maģistrālās ielas – Lāčplēša, Brīvības, Čaka, Marijas, Dzirnau). Visvairāk ielu posmu ar kokiem ir starp Eksporta ielu un Kronvalda bulvāri un Bulvāru loka rajonā (Nikodemus u.c., 2003).

Līdzīga situācija ir analizējot koku skaitu Rīgas centra ielu apstādījumos. Visvairāk koki uz 100 m ielas ir teritorijā starp Muižas ielu, Kronvalda bulvāri, Eksporta ielu un Bulvāru lokā. Vairāk par 20 kokiem uz 100 m ir A. Pumpura ielā, Miķeļa ielā, Kr. Barona ielā no Aspazijas bulvāra līdz Raiņa bulvārim, Brīvības bulvārī no Raiņa bulvāra līdz Elizabetes ielai, Kalpaka bulvārī un Kronvalda bulvārī (Nikodemus u.c., 2003).

3–19 koki uz 100 m ir Ārriģas lokā (teritorijā starp Elizabetes, Hanzas, Stabu un Marijas ielu) – Stabu ielā no Brīvības līdz Baznīcas ielai, Tērbatas ielā no Stabu līdz Matīsa ielai, Strēlnieku ielā no Alberta līdz Melngaiļa ielai, Hanzas ielā līdz Skanstes ielai, Melngaiļa un Ģertrūdes ielā. Arī pārējā teritorijā koku skaits uz 100 m ir tāds pats kā Ārriģas lokā, izņemot Palīdzības ielu no Šarlotes ielas līdz A. Briāna ielai un A. Briāna ielu no Kr. Valdemāra līdz Annas ielai, kurās tas ir lielāks (Nikodemus u.c., 2003).



3.1. attēls. Rīgas vēsturiskā centra ielu apstādījumu sistēmas attīstības kartoshēma (Čekstere, 2004).

Figure 3.1. Schematic map of street greenery system development in the historical centre of Riga (Čekstere, 2004).

Ielās, kur līdz Otrajam Pasaules karam bija koku rindas un alejas, arī mūsdienās ir ielu stādījumi. Ielu apstādījumi nekad nav bijuši un nav arī pašlaik Marijas un A. Čaka ielā (3.1. att.). Koku stādījumi pirms 1812. gada priekšpilsētunodedzināšanas ir bijuši Brīvības ielā un gar citiem galvenajiem ceļiem, bet tā kā pēc tam ir veiktas izmaiņas pilsēt būvnieciskajā plānojumā, tad 3.1. attēlā tie nav parādīti.

Sistemātisku koku uzskaiti pilsētas centrālajās ielās 1979. gadā ir veicis A. Zvirgzds. Pēc tam plašāki pētījumi par pilsētas apstādījumiem un to atkārtota inventarizācija, ietverot visu Rīgas vēsturisko centru, tika veikta 2002. gadā (Nikodemus u.c., 2003). Kā liecina 1979. un 2002. gada koku inventarizācijas dati (3.1. tab.), tad gandrīz visur novērojama ielu stādījumos augošo koku skaita samazināšanās. Viskrasākās izmaiņas ir Kr. Valdemāra, Tērbatas, Stabu, Elizabetes, Tallinas ielā, kur atsevišķos ielu posmos koku skaits samazinājies pat par 10 un vairāk kokiem.

Salīdzinot ar 1979. gadu, 2002. gadā koku veselības stāvoklis bija strauji pasliktinājies. 2003. gada pavasarī vairākās centra ielās – Kr. Valdemāra ielā starp Dzirnau un Stabu ielu, 13. janvāra ielā starp Aspazijas bulvāri un Merķeļa ielu, Kr. Barona ielā starp Bruņinieku un Blaumaņa ielu, Tērbatas ielā posmā no Ģertrūdes līdz Stabu ielai - tika konstatēta pilnīga koku nokalšana (Nikodemus u.c., 2003). Arī ierīkojot jaunas autostāvvietas ielu malās, tika izcirsti vairāki koki.

### 3.1. tabula

Table 3.1

#### Ielu apstādījumu koku skaits Rīgas centrā

Number of street trees in the central part of Riga

(veidots saskaņā ar 1979. un 2002. gada apstādījumu inventarizācijas datiem)

(according to data of greenery inventarization in 1979 and 2002)

Iela/bulvāris Street/boulevard	Posms, Section	1979	2002	Skaita izmaiņas Changes in amount
A. Briāna	Kr. Valdemāra – Šarlotes iela	36	46	10
	skvēra mala pie Palīdzības ielas	18	16	-2
Kr. Barona	Merķeļa – Elizabetes iela	38	16	-22
	Kanāls - Raiņa bulvāris	12	17	5
Blaumaņa			2	2
Dzirnavu	dzelzceļš – Satekles iela	15	12	-3
Stabu	A. Čaka - Kr. Barona iela	17	32	15
	Kr. Barona – Tērbatas iela	19	16	-3
	Tērbatas – Brīvības iela	29	19	-10
	Brīvības – Skolas iela	28	20	-8
Kr. Valdemāra	A. Čaka – Avotu iela	8		-8
	Basteja - Kalpaka bulvāris	98	46	-52
	Kalpaka bulvāris - Elizabetes iela	26	24	-2
	Elizabetes – Dzirnau iela	30	25	-5
	Dzirnavu – Lāčplēša iela	30	11	-19

## 1.3. tabulas nobeigums

Iela/bulvāris Street/boulevard	Posms, Section	1979	2002	Skaita izmaiņas Changes in amount
	Lāčplēša - Ģertrūdes iela	28	19	-9
	Ģertrūdes – Hanzas iela	31	19	-12
	Stabu – Bruņinieku iela	43	46	3
	Bruņinieku - A. Briāna iela	46	32	-14
Elizabetes	dzelzceļš – Satekles iela	12	12	0
	Marijas - Kr. Barona iela	6		-6
	Kr. Barona – Tērbatas iela	29	21	-8
	Tērbatas iela – Brīvības bulvāris	38	19	-19
	Brīvības bulvāris– Baznīcas iela	13	13	0
	Baznīcas – Skolas iela	17	18	1
	Skolas – Valdemāra iela	17	21	4
Lāčplēša	dzelzceļš - E. Birznieka-Upīša iela	5		-5
	E. Birznieka-Upīša – Avotu iela	12	7	-5
	Avotu - Kr. Valdemāra iela	21	15	-6
Ģertrūdes	Avotu – Marijas iela	28	14	-14
	Marijas iela - Kr. Barona iela	17	13	-4
	Kr. Barona – Tērbatas iela	9	12	3
	Tērbatas – Brīvības iela	18	16	-2
	Brīvības - Kr. Valdemāra iela	44	39	-5
Merķeļa	Marijas - Kr. Barona iela	8	9	1
	Kr. Barona – Inženieru iela	51	29	-22
	Inženieru iela – Brīvības bulvāris	25	4	-21
Aspazijas bulv.	13. janvāra - Kr. Barona iela	10	9	-1
	Kr. Barona iela - Brīvības bulvāris	35	26	-9
Basteja bulv.	Brīvības bulvāris - Bastejkalns	13	10	-3
	Bastejkalns - Kr. Valdemāra iela	61	52	-9
Palīdzības	skvērs pie A. Briāna iela	32	30	-2
Raiņa bulv.	Marijas – Arhitektu iela	64	34	-30
	Arhitektu - Brīvības bulvāris	99	5	-94
	Brīvības bulvāris - Kr. Valdemāra iela	53	60	7
Matīsa		10	6	-4
Bruņinieku	Kr. Barona - Kr. Valdemāra iela	55	36	-19
Tērbatas	Merķeļa – Elizabetes iela	56	12	-44
	Elizabetes – Blaumaņa iela	2	1	-1
	Blaumaņa – Stabu iela	14	4	-10
	Stabu – Bruņinieku iela	26	16	-10
	Bruņinieku – Matīsa iela	24	22	-2
	Matīsa – Tallinas	17	6	-11
Šarlotes		19	13	-6
Tallinas	Cēsu – Miera iela	86	71	-15
Skolas			18	18
Baznīcas		3	17	14
E. Birznieka Upīša		4	4	0
Annas			11	11

---

2004. gada pavasarī novēroti jauni nokaltuši koki Turgēņeva, Ģertrūdes, Tērbatas (starp Brīvības un Elizabetes ielu), Kr. Valdemāra, Hanzas un Prāgas ielā. Ir novērots, ka nokalst ne tikai vecie koki, bet arī jaunie stādījumi (Čekstere, 2004).

Šajos gados ielu apstādījumi ir papildināti arī ar jauniem koku stādījumiem. 20. un 21. gs. mijā stādījumi ir atjaunoti Kr. Barona ielā posmā Kanāls – Raiņa bulvāris, Raiņa bulvārī posmā Kr. Valdemāra iela – Brīvības bulvāris, kā arī Kr. Valdemāra ielā, Merķeļa ielā, 13. janvāra ielā un atsevišķos citu ielu posmos Pēdējos gados (2004-2005.g.) pēc Rīgas domes Vides departamenta iniciatīvas ir atjaunoti ielu apstādījumi Tērbatas ielā, Kr. Valdemāra ielā, Kr. Barona ielā, Stabu ielā, Ģertrūdes ielā u.c., 2004. gadā iestādot 81, bet 2005. gadā 184 jaunus kociņus.

Rīgā ielu stādījumos konstatētas pāri par 16 koku sugas, izplatītākās ir Holandes liepa (*Tilia x vulgaris*) un parastā liepa (*Tilia cordata*). Ir atsevišķi ielu posmi ar ozola (*Quercus robur*) stādījumiem (Eksporta ielā starp Katrīnas un Hanzas ielu) un parastās zirkastaņas (*Aesculus hippocastanum*) stādījumiem (Noliktavas, Sakaru, Ausekļa iela, Bruņinieku ielā starp Tērbatas un Kr. Barona ielu) (Nikodemus u.c., 2003).

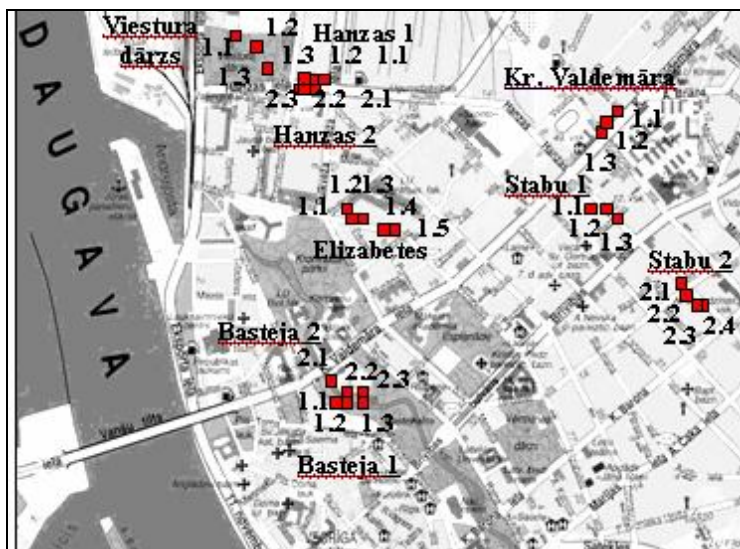
## 4. MATERIĀLS UN METODIKA

### 4.1. Pētījuma vieta un laiks

Ielu apstādījumu stāvokli ietekmējošo faktoru pētījums veikts laika posmā no 2004. gada novembra līdz 2005. gada augustam piecās Rīgas centra ielās jeb sešu centra ielu posmos ar intensīvu satiksmi (Basteja bulvārī, Hanzas, Elizabetes, Kr. Valdemāra ielā - pa vienam posmam, Stabu ielā - divi posmi) - 27 apstādījumu vietās jeb astoņos objektos. Fona līmeņa raksturošanai izvēlētas trīs paraugvietas Viestura dārzā (4.1. att., 4.1. tab.). Pētījumu objekti izvēlēti pēc nejaušības un dažādības principa.

### 4.2. Objektu raksturojums

Ielu stādījumu koku fizioloģisko rādītāju izvērtēšanai izmantoti pētījumu rezultāti par Rīgas centra ielu apstādījumos augošo Holandes liepu (*Tilia x vulgaris*) stāvokli 2005. gadā un to ietekmējošiem faktoriem. Izvēlētajās paraugvietās ievākti sniega, augsnes, liepu mizu un lapu paraugi ķīmiskajām analīzēm, veikti koku fizioloģiskā stāvokļa novērojumi un raksturoti katra augšanas apstākļi (4.1. tab., 11., 12. pielikums).



#### 4.1. attēls. Pētījumu vietas Rīgas centrā.

Figure 4.1. The studied sites in Riga's Centre.

(Veidots, par pamat karti izmantojot [http://www.virtual.lv/maps/baltic500000/riga\\_centrs.htm](http://www.virtual.lv/maps/baltic500000/riga_centrs.htm))

(Formed using [http://www.virtual.lv/maps/baltic500000/riga\\_centrs.htm](http://www.virtual.lv/maps/baltic500000/riga_centrs.htm) as basic map)

## 4.1. tabula

Table 4.1

**Pētāmo objektu raksturojums**  
Characterization of studied objects

Objekts Object	Darbā lietotie apzīmējumi Symbols used in work	Vietas raksturojums Site description	Objekta vērtējums, izmantojot bioindikācijas (28.08.2005.) un dendroanalīzes metodes Assessment of objects using methods of bioindication (28.08.2005.) and dendroanalysis
<b>Hanzas iela 1</b>	Hanzas 1: Hanzas 1.1/ H1.1 Hanzas 1.2/ H1.2 Hanzas 1.3/ H1.3	Ielas posms no Pulkveža Brieža līdz Rūpniecības ielai - labajā pusē starp trotuāru un ēkām; šī objekta kokiem kopēja apdobe. Apdobe platība 22 m <sup>2</sup> , ar pacēlumu attiecībā pret brauktuvi un ietvi. Stumbra attālums no brauktuves 2 m, no ietves – 45 cm.	3 liepas vecākas par 92 gadiem, ar trupi. Vidēji ap 10 % nokaltušu zaru. Veidots vainags, 100 % nekrotizēts. Kopējais koku stāvoklis – <i>slīkts</i> .
<b>Hanzas iela 2</b>	Hanzas 2: Hanzas 2.1/ H2.1 Hanzas 2.2/ H2.2 Hanzas 2.3/ H2.3	Ielas posms no Pulkveža Brieža līdz Rūpniecības ielai, kreisajā pusē. Katram kokam atsevišķa apdobe. Apdobe platība 3,7 m <sup>2</sup> . Apdobe pazemināta attiecībā pret ietvi, bet ietves pacēlums attiecībā pret brauktuvi 11 cm. Stumbra attālums no brauktuves 2,15 m, apdobe attālums – 1,35 m.	3 liepas vecākas par 93 gadiem, ar trupi; < 5 % nokaltušu zaru. Veidots vainags, vidēji 50 % nekrotizēts. Kopējais koku stāvoklis - <i>viduvējs</i> .
<b>Elizabetes iela</b>	Elizabetes: Elizabetes 1/ E1 Elizabetes 2/ E2 Elizabetes 3/ E3 Elizabetes 4/ E4 Elizabetes 5/ E5	Ielas posms no Strēlnieku ielas līdz Antonijas ielai - kreisajā pusē starp brauktuvi un ietvi. 2 paraugkokiem kopēja apdobe, pārējiem - kopējas ar citām liepām. Apdobe vidējā platība 9,93 m <sup>2</sup> , pacēlums pret brauktuvi 3 - 10 cm, attiecībā pret ietvi – vienā līmenī vai pazemināta. Stumbra attālums no brauktuves vidēji 0,70 m.	5 liepas vecākas par 60 gadiem. No tām 2 - 60 g., 1 – 70 g., 1 - > 96 g. 3 liepām ir trupe. 4 kokiem nokaltuši zari < 5 % no vainaga, 1 kokam – 90 %. Visiem veidots vainags; 2 liepām 100 % nekrotizēts, 1 - ap 90 % , 1 – 10 %, bet 1 vainagam lapu nekroze nav novērota. Ir lapu kaitēkļi - tīklērces ( <i>Eotetranychus tiliarum</i> ), liepu maurērces ( <i>Eriophyes leiosoma</i> ), laputis ( <i>Eucallipterus tiliae</i> ). Kopējais koku stāvoklis – 3 kokiem <i>slīkts</i> , 1 – <i>ļoti slīkts</i> , 1 – <i>labs</i> .

## 4.1. tabulas turpinājums

Objekts Object	Darbā lietotie apzīmējumi Symbols used in work	Vietas raksturojums Site description	Objekta vērtējums, izmantojot bioindikācijas (28.08.2005.) un dendroanalīzes metodes Assessment of objects using methods of bioindication (28.08.2005.) and dendroanalysis
<b>Kr. Valdemāra iela</b>	Kr. Valdemāra: Kr. Valdemāra 1/ K1 Kr. Valdemāra 2/ K2 Kr. Valdemāra 3/ K3	Ielas posms no Bruņinieku līdz Zaubes ielai - labajā pusē starp brauktuvi un ietvi. Visiem objekta kokiem kopēja apdobe. Tās platība 12,7 m <sup>2</sup> . Attiecībā pret brauktuvi apmales pacēlums 3 cm, pret ietvi pacēluma nav. Stumbra attālums no brauktuves vidēji 0,70 m.	3 liepas, 38 – 41 gadus vecas. 2 koki bez trupes. 1 kokam, 0,5 m augstumā, stumbra mehāniskais bojājums līdz pat serdei. Rētas aizaugšana vidēji laba. Vainags veidots 2005. gada ziemā, vidēji 85 % nekrotizēts. Nokaltušu zaru nav. Ir lapu kaitēkļi – tīklērces ( <i>Eotetranychus tiliarum</i> ). Koku stāvoklis – <b>slihts</b> .
<b>Basteja bulvāris 1</b>	Basteja 1: Basteja 1.1/ B1.1 Basteja 1.2/ B1.2 Basteja 1.3./ B1.3	Ielas posms starp Kr. Valdemāra un Smilšu ielu - labā puse starp ietvi un Jēkaba arkādi (autostāvvietu). Visiem objekta kokiem kopēja apdobe. Tās platība katram kokam vairāk nekā 25 m <sup>2</sup> . Stumbra attālums no brauktuves ap 3,5 m. Apdobe pacelta attiecībā pret brauktuvi un ietvi. Tās apmale attiecībā pret apdobi pacelta 3 cm.	3 liepas, ap 67 gadu vecas, ar trupi. 1 kokam 60 cm garš stumbra bojājums 1 m augstumā. Rētas aizaugšana vidēji laba. Veidots vainags (2000). Nokaltuši zari < 5 % no vainaga. Ir lapu kaitēkļi - tīklērces ( <i>Eotetranychus tiliarum</i> ), liepu maurērces ( <i>Eriophyes leiosoma</i> ). Koku stāvoklis – <b>labs</b> .
<b>Basteja bulvāris 2</b>	Basteja 2: Basteja 2.1/ B2.1 Basteja 2.2/ B2.2 Basteja 2.3/ B2.3	Ielas posms starp Kr. Valdemāra un Smilšu ielu, kreisā puse starp brauktuvi un ietvi, Kanāla apstādījumu pusē. 2 kokiem kopēja apdobe. 1 kokam apdobe kopēja ar citiem šī bulvāra posma kokiem. Apdobe platība 9,83 m <sup>2</sup> . Apdobe apmales pacēlums attiecībā pret brauktuvi 9 cm, attiecībā pret ietvi – vienā līmenī. Stumbra attālums no brauktuves 1 – 1,5 m.	3 liepas vecākas par 96 gadiem, ar trupi. Vainags veidots 2005. g. ziemā, vidēji 75 % nekrotizēts. Nokaltušu zaru nav. Koku stāvoklis – <b>slihts</b> .



## 4.1. tabulas nobeigums

Objekts Object	Darbā lietotie apzīmējumi Symbols used in work	Vietas raksturojums Site description	Objekta vērtējums, izmantojot bioindikācijas (28.08.2005.) un dendroanalīzes metodes Assessment of objects using methods of bioindication (28.08.2005.) and dendroanalysis
<b>Stabu iela 1</b>	Stabu 1: Stabu 1.1/ S1.1 Stabu 1.2/ S1.2 Stabu 1.3/ S1.3	Posms no Skolas ielas līdz Baznīcas ielai, labajā pusē. Kopēja apdobe starp brauktuvi un ietvi. 1 koks no kopējās apdobes atdalīts ar 0,5 m platu bruģa joslu. Katra koka apdobes platība vidēji 10 m <sup>2</sup> . Stumbra attālums no brauktuves 0,60 m. Apdobes pacēlums attiecībā pret brauktuvi 14 cm. Vienā līmenī ar ietvi.	3 liepas vecākas par 51 g., 1 kokam ir trupe. Vainagam veikta atzarošana. Nokaltušie zari – 10-15%. 100% nekrotizēts vainags. Koku stāvoklis – <b>slikts</b> .
<b>Stabu iela 2</b>	Stabu 2: Stabu 2.1/ S2.1 Stabu 2.2/ S2.2 Stabu 2.3/ S2.3 Stabu 2.4/ S2.4	Posms no Tērbatas ielas līdz Kr. Barona ielai - labajā pusē starp brauktuvi un trotuāru. Katra koka apdobes vidējā platība 8,84 m <sup>2</sup> . Apdobes apmales pacēlums attiecībā pret brauktuvi 3-4 cm, vienā līmenī ar ietvi. Veģetācija (zāliens) – 55% no apdobes kopplatības.	4 liepas, 20–53 gadus vecas. 1 kokam ir trupe. Vainagam veikta atzarošana. Nokaltušie zari 3 kokiem < 5%, 1 kokam 40% no vainaga. 3 kokiem 100% nekrotizēts vainags, 1 – 5%. Ir lapu kaitēkļi – tīklērces ( <i>Eotetranychus tiliarum</i> ), liepu maurērces ( <i>Eriophyes leiosoma</i> ). Koku stāvoklis: 3 kokiem <b>slikts</b> , 1 – <b>labs</b> .
<b>Viestura dārzs Viestura Garden</b>	Viestura dārzs: Viestura dārzs 1/ V1 Viestura dārzs 2/ V2 Viestura dārzs 3/ V3	Parks, liepas atrodas vairāk nekā 50 m no ielas, > 30 m no gājēju celiņiem. Apdobe nav norobežota.	3 liepas vecākas par 126 gadiem, ir trupe, vainags nav veidots, nokaltušie zari < 5% no vainaga. 1 kokam ir līdz 1 m augsts bojājums, kas labi aizaug. Uz lapām ir liepu maurērces ( <i>Eriophyes leiosoma</i> ). Koku stāvoklis – <b>labs</b> .

### 4.3. Lauku pētījumi

*Sniega* paraugi ņemti, lai noskaidrotu tā ķīmisko piesārņojumu ielu apstādījumu koku tiešā tuvumā, izveidojoties pastāvīgai sniega kārtai. Paraugi ievākti 2004. – 2005. gada ziemā, neilgi pēc snigšanas un izveidojoties pastāvīgam sniega klājienam (26. novembris, 28. decembris, 11. februāris), kā arī sākoties intensīvai kušanai (4. decembris, 22. marts) visā sniega slāņa dziļumā trīs vietās katra koka stumbra tiešā tuvumā, brauktuves pusē, izmantojot zondi 20 cm diametrā. Savukārt Viestura dārzā sniega paraugi ievākti pie trim liepām pa vainaga perimetru. Paraugi ievākti, sniega kārtai sasniedzot vismaz 3 cm. Zonde iegremdēta sniegā līdz 1 cm no augsnes virskārtas.

*Koku mizas* paraugi ņemti brauktuves pusē, lai noskaidrotu ielu apledošanas novēršanai izmantotās sāls sastāvā esošā  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  iespējamo iekļūšanu kokā caur mizu. Paraugi iegūti no koka stumbra 3 vietās 30–50 cm augstumā no augsnes virskārtas, tūlīt pēc sniega nokušanas (30. martā), bet parkā augošajām liepām - ap stumbru.

*Augsnes* paraugi ievākti, lai noskaidrotu augsnes ķīmisko sastāvu ar augiem nepieciešamajiem barības elementiem (K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu), iespējamo piesārņojumu ar Na, Pb un  $\text{Cl}^-$ , papildus nosakot arī augsnes reakciju un ūdenī šķīstošo sāļu kopējo daudzumu pēc īpatnējās elektrovadītspējas. Paraugi ņemti 2005. gada veģetācijas periodā trīs atkārtojumos - vispirms kopā ar mizu paraugiem 30. martā, pēc tam vēl 6. jūnijā un 6. jūlijā. Augsnes paraugi iegūti brauktuves pusē no katra koka apdobses trīs vietās, izmantojot augsnes zondi, bet Viestura dārzā - pa katra paraugkoka vainaga perimetru. Paraugu ievākti 0-35 cm dziļumā, atbilstoši sakņu aktīvās augšanas zonai (Craul, 1992).

*Lapu* paraugi analizēti, lai noskaidrotu apstādījumu reālo apgādi ar barības elementiem (K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu), kā arī Na,  $\text{Cl}^-$  un Pb, un šo elementu koncentrācijas ietekmi uz apstādījumu vitalitāti. No katra ielu objekta brauktuves pusē augoša koka trīs līdz pieciem zariem, izmantojot teleskopiskās zaru grieznes, tika paņemtas 50 tikko attīstīties beigušas, normāla izmēra lapas. Turpretī Viestura dārzā lapu paraugi ņemti no koka vainaga dienvidaustrumu līdz dienvidrietumu pusei. Lapas ievāktas, tām tikko izplaukstot un sasniedzot normālus izmērus 6. jūnijā, bet atkārtoti - 6. jūlijā un pirms lapu dzeltēšanas - 28. augustā. Pirmo reizi (6. jūnijā) lapu paraugi netika ņemti no liepām Kr. Valdemāra un Basteja bulvārī 2, jo ziemā tām bija apzāģēti visi vainagu veidojošie zari.

*Fizioloģiskā stāvokļa* izvērtēšanai no visām liepām ar Preslera urbi ievākti koksnes paraugi; vizuāli novērtēta vainaga un lapu nekrozes intensitāte un tās izplatība vainagā 6. jūnijā, 20. jūnijā, 6. jūlijā, 20. jūlijā un 28. augustā. Koku vainaga un lapu nekrozes izpētes dati iekļauti 11., 12. pielikumā, bet kopējais apstādījumu stāvokļa raksturojums - 4.1. tabulā.

#### 4.4. Laboratorijas pētījumi

Sniega, augsnes, lapu un mizu ķīmiskās analīzes veiktas Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorijā. Liepu lapu paraugu analīzes veiktas trīs atkārtojumos; augsnes, koku mizas un sniega - vienu reizi trīs paralēlajiem katras paraugvietas paraugiem, datu tālākā apstrādē izmantojot vidējos rezultātus.

##### *Paraugu sagatavošana*

Sniega paraugi pēc ievākšanas izkausēti un izfiltrēti, izmantojot filtrpapīru DP 412 185. Augsnes paraugi žāvēti divas dienas +35°C temperatūrā, pēc tam izsijāti caur 2 mm sietu. Lapu paraugi nomazgāti (noskaloti) destilētā ūdenī, izžāvēti 60°C temperatūrā un samalti, iegūstot viendabīgu lapu vidējo paraugu. Mizu paraugi izžāvēti 60°C temperatūrā un samalti.

##### *Analizējamā šķīduma sagatavošana*

Augsnes izvilkums K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na, Pb noteikšanai iegūts, augsni ekstrahējot ar 1 M HCl šķīdumu. Augsnes un 1 M HCl tilpumattiecība 1:5.

Augsnes reakcijas (pH) noteikšanai izmantots 1 M KCl augsnes izvilkums. Augsnes un 1 M KCl tilpumattiecība 1:2,5.

Augsnes elektrovadītspējas (EC) un Cl<sup>-</sup> koncentrācijas noteikšanai iegūts destilēta ūdens izvilkums; augsnes un destilēta ūdens tilpumattiecība 1:5.

Lapu un mizu paraugi K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na, Pb noteikšanai pārpelnoti HNO<sub>3</sub> tvaikos un izšķīdināti atšķaidītā HCl šķīdumā (HCl un destilēta ūdens tilpumattiecība 3:100).

Lapu un mizu paraugi Cl<sup>-</sup> noteikšanai pārpelnoti un izšķīdināti destilētā ūdenī (Ринькис и.др., 1987).

##### *Ķīmiskās analīzes*

Visiem sniega paraugiem noteikts pH, elektrovadītspēja (EC mS·cm<sup>-1</sup>), Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> un Cl<sup>-</sup> koncentrācija.

Jūnijā un jūlijā ievāktajiem lapu paraugiem un visiem augsnes paraugiem noteikta Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu, Na, Pb un Cl<sup>-</sup> koncentrācija; augusta lapu paraugiem – K, Na un Cl<sup>-</sup>, bet mizu paraugiem – Na un Cl<sup>-</sup> koncentrācija.

- Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn un Pb saturs noteikts, izmantojot atomabsorbcijas spektrofotometru (*Perkin Elmer 403*) acetilēna gaisa liesmā (Page et al. (ed.), 1982).
- K un Na - ar liesmas fotometru (*JENWAY PFPJ*).
- Augsnes elektrovadītspēja /tika/ noteikta, izmantojot konduktometru *Hanna EC 215*.
- Augsnes reakcija noteikta, izmantojot pH-metru *Sartorius PB-20*.
- Cl<sup>-</sup> koncentrācija sniega ūdenī, mizās, lapās un augsnē noteikta, titrējot ar 1 M AgNO<sub>3</sub> (Ринькис и.др., 1987).

Ķīmisko analīžu rezultāti ievietoti pielikumā.

#### 4.5. Datu apstrāde

Apstādījumu izpētes rezultātu statistiskai analīzei izmantotas šādas datorprogrammas: *Microsoft Excel 2000*, *PC-ORD Version 4*.

Lietojot *Microsoft Excel 2000*, veikta datu grafiska attēlošana un aprēķināta dažādu parametru korelācija. Korelācijas koeficientu kritiskās vērtības noteiktas pēc I. Liepas (1978a).

Izmantojot *PC-ORD Versions 4* (McCune, Mefford, 1999), veikta iegūto sniega, augsnes un lapu ķīmisko datu komponentanalīze (daudzparametru statistikas metode). Tās pamatatzīņa - novērotos  $n$  parametrus var aizstāt ar tikpat daudziem jauniem, kas ir novēroto parametru lineārās kombinācijas. Šos parametrus sauc par galvenajiem komponentiem. Tie, atšķirībā no reālajiem parametriem, kas var korelēt, ir savstarpēji neatkarīgi. Ortogonalitāte ir nozīmīgākā galveno komponentu priekšrocība. Darbā izdalīto komponentu summārā ietekme visos analizētajos gadījumos (komponentanalīzes attēlos) pārsniedz 70 % no visu  $n$  komponentu kopīgās ietekmes, kas uzskatāma par pietiekamu (Liepa, 1978b).

#### 4.6. Koku gadskārtu pētījumi

Pētījumā izvēlēto liepu vecuma un iespējamās trupes attīstības noskaidrošanai, parkā augošajiem kokiem ar Preslera urbi ņemti koksnes paraugi ziemeļu un dienvidu pusē, 1,3 m augstumā no augsnes virskārtas. Ielu apstādījumos augošajiem kokiem – brauktuves un ietves pusē. Savukārt Basteja bulvārī 1 - Jēkaba arkādes un ietves - brauktuves pusē, bet Hanzas ielā 2 – ēkas un ietves - brauktuves pusē. Koku gadskārtu mērījumi veikti, izmantojot *LINTAB 4* koku gadskārtu mērāmo instrumentu. Datu apstrāde veikta, izmantojot datorprogrammu *TSAPWIN*.

#### 4.7. Citi materiāli

Darbā izmantoti Rīgas domes Vides departamenta dati par 2004. un 2005. gadā atjaunotajiem ielu apstādījumiem Rīgas centrā, kā arī Rīgas domes Satiksmes departamenta sniegtā mutiskā informācija par Rīgas ceļu uzturēšanas kārtību ziemas sezonā.

Pētījumā iekļauti Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras dati par nokrišņiem un temperatūru Rīgas centrā 2004./2005. gada ziemā:

1) pirmā pastāvīgā sniega klājiena sākotnējais ekspozīcijas laiks piecas dienas, kopējais nokrišņu daudzums 37,6 mm. Laika periodā no 2004. gada 26. novembra līdz 4. decembrim novēroti nokrišņi sniega veidā – 6,6 mm.

2) Otrā pastāvīgā sniega klājiena ekspozīcijas laiks - septiņas dienas, nokrišņu daudzums 15,9 mm. Sniega ekspozīcijas laikā novēroti īslaicīgi atkušņi.

3) Trešā pastāvīgā sniega klājiena ekspozīcijas laiks - aptuveni 45-48 dienas.

Darba autore papildus veikusi sniega kārtas/ krāvumu biezuma mērījumus Rīgas centra izvēlētajās paraugvietās - ap koku stumbriem brauktuves pusē un Viestura dārzā 2004./2005. gada ziemas sezonā (4.2. tab.).

4.2. tabula

Table 4.2

**Sniega kārtas biezums (cm) Rīgas centrā izvēlētajās paraugvietās 2004./2005. gada ziemā**

Snow bank depth (cm) at sampling sites in central part of Riga during winter 2004/2005

Objekts Object	Sniega paraugu ievākšanas laiks, Snow sampling time					
	Pirmā sniega kārtā Snow bank I		Otrā sniega kārtā Snow bank II	Trešā sniega kārtā Snow bank III		
	Pēc uzsnigšanas, After snowfall 26.11.2004.	Kušanas laikā, During snow melt 4.12.2004.	28.12.2004.	Pēc uzsnigšanas, After snowfall 11.02.2005.	Pirms kušanas, Before snow melt 21.03.2005.	Kušanas laikā, During snow melt 22.03.2005.
Hanzas 1	70 - 100	25 - 30	10 - 15	57 - 70	60 - 80	40 - 50
Hanzas 2	30 - 40	20 - 30	5 - 10	20 - 30	80 - 100	60 - 70
Elizabetes	60 - 80	30 - 40	10 - 20	40 - 60	70 - 100	60 - 90
Kr.Valdemāra	20 - 30	5 - 10	5	15 - 20	45 - 55	10 - 20
Basteja 1	20 - 30	5 - 10	5	10 - 15	40 - 50	20 - 30
Basteja 2	50 - 60	5 - 10	5 - 10	30 - 40	70 - 80	30 - 40
Stabu 1	50 - 60	30 - 40	10 - 15	50 - 60	50 - 70	30 - 40
Stabu 2	50 - 80	25 - 30	10 - 15	50 - 60	70 - 80	40 - 50
Parks park	20 - 30	5 - 10	5	20	40 - 45	25 - 35

## 5. REZULTĀTI

### 5.1. Sniega ķīmisko analīžu rezultāti

Sniega kvalitātes pētījumu galvenais mērķis bija noskaidrot ķīmisko piesārņojumu Rīgas centra ielu apstādījumu koku tiešā tuvumā. Sniega paraugi ievākti 2004. – 2005. gada ziemas sezonā neilgi pēc uzsnigšanas un noturīgas sniega kārtas izveidošanās (1. sniega kārtai 26.11.2004., 2. sniega kārtai 28.12.2004., 3. sniega kārtai 11.02.2005.), kā arī intensīvas kušanas apstākļos (1. sniega kārtai 4.12.2004. un 3. sniega kārtai 22.03.2005.). Paraugi ņemti Rīgas centra ielās ar intensīvu transporta plūsmu: Elizabetes un Krišjāņa Valdemāra ielas vienā posmā; Hanzas, Stabu ielas un Basteja bulvāra divos posmos brauktuves pusē, kā arī mazpiesārņotā vietā – Viestura dārzā (fona līmenis), koku stumbru tiešā tuvumā un visa sniega slāņa dziļumā (kopā 9 apstādījumu objektos). Sniega ūdenī noteikta  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$  koncentrācija, pH vērtība un elektrovadītspēja -  $\text{EC mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  (1-3. pielikums).

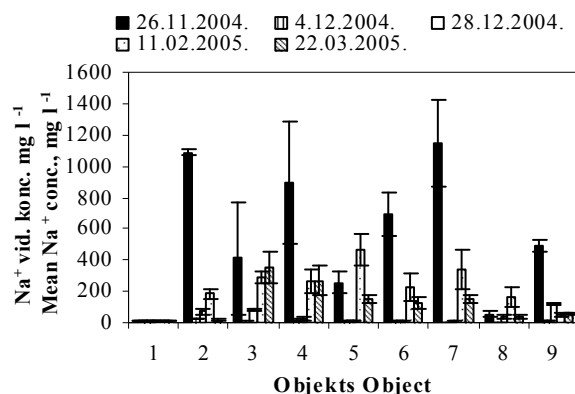
#### Nātrijs

Visplašākais  $\text{Na}^+$  koncentrācijas diapazons un lielākās vērtības konstatētas pirmās noturīgās sniega kārtas 26. novembrī ievāktajiem paraugiem. Rīgas centra ielu apstādījumu paraugvietās vidējā  $\text{Na}^+$  koncentrācija Viestura dārzā izraudzīto fona līmeni Stabu ielā 2 pārsniedza līdz pat 594 reizēm (5.1. att.). Savukārt maksimālā  $\text{Na}^+$  koncentrācija 2195,0  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  (Elizabetes ielā) 1098 reizes pārsniedza  $\text{Na}^+$  augstāko koncentrāciju Viestura dārzā (1. pielikums). Elizabetes ielā konstatēta arī vislielākā  $\text{Na}^+$  koncentrācijas izkliede (895,8±394,5  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ). Turpretī viszemākā  $\text{Na}^+$  koncentrācija (40,0–85,0  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) bija Basteja bulvārī 1, kur koki, salīdzinājumā ar citiem ielu apstādījumiem, atradās vistālāk no brauktuves.

Decembra sākumā (4.12.2004.), pirmajai pastāvīgajai sniega kārtai intensīvi kūstot, tās biezums samazinājās 2–3 reizes un tika novērota  $\text{Na}^+$  koncentrācijas būtiska samazināšanās visās paraugvietās. Viskrasāk tā izpaudās tur, kur sākotnēji  $\text{Na}^+$  daudzums bija visaugstākais (Elizabetes iela, Hanzas iela 1, Stabu iela 2). Šajos objektos minētajā datumā sniega ūdenī novērots arī viszemākais  $\text{Na}^+$  piesārņojums.

Pēc jaunas pastāvīgas sniega kārtas izveidošanās decembra beigās (28.12.2004.) visās pētījuma vietās konstatētas  $\text{Na}^+$  daudzuma svārstības - no 1,8  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  sniega ūdens Stabu ielā 1 līdz 123,0  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  Basteja bulvārī 2 (2. pielikums). Relatīvi zema  $\text{Na}^+$  koncentrācija konstatēta Stabu ielā 1 un 2, kā arī Kr. Valdemāra ielā un dažās paraugu ņemšanas vietās arī Elizabetes ielā. Minētajās vietās  $\text{Na}^+$  daudzums bija gandrīz vienāds vai arī līdz 5 reizēm pārsniedza fona vidējo līmeni 4,1±0,1  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ .

11. februārī ņemto paraugu rezultāti atspoguļo trešās noturīgās sniega kārtas, kas salīdzinājumā ar novembra un decembra kārtu saglabājās visilgāk, ķīmisko sastāvu pilsētas centrā. Vidēji visaugstākā  $\text{Na}^+$  koncentrācija konstatēta Kr. Valdemāra ielā - tā 114 reizes pārsniedza parka vidējo līmeni. Savukārt augstākā  $\text{Na}^+$  koncentrācija Stabu 2 fona maksimumu pārsniedza 137 reizes (3. pielikums).



**5.1. attēls. Na<sup>+</sup> vidējā koncentrācija (mg·l<sup>-1</sup>) Rīgas centra sniega ūdens paraugos 2004./2005. gada ziemā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

Figure 5.1. Mean concentration of Na<sup>+</sup> (mg·l<sup>-1</sup>) in snow water from sampling sites in the central part of Riga during winter 2004/2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts, Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

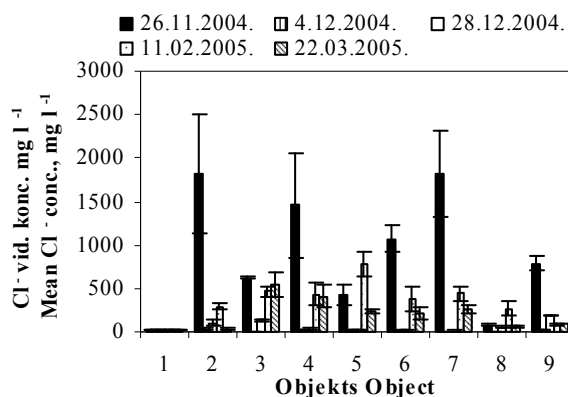
Atšķirībā no pirmā ilgstošā sniega klājiena ķīmiskā sastāva datiem, kur zemākā Na<sup>+</sup> koncentrācija konstatēta Basteja bulvārī 1, 11. februārī vismazākais Na<sup>+</sup> piesārņojums fiksēts Basteja bulvārī 2. Visos ielu objektos atzīmēts plašs Na<sup>+</sup> koncentrācijas izkliedes diapazons, ko uzrāda arī Na<sup>+</sup> rezultātu izkliede.

Tāpat kā sniegam intensīvi kūstot decembrī (4.12.2004.), arī 22. marta sniega ūdens (pēdējais atkusnis) analīžu rezultāti liecināja, ka vietās, kur sniegs kuis visstraujāk, Na<sup>+</sup> koncentrācija un citi ķīmiskie rādītāji ir daudz zemāki, salīdzinot ar februārī tikko uzkrutuša (dažu dienu veca) sniega paraugiem, piemēram, Hanzas ielā 1, Kr. Valdemāra ielā, Basteja bulvārī 1 (1., 3. pielikums). Turpretī parkā, Hanzas ielā 2, Elizabetes ielā un Basteja bulvārī 2 novērota tendence ķīmisko elementu koncentrācijai nedaudz palielināties.

### Hlorīdi

Nātrijam analoga situācija novērota, nosakot arī Cl<sup>-</sup> daudzumu. Augstākā koncentrācija konstatēta pirmā ilgstošā sniega klājiena (26. novembra) paraugiem. Elizabetes un Hanzas ielas 1 analizētajos paraugos Cl<sup>-</sup> koncentrācija pārsniedza pat 3000 mg·l<sup>-1</sup>, maksimālā fiksētā -3385,3 mg·l<sup>-1</sup>, kas salīdzinājumā ar Viestura dārzu, bija vairāk nekā 564 reizes augstāka (1. pielikums). Savukārt viszemākā Cl<sup>-</sup> koncentrācija konstatēta Basteja bulvārī 1. Kopumā 26. novembra ielu objektu sniega paraugiem novērojama ļoti plaša Cl<sup>-</sup> koncentrācijas izkliede (5.2. att.).

Pirmajam pastāvīgajam sniegam intensīvi kūstot (4.12.2004.), konstatēta Cl<sup>-</sup> koncentrācijas ievērojama samazināšanās visos ielu apstādījumu objektos. Viskrasāk tas novērojams vietās, kur sākotnēji Cl<sup>-</sup> koncentrācija bija visaugstākā



**5.2. attēls. Cl<sup>-</sup> vidējā koncentrācija (mg·l<sup>-1</sup>) Rīgas centra sniega ūdens paraugos 2004./2005. gada ziemā (3-5 paraugu vidējā koncentrācija ±SE).**

Figure 5.2. Mean concentration of Cl<sup>-</sup> (mg·l<sup>-1</sup>) in snow water from sampling sites in the central part of Riga during winter 2004/2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts, Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

(Elizabetes iela, Hanzas iela 1, Stabu iela 2 u.t.t.). Decembra sākumā Basteja bulvārī 1 ņemtajos sniega paraugos Cl<sup>-</sup> vidējā koncentrācija sasniedza tikai fona līmeni.

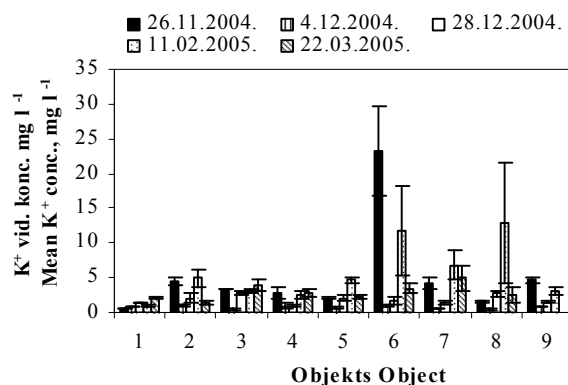
Līdzīga situācija novērota 28. decembrī, ievācot otrā ilgstošā sniega paraugus. Maksimālā Cl<sup>-</sup> koncentrācija konstatēta Hanzas ielā 1, 2 un Basteja bulvārī 2 (attiecīgi 140,0, 156,0 un 200 mg·l<sup>-1</sup>), bet viszemākā - Stabu ielā 1, 2 un Elizabetes ielā (attiecīgi 1,8, 3,2 un 2,0 mg·l<sup>-1</sup>), kur tā bija fona līmenī vai ko pārsniedza ne vairāk kā 2 reizes.

Arī 22. marta sniega ūdens analīžu rezultāti liecināja, ka visintensīvākās kušanas vietās Cl<sup>-</sup> koncentrācija bijusi daudz zemāka salīdzinājumā ar dažu dienu veca sniega paraugiem (11.02.2005.), piemēram, Hanzas ielā 1, Kr. Valdemāra ielā, Basteja bulvārī 2. Tāpat kā Na<sup>+</sup>, arī trešajā noturīgajā sniega klājenā vismazākais Cl<sup>-</sup> piesārņojums tika konstatēts Basteja bulvārī 2. Visos ielu apstādījumu objektos novērota plaša Cl<sup>-</sup> koncentrācijas izkliede sniegā. Savukārt Viestura dārzā, Hanzas ielā 2, Elizabetes ielā un Basteja bulvārī 2 Cl<sup>-</sup> koncentrācija bija nedaudz palielinājusies.

Kālijs

Caurmērā K<sup>+</sup> koncentrācija 26. novembrī ievāktajiem sniega paraugiem svārstījās robežās no 1,7±0,2 mg·l<sup>-1</sup> Basteja bulvārī 1 līdz 4,7±0,3 mg·l<sup>-1</sup> Basteja bulvārī 2, Viestura dārzā noteiktās vērtības pārsniedzot 4 līdz 11 reizes (5.3. att., 1. pielikums). Šim sniega ūdenim vislielākā K<sup>+</sup> koncentrācija konstatēta arī 2004./2005.g. ziemā (Stabu 1), kas fona K<sup>+</sup> maksimālo līmeni pārsniedza līdz 71 reizei.





**5.3. attēls. K<sup>+</sup> vidējā koncentrācija (mg·l<sup>-1</sup>) Rīgas centra sniega ūdens paraugos 2004./2005. gada ziemā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

Figure 5.3. Mean concentration of K<sup>+</sup> (mg·l<sup>-1</sup>) in snow water from sampling sites in the central part of Riga during winter 2004/2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts, Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemara; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

Savdabīgi rezultāti iegūti, analizējot 4. decembrī ņemtus kūstošā sniega paraugus: K<sup>+</sup> koncentrācijas vidējais fona līmenis bija gandrīz dubultojies, turpretī apstādījumos Hanzas ielā 2 un Basteja bulvārī koncentrācija bija samazinājusies līdz 0,43±0,88 mg·l<sup>-1</sup>. Novērota arī K<sup>+</sup> koncentrācijas lielāka viendabība ievāktajos salīdzinājumā ar tikko uzkrutuša sniega paraugiem.

2004. gada nogalē (28.12.2004.) K<sup>+</sup> koncentrācija ielu apstādījumu objektos pilsētas centrā noteikto fona līmeni pārsniedza ne vairāk kā divas reizes (3.3. att., 2. pielikums).

Izveidojoties trešajai noturīgajai sniega kārtai Rīgas centrā (11.02.2005.), vidējais K<sup>+</sup> koncentrācijas diapazons sniega ūdenī bija no 2,5±0,5 mg·l<sup>-1</sup> Elizabetes ielā līdz 12,9±8,6 mg·l<sup>-1</sup> Basteja bulvārī 1. Četros ielu apstādījumu objektos (Hanzas iela 1, Kr. Valdemāra iela, Stabu iela 2, Basteja bulvāris 1) tika konstatēts K<sup>+</sup> koncentrācijas maksimums 2004./2005. gada ziemas sezonas sniegā. Tāpat kā Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> gadījumā 11. februārī, vislielākā K<sup>+</sup> koncentrācija sniegā bija Basteja bulvārī 1 un arī Stabu ielā 1, kas vairāk nekā 22 reizes pārsniedza fona maksimumu.

Pēdējā paraugu ņemšanas reizē - 3. pastāvīgās sniega kārtas kušanas laikā (22.03.2005.) - konstatēta vienmērīgāka K<sup>+</sup> koncentrācija, kas nedaudz bija palielinājusies divu ielu objektos (Hanzas iela 2, Elizabetes iela) un parkā, bet citviet samazinājusies.

### Kalcijs

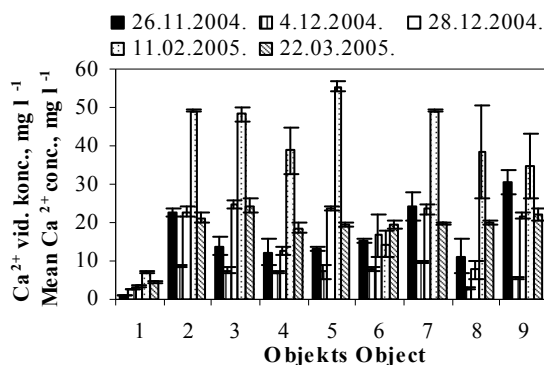
Analizējot 26. novembrī Rīgas centra ielu apstādījumos ņemtus sniega paraugus, lielākajai daļai (Hanzas iela 2, Elizabetes iela, Kr. Valdemāra iela, Stabu iela 2 un Basteja bulvāris 1)  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācija bija līdzīga: attiecīgi no  $11,2 \pm 4,5 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Basteja bulvārī 1 līdz  $15,1 \pm 0,6 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Stabu ielā 1 (5.4. att.). Augstākās  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācijas konstatētas Basteja bulvārī 2, Stabu ielā 2 un Hanzas ielā 1, kas vairāk nekā 29 reizes pārsniedza  $\text{Ca}^{2+}$  fona vidējo līmeni Viestura dārzā (1. pielikums).

Līdzīgi kā  $\text{K}^+$  gadījumā, arī  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācija, 1. pastāvīgajai sniega kārtai kūstot (4.12.2004.), Viestura dārzā bija palielinājusies, pretēji ielu apstādījumos novērotajai tendencei. Tādējādi  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācija sniega ūdenī ielu apstādījumu objektos caurmērā bija līdz 4 reizēm lielāka nekā parkā (5.4. att.).

Decembra noturīgajā sniegā (28.12.2004.) piecās ielu apstādījumu paraugvietās (Hanzas iela 1 un 2, Kr. Valdemāra iela, Stabu iela 2, Basteja bulvāris 2)  $\text{Ca}^{2+}$  līmenis vidēji pārsniedza  $21,8 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ , kas salīdzinājumā ar parkā konstatēto bija vairāk nekā sešas reizes augstāks. Kopumā  $\text{Ca}^{2+}$  rezultāti variēja no  $4,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Basteja bulvārī 1 līdz  $26,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Hanzas ielā 2 un Stabu ielā 1 (5.4. att.). Visplašākā  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācijas amplitūda konstatēta Stabu ielā 1. Likumsakarīgi, ka šeit novērota arī vislielākā vidējo rezultātu izkliede.

Savukārt visaugstāko  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrāciju Rīgas ielu apstādījumu sniega ūdenī uzrādīja februārī ievākto paraugu analīzes (5.4. att., 3. pielikums). Caurmērā vidējais  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācijas diapazons bija no  $34,7 \pm 8,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Basteja bulvārī 2 līdz  $55,4 \pm 1,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Kr. Valdemāra ielā. Kā izņēmums atzīmējama Stabu iela 1, kur  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācija bija vistuvākā fonam - vidēji  $14,4 \pm 3,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$ .

Trešajai pastāvīgajai sniega kārtai kūstot (22. marts), novērota  $\text{Ca}^{2+}$  koncentrācijas un izklijes samazināšanās tendence ielu objektu un Viestura dārza paraugos.



**5.4. attēls.  $\text{Ca}^{2+}$  vidējā koncentrācija ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) Rīgas centra sniega ūdens paraugos 2004./2005. gada ziemā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm$ SE).**

Figure 5.4. Mean concentration of  $\text{Ca}^{2+}$  ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) in snow water from sampling sites in the central part of Riga during winter 2004/2005 (means from 3-5 samples  $\pm$ SE).

Objekts, Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Magnijs

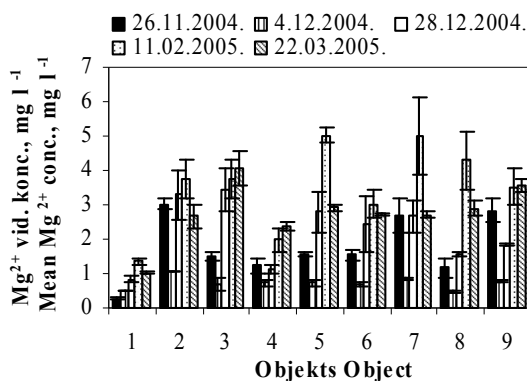
Tāpat kā  $\text{Ca}^{2+}$ , arī  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija piecos no astoņiem ielu apstādījumu objektiem (Hanzas iela 2, Elizabetes iela, Kr. Valdemāra iela, Stabu iela 2 un Basteja bulvāris 1) novembra sniega ūdenī caurmērā bija vienāda: no  $1,2 \pm 0,3 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Basteja bulvārī 1 līdz  $1,6 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Kr. Valdemāra ielā (5.5. att.). Maksimālā  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija konstatēta Basteja bulvārī 2, Stabu ielā 2 un Hanzas ielā 1, kas fona vidējo līmeni Viestura dārzā pārsniedza līdz 13 reizēm (1. pielikums).

Līdzīgi kā  $\text{K}^+$  un  $\text{Ca}^{2+}$ , arī  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija, pirmajai pastāvīgajai sniega kārtai kūstot (4.12.2004.), ielu objektu sniega ūdenī bija samazinājusies, pretēji Viestura dārzā novērotajai tendencei. Tādējādi  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija ielu apstādījumu objektos vidēji bija fona līmenī vai to pārsniedza līdz divām reizēm.

2004. gada nogalē (28. decembris) otrā pastāvīgā sniega ūdens paraugos  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija vidēji bija no  $1,1 \pm 0,1 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Elizabetes ielā (vistuvāk fona līmenim) līdz  $3,5 \pm 0,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Hanzas ielā 2; savukārt  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācijas diapazons ielu apstādījumos - no  $0,9 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Elizabetes ielā līdz  $4,7 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Hanzas ielā.

Analogi  $\text{Ca}^{2+}$ , arī  $\text{Mg}^{2+}$  augstākā koncentrācija konstatēta 11. februārī ņemtajiem trešā pastāvīgā sniega paraugiem: vidēji no  $2,0 \pm 0,4 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Elizabetes līdz  $5,0 \pm 0,2 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$  Stabu 2 (5.5. att., 3. pielikums). Vislielākā koncentrācija Stabu ielā 2 līdz piecām reizēm pārsniedza maksimālo koncentrāciju Viestura dārzā.

Trešajai ilgstošajai sniega kārtai kūstot (22.03.2005.), novērota tendence  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācijai un izkliedei samazināties. Kā izņēmums jāatzīmē Hanzas iela 2 un Elizabetes iela, kur  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija objektā bija nedaudz palielinājusies, tomēr nepārsniedza kopējos trešā pastāvīgā sniega ūdens (11.02.2005., 22.03.2005.)  $\text{Mg}^{2+}$  vidējos rezultātus Rīgas centra ielu paraugobjektos.



5.5. attēls.  $\text{Mg}^{2+}$  vidējā koncentrācija ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) Rīgas centra sniega ūdens paraugos 2004./2005. gada ziemā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm \text{SE}$ ).

Figure 5.5. Mean concentration of  $\text{Mg}^{2+}$  ( $\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$ ) in snow water from sampling sites in the central part of Riga during winter 2004/2005 (means from 3-5 samples  $\pm \text{SE}$ ).

Objekts, Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr. Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

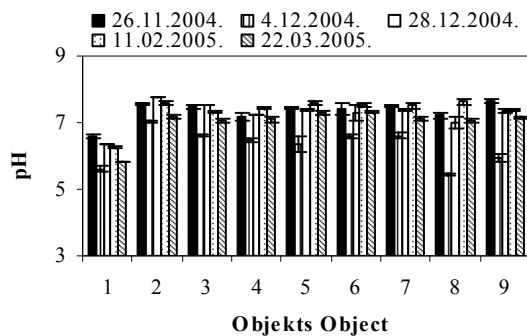
### pH

Visos Rīgas centra ielu apstādījumu objektos pirmā sniega ūdens (26.11.2004.) pH vērtības bija augstākas nekā Viestura dārzā - vidēji no pH 7,17±0,11 Elizabetes ielā līdz pH 7,63±0,05 Basteja bulvārī 2 (5.6. att., 1. pielikums). Decembra sākumā (4.12.2004.) ņemtajiem sniega paraugiem novērota sniega ūdens pH vērtību būtiska samazināšanās visos objektos, Basteja bulvārī 1 sasniedzot pat pH 5,45±0,03, kas ir nedaudz zemāk par fona līmeni. Citviet sniega ūdens pH diapazons bija no 5,94±0,10 Basteja bulvārī 2 līdz pH 7,05±0,03 Hanzas ielā 1.

28. decembrī ievāktajiem sniega paraugiem ielu sniega ūdens pH mainījās robežās no 6,99±0,17 Basteja bulvārī 1 līdz 7,77±0,03 Hanzas ielā 1 (2. pielikums). Savukārt Viestura dārza sniega ūdens paraugus varētu raksturot kā vāji skābus - pH 6,35±0,01. Novērots, ka sniega ūdens pH bijis tikpat augsts kā pirmā pastāvīgā sniega paraugiem 2004. gada novembrī.

Viestura dārza trešā ilgstošā sniega ūdens (11.02.2005.) paraugiem bija vāji skāba reakcija - pH 6,25±0,02, bet ielu apstādījumu objektu paraugiem - vāji sārmaina - no 7,33±0,02 līdz 7,62±0,09 (3. pielikums). Nedaudz zemāks sniega ūdens pH tika konstatēts 22. marta kūstoša sniega paraugiem - no 7,06±0,05 Basteja bulvārī 1 līdz 7,30±0,03 Stabu ielā 1.

Jāatzīmē, ka visi iegūtie sniega ūdens pH dati uzrādīja būtisku, vidēji ciešu korelāciju ar  $\text{Ca}^{2+}$  un  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrāciju sniega ūdenī ( $r_{\text{Ca}}(0,05, 150) = 0,66$ ;  $r_{\text{Mg}}(0,05, 150) = 0,63$ ; bet vāji korelēja ar  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  un  $\text{K}^+$  koncentrācijām ( $r_{\text{Cl}}(0,05, 150) = 0,38$ ;  $r_{\text{Na}}(0,05, 150) = 0,39$ ;  $r_{\text{K}}(0,05, 150) = 0,34$ ).



**5.6. attēls. pH vidējās vērtības paraugobjektā Rīgas centra apstādījumu sniega ūdenī 2004./2005. gada ziemā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

Figure 5.6. Mean pH values in snow water from sampling sites in the central part of Riga during winter 2004/2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts, Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Elektrovadītspēja

Analizējot 2004. gada 26. novembra sniega ūdens paraugus (5.1. tab., 1. pielikums), konstatēta plaša elektrovadītspējas (EC) vērtību amplitūda - no 0,24  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  Basteja bulvārī 1 līdz 11,02  $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  Elizabetes ielā, viennozīmīgi pārsniedzot fona EC rādītājus. Turklāt noteiktās EC vērtības uzrādīja būtisku, ļoti

**5.1. tabula**  
Table 5.1

**Elektrovadītspējas ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) diapazons Rīgas centra sniega ūdens paraugos 2004./2005. gada ziemā**  
Snow water electrical conductivity in the central part of Riga during winter 2004/2005  
(vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ , means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ )

Objekts Object	Pirmā sniega kārtā Snow bank I			Otrā sniega kārtā Snow bank II			Trešā sniega kārtā Snow bank III								
	26.11.2004.			4.12.2004.			28.12.2004.			11.02.2005.			22.03.2005.		
	Min	Max	Vidēji Mean	Min	Max	Vidēji Mean	Min	Max	Vidēji Mean	Min	Max	Vidēji Mean	Min	Max	Vidēji Mean
Parks (Park)	0,03	0,04	0,03 $\pm$ 0,01	0,02	0,03	0,03 $\pm$ 0,01	0,04	0,05	0,04 $\pm$ 0,01	0,07	0,09	0,08 $\pm$ 0,01	0,07	0,08	0,08 $\pm$ 0,01
Hanzas 1	3,30	9,02	5,61 $\pm$ 1,74	0,10	0,19	0,16 $\pm$ 0,03	0,35	0,69	0,56 $\pm$ 0,12	0,94	1,42	1,16 $\pm$ 0,14	0,15	0,31	0,22 $\pm$ 0,05
Hanzas 2	1,96	2,10	2,04 $\pm$ 0,04	0,06	0,06	0,06 $\pm$ 0,01	0,47	0,75	0,62 $\pm$ 0,08	1,26	1,84	1,63 $\pm$ 0,19	1,00	3,14	2,14 $\pm$ 0,62
Elizabetes	0,42	11,02	4,49 $\pm$ 2,0	0,06	0,20	0,11 $\pm$ 0,03	0,09	0,46	0,22 $\pm$ 0,07	0,67	2,98	1,49 $\pm$ 0,42	0,58	3,45	1,47 $\pm$ 0,53
Kr. Valdemāra	0,45	1,92	1,07 $\pm$ 0,44	0,06	0,16	0,09 $\pm$ 0,03	0,25	0,27	0,26 $\pm$ 0,01	1,53	3,33	2,62 $\pm$ 0,55	0,69	0,96	0,86 $\pm$ 0,09
Stabu 1	2,18	4,22	3,49 $\pm$ 0,66	0,07	0,09	0,08 $\pm$ 0,01	0,09	0,31	0,20 $\pm$ 0,06	0,62	1,73	1,34 $\pm$ 0,36	0,53	1,12	0,75 $\pm$ 0,19
Stabu 2	1,85	7,72	5,63 $\pm$ 1,31	0,07	0,09	0,08 $\pm$ 0,01	0,18	0,31	0,25 $\pm$ 0,03	1,04	3,81	1,92 $\pm$ 0,64	0,58	1,15	0,88 $\pm$ 0,12
Basteja b.1	0,24	0,32	0,28 $\pm$ 0,03	0,02	0,03	0,02 $\pm$ 0,01	0,18	0,47	0,32 $\pm$ 0,08	0,83	2,26	1,38 $\pm$ 0,44	0,16	0,47	0,27 $\pm$ 0,10
Basteja b.2	3,21	3,38	3,28 $\pm$ 0,05	0,09	0,14	0,11 $\pm$ 0,02	0,76	0,80	0,78 $\pm$ 0,01	0,29	0,57	0,39 $\pm$ 0,09	0,27	0,51	0,41 $\pm$ 0,07

ciešu korelāciju ar  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrāciju ( $r_{\text{Na}}(0,05, 30) = 0,99$ ;  $r_{\text{Cl}}(0,05, 30) = 0,98$ ). Tādējādi kūstoša sniega (4.12.2004.) EC vērtības tikai nedaudz pārsniedza Rīgas centra fona līmeni, jo arī  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrācija bija būtiski samazinājusies.









Otrā pastāvīgā sniega jeb 28. decembra sniega paraugu EC diapazons bija no  $0,09 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  sniega ūdens Stabu ielā 1 līdz  $0,80 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  Basteja bulvārī 2, būtiski un ļoti cieši korelējot ar  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  rādījumiem ( $r_{\text{Na}}(0,05, 30) = 0,96$ ;  $r_{\text{Cl}}(0,05, 30) = 0,96$ ).

Salīdzinājumā ar pirmā pastāvīgā sniega ūdens (26.11.2004.) analīžu datiem, trešajam ilgstošā sniega ūdenim (11.02.2005.) konstatētais EC diapazons bija šaurāks – no  $0,29 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  Basteja bulvārī 2 līdz  $3,81 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  Stabu ielā 2 -, kas attiecīgi bija 3,2 līdz 42,3 reizes vairāk nekā fonam konstatētais maksimums. Tomēr, salīdzinājumā ar citām paraugu ņemšanas reizēm (4.12.2004., 28.12.2004., 22.03.2005.), tas bija plašāks. Kūstoša 3. pastāvīgā sniega ūdens vidējais EC sešos objektos bija samazinājies, bet vienā (Hanzas 2) – palielinājies, savukārt Viestura dārzā un Basteja 2 - palicis nemainīgs. Tāpat kā iepriekšējiem sniega ūdens paraugiem, arī trešajam pastāvīgajam sniegam konstatēta ļoti cieša korelācija ar  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrāciju (11. februārī -  $r_{\text{Na}} = 0,98$ ,  $r_{\text{Cl}} = 0,94$ ; 22. martā -  $r_{\text{Na}}(0,05, 30) = 0,99$ ,  $r_{\text{Cl}}(0,05, 30) = 0,99$ ). Kopumā sniega ūdens EC korelācija ar  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  bija  $0,99$ , bet ar  $\text{K}^+$  -  $0,37$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  -  $0,36$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  -  $0,38$  ( $n=150$ ).

\*\*\*

Sniega segas ķīmiskajam sastāvam Rīgas ielu apstādījumos un Viestura dārzā raksturīgas šādas īpatnības:

- Visos ielu apstādījumu pētījumu vietu paraugos, salīdzinot ar fona līmeni Viestura dārzā, konstatētas paaugstinātas sniega ūdens pH vērtības, kas būtiski cieši korelē ar  $\text{Ca}^{2+}$  un  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrāciju tajos ( $r_{\text{Ca}}(0,05, 150) = 0,66$ ;  $r_{\text{Mg}}(0,05, 150) = 0,63$ ), bet vāji – ar  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Na}^+$  un  $\text{K}^+$  koncentrācijām ( $r_{\text{Cl}}(0,05, 150) = 0,38$ ;  $r_{\text{Na}}(0,05, 150) = 0,39$ ;  $r_{\text{K}}(0,05, 150) = 0,34$ ).
- Nepiesārņota sniega ūdens elektrovadītspēja ziemas periodā saglabājās praktiski nemainīga, svārstoties  $0,02$ – $0,09 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  robežās. Turpretī elektrovadītspējas vērtības sniega paraugos, kas ievākti intensīvas satiksmes vietās, svārstījās ļoti plašās robežās, to maksimālajām vērtībām vairāk nekā 25–276 reizes pārsniedzot attiecīgā fona līmeni:

	Hanzas iela 1:	$0,10 - 9,02 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$
	Hanzas iela 2:	$0,06 - 3,14 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$
	Elizabetes iela:	$0,06 - 11,02 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$
	Kr. Valdemāra iela:	$0,06 - 3,33 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$
	Stabu iela 1:	$0,07 - 4,22 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$
	Stabu iela 2:	$0,07 - 7,72 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$
	Basteja bulvāris 1:	$0,02 - 2,26 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$
	Basteja bulvāris 2:	$0,09 - 3,38 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$

- Sniega paraugos konstatēta ievērojami paaugstināta  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrācija, kas atsevišķos gadījumos pārsniedza fona līmeni pat 564 ( $\text{Cl}^-$ ) un 1098 ( $\text{Na}^+$ ) reizes. Tika novērota būtiska cieša korelācija starp sniega ūdens elektrovadītspēju un  $\text{Na}^+$  ( $r_{(0,05, 150)} = 0,99$ ) un  $\text{Cl}^-$  ( $r_{(0,05, 150)} = 0,99$ ) koncentrāciju tajā. Savukārt  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija uzrādīja būtisku, bet vāju korelāciju ( $r_{\text{K} (0,05, 150)} = 0,367$ ,  $r_{\text{Ca} (0,05, 150)} = 0,36$ ,  $r_{\text{Mg} (0,05, 150)} = 0,33$ ).
- Visās paraugu ņemšanas vietās ielu apstādījumos, salīdzinot ar Viestura dārzu, sniega ūdenī konstatēta palielināta  $\text{Ca}^{2+}$  un  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācija, kuras maksimālās vērtības fona līmeni pārsniedza līdz 39 un 12 reizēm; fiksēta arī nenozīmīgi paaugstināta  $\text{K}^+$  koncentrācija (ar dažiem izņēmumiem).
- Visiem pētītajiem sniega segas ķīmiskajiem parametriem ielu apstādījumos novērota liela izkliede, kas liecina par sniega segas sastāva nevienmērību kā vienas ielas posma dažādās brauktuves pusēs, tā arī konkrētā ielu apstādījumu objektā, piemēram, Hanzas ielā, Basteja bulvārī u.c.

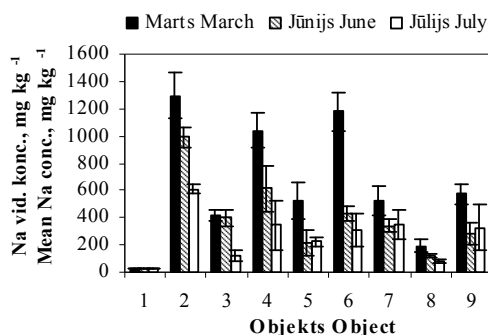
## 5.2. Augsnes ķīmisko analīžu rezultāti

Lai raksturotu apstādījumu koku nodrošinājumu ar barības elementiem (K, Ca, Mg, Cu, Zn, Fe), kā arī augsnes piesārņojumu ar Pb, Na un  $\text{Cl}^-$ , 2005. gada marta beigās, jūnija un jūlija sākumā astoņos Rīgas centra ielu objektos un Viestura dārzā tika ievākti augsnes paraugi. Papildus noteikta arī augsnes reakcija 1 M KCl izvilkumā un ūdenī šķīstošo sāļu kopējais saturs pēc īpatnējās elektrovadītspējas.

### Nātrijs

Ziemas sezonas beigās (martā) Rīgas ielu apstādījumos konstatēta augstākā Na koncentrācija, kas vidēji bija 24 reizes lielāka nekā Viestura dārzā. Dažādos objektos Na augsnē bija akumulējies atšķirīgos daudzumos: vairāk nekā 1 g Na augsnē atklāts Hanzas ielā 1, Stabu ielā 1 un Elizabetes ielā (5.7. att., 4. pielikums). Maksimālā nātrija koncentrācija Hanzas ielā 1 fona līmeni pārsniedza 51 reizi un sasniedza  $1568 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , neraugoties uz to, ka šī objekta paraugvietas atrodas vairāk nekā 1,5 m attālumā no brauktuves. Turpretī Stabu ielā 2, kur apdobes ir pašā brauktuves malā, Na saturs bija divas reizes mazāks ( $731 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) nekā Hanzas ielā 1. Līdzīga Na koncentrācija augsnē konstatēta arī Kr. Valdemāra ielā, Basteja bulvārī 2, bet viszemākā - objektā Basteja bulvārī 1, kas atrodas vistālāk no brauktuves un kur vidējā Na koncentrācija bija sešas reizes augstāka nekā parkā.

Jūnijā un jūlijā gandrīz visās paraugu ievākšanas vietās novērota Na koncentrācijas samazināšanās, viskrasāk tur, kur martā tika konstatēta visaugstākā koncentrācija – Hanzas ielā 1, Elizabetes ielā, Stabu ielā 1. Jūlijā kā izņēmums atzīmējami Kr. Valdemāra ielas, Stabu ielas 2 un Basteja bulvāra 2 objekti, kur Na vidējā koncentrācija augsnē bija palielinājusies nebūtiski. Iespējams, ka tas saistīts ar augsnes ķīmiskā sastāva nevienmērību pat vienas paraugvietas (koku apdobes) ietvaros.



**5.7. attēls. Na vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

Figure 5.7. Mean concentration of Na ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

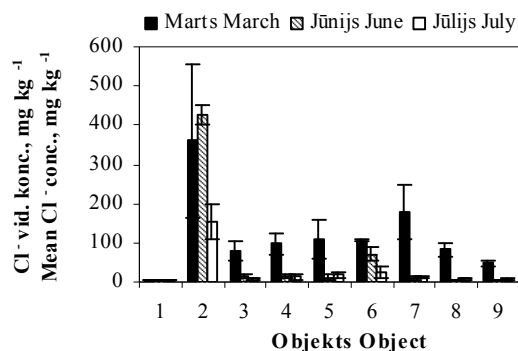
Līdzīgi kā martā, arī jūnijā un jūlijā visaugstākā Na koncentrācija novērota Hanzas ielā 1 ( $990,1\pm 76,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), bet viszemākā – Basteja bulvārī 1 ( $83,9\pm 13,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), kas fona vidējo līmeni pārsniedza attiecīgi 36 un 3 reizes.

### Hlorīdi

Augstākā Cl koncentrācija ielu apstādījumu objektu augsnē arī bija martā un vidēji 22 reizes pārsniedza parka līmeni. Savukārt maksimālais Cl daudzums tika konstatēts Hanzas ielā 1 ( $744,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), kas 114 reižu pārsniedza parkā konstatēto maksimālo Cl līmeni. Vasarā novērota Cl koncentrācijas krasi samazināšanās, Cl ar nokrišņiem no augsnes virskārtas ieskalojoties tās dziļākajos slāņos vai augiem Cl uzņemot ar saknēm (4.-6. pielikums, 5.8. att.). Kā izņēmums atzīmējama Hanzas iela 1, kur jūnijā vidējā Cl koncentrācija bija pat nedaudz, bet nebūtiski, pieaugusi. Savukārt, salīdzinot ar jūniju, pēdējā paraugu ņemšanas reizē jūlijā Cl koncentrācija augsnē vidēji bija nedaudz, taču nebūtiski, palielinājusies Kr. Valdemāra ielā, Stabu ielā 2, Basteja bulvārī 1 un 2 (no  $2,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  līdz  $6,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Tāpat kā Na, arī Cl augstākā koncentrācija augsnē bija Hanzas ielā 1 - ~1,5 m attālumā no brauktuves, starp ietvi un ielas apbūvi. Savukārt viena no zemākajām Cl koncentrācijām konstatēta Basteja bulvārī, kur augsnes paraugvietas arī atrodas starp ietvi un apbūvi (Jēkaba arkāde – autostāvvietā). Turklāt Cl koncentrācijai augsnē konstatētas lielas atšķirības ne tikai starp ielu objektiem, bet arī paraugvietām viena ielas posma dažādās brauktuves pusēs (Hanzas iela 1 un 2) un vienas ielas dažādos posmos (Stabu iela 1 un 2). Līdz ar to iegūtie rezultāti norāda uz augsnes nevienmērīgo piesārņojumu ar hlorīdiem agrā pavasarī, kad sniegs tikko nokūsis un iesūcies augsnē.





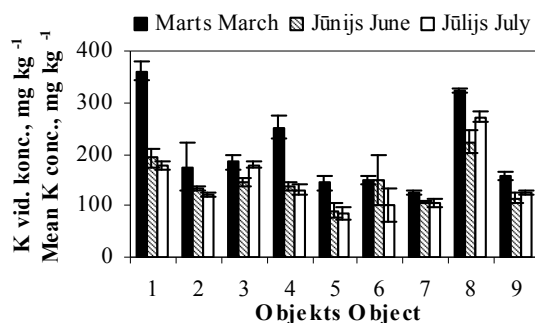
**5.8. attēls. Cl<sup>-</sup> vidējā koncentrācija (mg·kg<sup>-1</sup>) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

Figure 5.8. Mean concentration of Cl<sup>-</sup> (mg·kg<sup>-1</sup>) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Kālijs

Pretēji Na un Cl<sup>-</sup> koncentrācijai augsnē martā, ielu apstādījumu objektos pirms veģetācijas sezonas sākuma K koncentrācija augsnē bija aptuveni divas reizes zemāka par fona līmeni parkā (Stabu ielā 2 tikai 125,5±5,5 mg·kg<sup>-1</sup>, bet Hanzas ielā 1 K koncentrācija sasniedza tikai 96,26 mg·kg<sup>-1</sup>) (5.9. att., 4.-6. pielikums). K daudzums augsnē fona līmenim atbilda vienīgi Basteja bulvāra 1 objektā.



**5.9. attēls. K vidējā koncentrācija (mg·kg<sup>-1</sup>) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

Figure 5.9. Mean concentration of K (mg·kg<sup>-1</sup>) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples ±SE).

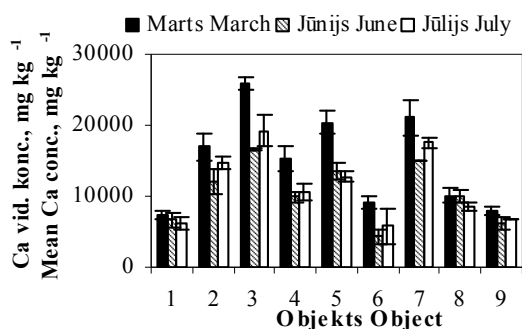
Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

Salīdzinot ar martu, veģetācijas sezonā (jūnijs-jūlijs) apstādījumu augsnē novērota K koncentrācijas samazināšanās tendence. Savukārt jūlijā trijos objektos (Hanzas ielā 2, Basteja bulvārī 1 un 2) K koncentrācija bija nedaudz palielinājusies, taču nepārsniedzot marta rādītājus. Tikai Basteja bulvārī 1 jūnijā un jūlijā tā fona līmeni pat pārsniedza (vidēji 1,2 un 1,5 reizes), bet Hanzas ielā 2 jūlijā bija šim līmenim atbilstoša. Tādējādi veģetācijas sezonas vidū (jūlijā) K koncentrācijas diapazons ielu paraugvietās bija vidēji no  $85,8 \pm 12,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Kr. Valdemāra ielā līdz  $272,3 \pm 9,2 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Basteja bulvārī 1, bet Stabu ielā 1 sasniedza tikai  $58,4 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

### Kalcijs

Rīgas ielu apstādījumu augsnē 2005. gadā konstatētas vidēji divas reizes paaugstināta Ca koncentrācija salīdzinājumā ar fona līmeni (5.10. att.). Pavasara sākumā tam atbilda tikai Basteja bulvāra 2 augsnē noteiktais Ca daudzums, kamēr citos ielu apstādījumu objektos tas vidēji bija līdz 3,5 reizēm augstāks (maksimālais Hanzas ielā 2).

Jūnijā novērota tendence Ca koncentrācijai augsnē samazināties, savukārt jūlijā vairumā objektu tā bija jūnija līmenī vai nedaudz palielinājusies, tomēr nepārsniedzot pavasarī konstatēto. Par fona līmeni zemāka Ca koncentrācija jūnijā un jūlijā noteikta Stabu ielas 1 atsevišķu pētījuma vietās (4.-6. pielikums), turpretī Stabu ielā 2 tā bija viena no augstākajām. Jāpiezīmē, ka vairumā ielu objektu Ca koncentrācijas izkliede bija lielāka nekā parkā.



**5.10. attēls. Ca vidējā koncentrācija ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm$ SE).**

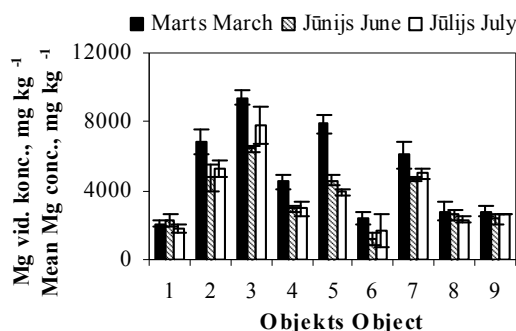
Figure 5.10. Mean concentration of Ca ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples  $\pm$ SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Magnijs

Arī Mg koncentrācija Rīgas ielu apstādījumu augsnē 2005. gadā bija augstāka nekā parkā (5.11. att.), visvairāk pavasara sākumā - vidēji 2,5 reizes augstāka par fona līmeni Viestura dārzā. Lielākās Mg koncentrācijas tika konstatētas Hanzas ielā, Kr. Valdemāra ielā, kā arī Stabu 2, kas caurmērā bija līdz 4,5 reizēm augstāka nekā parkā. Savukārt zemāku, fona līmenim atbilstošu koncentrāciju uzrādīja Stabu ielas 1 un Basteja bulvāra atsevišķu paraugvietu augsnes.

Jūnijā vairumā ielu paraugvietu novērota Mg koncentrācijas samazināšanās. Jūlijā vidējā Mg koncentrācija augsnē bija samazinājusies vairs tikai parkā un Kr. Valdemāra ielā, turpretī citos objektos - palikusi gandrīz nemainīga. Kā izņēmums atzīmējama Hanzas iela 2, kur Mg koncentrācija jūlijā bija palielinājusies, ko, iespējams, noteicis augsnes neviendabīgums. Kopumā ielu objektos novērotā tendence bija līdzīga kā Ca gadījumā.



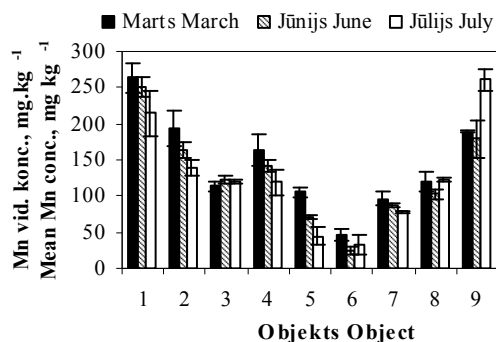
#### **5.11. attēls. Mg vidējā koncentrācija (mg·kg<sup>-1</sup>) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

Figure 5.11. Mean concentration of Mg (mg·kg<sup>-1</sup>) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Mangāns

Visos Rīgas centra ielu apstādījumu objektos konstatēta pazemināta Mn koncentrācija salīdzinājumā ar Viestura dārzu (vidēji divas reizes zemāka par fona līmeni) (5.12. att.). Tikai jūlijā Basteja bulvārī 2 tā bija nedaudz augstāka kā parkā. Vairumā ielu objektu (septiņos no astoņiem), tāpat kā Viestura dārzā, veģetācijas sezonā novērota tendence Mn koncentrācijai augsnē saglabāties nemainīgai vai arī samazināties. Jāatzīmē, ka absolūti zemāko Rīgas ielu objektu augsnēs konstatēto Mn koncentrāciju - 14,9 mg·kg<sup>-1</sup> (jūlijā) - uzrādīja paraugvieta Stabu ielā 1, kur Mn daudzums bija pat 10 reizes (!) zemāks par minimālo fona līmeni Viestura dārzā.



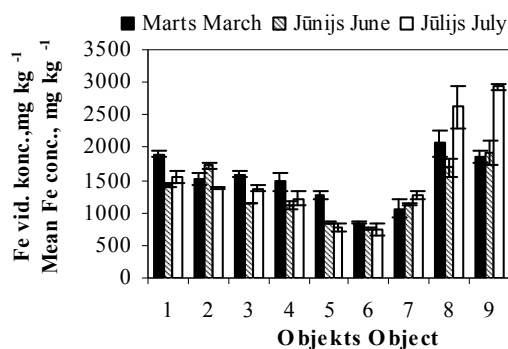
**5.12. attēls. Mn vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

Figure 5.12. Mean concentration of Mn ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

Dzelzs

Kopumā ielu apstādījumu augsnēs konstatētā Fe koncentrācija 2005. gadā bija fona līmenī vai pat zemāka (5.13. att.). Tikai Basteja bulvāra augsnes paraugu ķīmiskās analīzes uzrādīja Fe koncentrāciju, kas pārsniedza fona līmeni un ar izteiktu tendenci vasaras vidū vēl pieaugt. Objekts Basteja bulvārī 1 jūlijā uzrādīja arī maksimālo Fe koncentrāciju ielu apstādījumu augsnē -  $3259,1 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Toties vismazākais Fe daudzums visās paraugu ņemšanas reizēs konstatēts Stabu ielā 1 - ( $851,1\pm 23,9$ ;  $747,7\pm 15,1$  un  $745,3\pm 9,7 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) - kas caurmērā bija divas reizes mazāks par fona līmeni Viestura dārzā.



**5.13. attēls. Fe vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

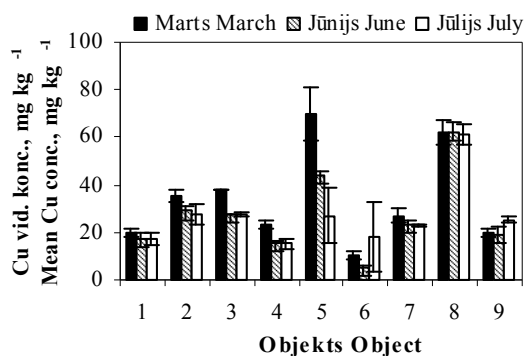
Figure 5.13. Mean concentration of Fe ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Varš

Cu koncentrācija Rīgas centra ielu apstādījumu augsnēs 2005. gadā, salīdzinot ar Viestura dārzu, bija gan pazemināta, gan paaugstināta (5.14. att., 4.-6. pielikums). Augstākās Cu koncentrācijas konstatētas marta beigās ievāktajos paraugos (no  $8,03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Stabu ielā 1 līdz  $92,27 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Kr. Valdemāra ielā (4. pielikums), kas fona maksimumu pārsniedza līdz četrām reizēm). Caurmērā zemākā Cu koncentrācija novērota Stabu ielā 1, kur martā un arī jūnijā tā vidēji objektā bija zem fona līmeņa, bet augstākā - Basteja bulvārī 1 un Kr. Valdemāra ielā.

Veģetācijas sezonā (jūnijs, jūlijs) novērota tendence Cu koncentrācijai augsnē samazināties, jūlijā uzrādot pat  $2,88 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Stabu ielā 1). Kopumā Cu koncentrācijas izmaiņas no 2005. gada marta līdz jūlijam bija nebūtiskas ( $p>0,05$ ). Jāatzīmē, ka parka augsnē novērota Cu koncentrācijas palielināšanās paraugvietās (maksimāli līdz 1,6 reizēm jūnijā) virzienā uz Hanzas ielas pusi.



### 5.14. attēls. Cu vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem $\pm\text{SE}$ ).

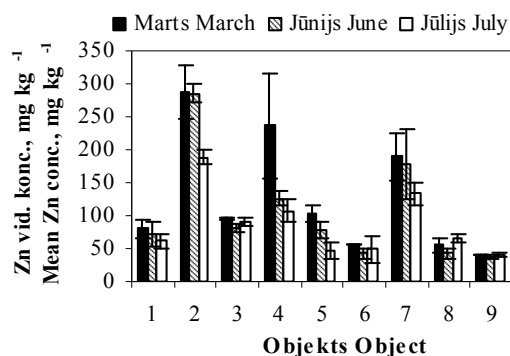
Figure 5.14. Mean concentration of Cu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Cinks

Vairumā Rīgas centra ielu apstādījumu objektu 2005. gadā Zn koncentrācija augsnē konstatēta fona līmenī vai pat zemāka (5.15. att.). Caurmērā augstākā Zn koncentrācija noteikta martā (maksimālā  $550,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Elizabetes ielā, kas fona maksimumu pārsniedza piecas reizes). Savukārt kopumā visaugstāko Zn koncentrāciju uzrādīja Hanzas ielas 1, Elizabetes ielas un Stabu ielas 2 augšņu paraugi. Minētajos objektos novērots arī lielākais rezultātu diapazons. Laika posmā no marta līdz jūlijam konstatēta tendence Zn līmenim augsnē samazināties. Zemākā vidējā Zn koncentrācija novērota Basteja bulvāra 2 objektā.

Tāpat kā Cu, arī Zn gadījumā Viestura dārza paraugvietu augsnē novērota tā koncentrācijas palielināšanās Hanzas ielas virzienā (līdz pat 2,4 reizēm jūnijā).



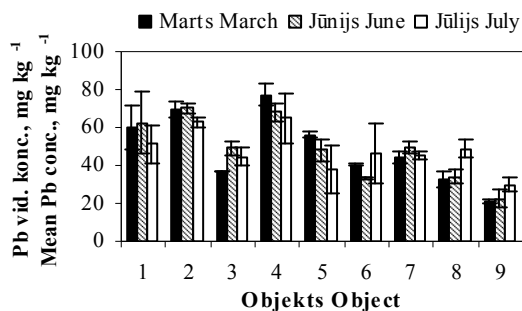
**5.15. attēls. Zn vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

Figure 5.15. Mean concentration of Zn ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Svins

Pb daudzums Rīgas centra ielu apstādījumu augsnē kopumā atbilda Viestura dārza līmenim vai bija pat zemāka (no  $19,08 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Basteja bulvārī 2 martā līdz  $114,83 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  Elizabetes ielā jūlijā) (5.16. att., 4.-6. pielikums). Caurmērā mazākais svina daudzums augsnē 2005. gadā novērots Basteja bulvārī 2. Iespējams, ka Viestura dārza paraugu ņemšanas vietu augsnes virsējā slānī Pb bija akumulējies ilgākā laika periodā, un tādēļ arī uzrādīja tikpat augstu vai lielāku daudzumu kā ielu apstādījumu objektu augsnēs.



**5.16. attēls. Pb vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

Figure 5.16. Mean concentration of Pb ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in soil samples from the central part of Riga during spring and summer, 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

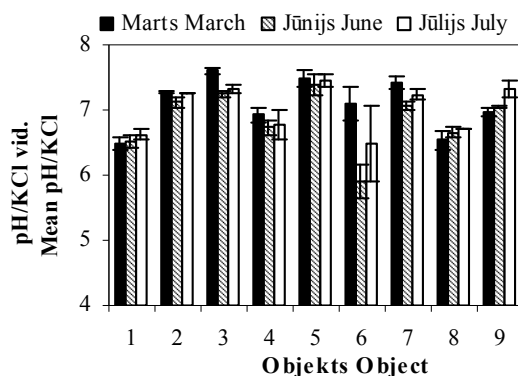
Pb satura izmaiņas 2005. gada pavasara–vasaras sezonā (marts–jūlijs) bija nebūtiskas ( $p>0,05$ ). Jūnija sākumā dažos objektos (Hanzas ielā 2, Stabu ielā 2, arī Viestura dārzā) Pb koncentrācija augsnē, līdz ar atmosfēras piesārņojuma izsēšanos, bija nedaudz palielinājusies, bet jūlijā samazinājusies. Savukārt citos objektos Pb daudzums jūnijā bija saglabājies marta līmenī vai nedaudz samazinājies.

Viestura dārzā konstatēta relatīvi liela elementu daudzuma izkliede (līdz pat  $SE=16,28$ ), kas skaidrojams ar paraugvietu izvietojumu parka teritorijā – Pb koncentrācija augsnē ievērojami pieauga Hanzas ielas virzienā (līdz pat 2,7 reizēm!). Savukārt lielākās standartklūdas aprēķinātās objektiem Elizabetes, Kr. Valdemāra un Stabu ielā 1. Kopumā iepriekš minētais liecina par Pb piesārņojuma nevienmērīgo izsēšanos no atmosfēras, kā arī lokālu augsnes piesārņojumu ar šo smago metālu.

#### Augsnes reakcija

Pilsētu augsnes nav izveidojušās dabiski. Dažādu būvniecības materiālu piemaisījums substrātam veicinājis augsnes bāziskumu, tādēļ Rīgas centra ielu apstādījumu augšņu reakcija vairumā gadījumu ir neitrāla vai viegli bāziska (vidēji objektos  $pH_{KCl}$   $6,54\pm 0,15$ – $7,60\pm 0,04$ ) (5.17. att.). Savukārt Viestura dārzā  $pH_{KCl}$  vidēji bija no  $6,47\pm 0,10$  martā līdz  $6,63\pm 0,08$  jūlijā.

Augsnes reakcijas izmaiņas un aprēķinātās objektu vidējo rezultātu standartklūdas 2005. gadā bija relatīvi mazas, izņemot objektu Stabu ielā 1, kur vasarā tika novērots plašs pH mainīgums - augsnes reakcija jūnijā bija samazinājusies līdz  $pH_{KCl}$  5,47 (vidēji -  $5,90\pm 0,24$ ) (5. pielikums). Arī pēdējā augsnes paraugu ņemšanas reizē konstatētas lielas augsnes reakcijas svārstības –  $pH_{KCl}$  no 5,80 līdz 7,64, ko uzrāda arī aprēķinātās standartklūdas.



**5.17. attēls. Augsnes reakcija ( $pH_{KCl}$ ) Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm SE$ ).**

Figure 5.17. Soil reaction ( $pH_{KCl}$ ) from sampling sites in the central part of Riga during spring and summer 2005 (means from 3-5 samples  $\pm SE$ ).

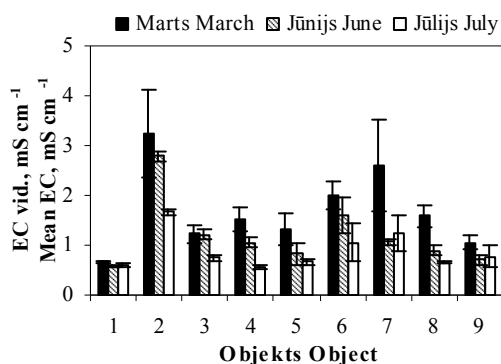
Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr. Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

Jāatzīmē, ka Rīgas centra augsnēs noteiktās pH vērtības būtiski cieši korelēja ar Ca un Mg daudzumu (martā  $r_{Ca(0,05,30)}=0,71$ ,  $r_{Mg(0,05,30)}=0,75$ ; jūnijā  $r_{Ca(0,05,30)}=0,72$ ,  $r_{Mg(0,05,30)}=0,78$ , jūlijā  $r_{Ca(0,05,30)}=0,63$ ,  $r_{Mg(0,05,30)}=0,64$ ).

### Elektrovadītspēja

Visās Rīgas ielu apstādījumu paraugvietās augsnes ūdenī šķīstošo sāļu kopējais saturs pēc īpatnējās elektrovadītspējas (EC) pavasara sākumā attiecībā pret fonu Viestura dārzā raksturojams kā palielināts (5.18. att., 4. pielikums). Vidēji ielu apstādījumu objektu EC rezultāti marta beigās bija lielāki par  $1,05 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ , bet fons nepārsniedza  $0,69 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ . Paraugvietās un starp objektiem vērojama liela rezultātu izkliede ( $0,78\text{-}5,33 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), ko uzrāda arī aprēķinātās standartklūdas. Maksimālā EC vērtība konstatēta Stabu ielā 2, kas bija 7,7 reizes lielāka nekā augstākā EC vērtība Viestura dārzā.

Sezonas gaitā augsnes EC samazinājās un jūlijā bija robežās no  $0,46 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  Elizabetes ielā līdz  $2,29 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$  Stabu ielā 2, fona augstāko vērtību pārsniedzot līdz 3,5 reizēm (5., 6. pielikums). Pavasarī un vasarā EC būtiski cieši korelēja ar paaugstināto Na daudzumu augsnē – martā  $r_{Na(0,05,30)}=0,65$ ,  $r_{Cl(0,05,30)}=0,84$ ; jūnijā  $r_{Na(0,05,30)}=0,86$ ,  $r_{Cl(0,05,30)}=0,88$ ; jūlijā  $r_{Na(0,05,30)}=0,88$ ,  $r_{Cl(0,05,30)}=0,61$ .



**5.18. attēls. Ūdenī šķīstošo sāļu kopējais saturs pēc īpatnējās elektrovadītspējas ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) augsnē Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada pavasarī un vasarā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

Figure 5.18. Soil electrical conductivity ( $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) from sampling sites in the central part of Riga during spring and summer 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.



\*\*\*

Rīgas ielu apstādījumos 2005. gadā bija raksturīgi šādi augsnes ķīmisko īpašību rādītāji:

- Vairumā pētījuma vietu konstatēta neitrāla vai viegli bāziska **augsnē reakcija** (vidēji objektos -  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  no  $6,54 \pm 0,15$  līdz  $7,60 \pm 0,04$ ), kas salīdzinājumā ar fona līmeni Viestura dārzā ir paaugstināta.
- Ūdenī šķīstošo sāļu kopējā saturs pēc īpatnējās elektrovadītspējas (**EC**) noteiktais fona līmenis Rīgas centrā 2005. gadā bija no  $0,51 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  (minimums jūlijā) līdz  $0,69 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  (maksimums martā). Turpretī EC vērtības ielu augsnes paraugos svārstījās ļoti plašās robežās un, tāpat kā parkā, ar tendenci vasarā samazināties: no  $0,78$  līdz  $5,33 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  marta beigās līdz  $0,46 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  –  $2,29 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$  jūlijā, fona augstāko vērtību pārsniedzot attiecīgi līdz  $7,7$  un  $3,5$  reizēm.
- Ielu apstādījumu augsnēm konstatēta ievērojami paaugstināta **Na** un **Cl** koncentrācija, īpaši marta beigās ņemtajiem paraugiem, kas fona līmeni pārsniedza līdz  $114$  (**Cl**) un  $51$  (**Na**) reizei (Hanzas iela 1). Salīdzinot ar nātriju, šajā gadījumā vērojama strauja hlorīdu koncentrācijas samazināšanās vasaras sākumā, tādēļ jūnijā ņemto paraugu analīzes neatpoguļo reālo situāciju pavasarī. Vērojama būtiski cieša korelācija starp ūdenī šķīstošo sāļu kopējo saturu pēc īpatnējās elektrovadītspējas un **Na** un **Cl** koncentrāciju augsnē (martā  $r_{\text{Na (0,05, 30)}}=0,65$ ,  $r_{\text{Cl (0,05, 30)}}=0,84$ ; jūnijā  $r_{\text{Na (0,05, 30)}}=0,86$ ,  $r_{\text{Cl (0,05, 30)}}=0,88$ , jūlijā  $r_{\text{Na (0,05, 30)}}=0,88$ ,  $r_{\text{Cl (0,05, 30)}}=0,61$ ).
- Fona līmenim atbilstošs **K** daudzums augsnē konstatēts tikai Basteja bulvārī 1 un ar atsevišķiem izņēmumiem vēl dažu objektu paraugvietās. Citur **K** koncentrācija bija zemāka pat par fona apakšējo līmeni (konstatēto minimālo koncentrāciju) pat līdz  $3,4$  reizēm. Veģetācijas sezonā (jūnijs–jūlijs), salīdzinot ar martu, novērota **K** koncentrācijas samazināšanās visos izvēlētajos objektos.
- Gandrīz visās ielu apstādījumu paraugvietās konstatēts palielināts **Ca** un **Mg** daudzums augsnē (caurmērā divas reizes).
- **Pb** daudzums Rīgas centra ielu apstādījumu augsnē kopumā atbilda Viestura dārza līmenim vai bija pat zemāks (no  $19,08 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Basteja bulvārī 2 martā līdz  $114,83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Elizabetes ielā jūlijā). **Pb** daudzuma izmaiņas 2005. gada pavasara–vasaras sezonā (marts–jūlijs) bija nebūtiskas ( $p > 0,05$ ).
- Augstākais **Cu** daudzums konstatēts marta beigās ņemtajiem paraugiem ( $8,03 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Stabu ielā 1 līdz  $92,27 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Kr. Valdemāra ielā), kas maksimālo fona līmeni pārsniedza līdz četrām reizēm. Kopumā **Cu** saturs izmaiņas no 2005. gada marta līdz jūlijam, tāpat kā **Pb** gadījumā, bija nebūtiskas.

- **Zn** daudzums augsnē 5 no 8 ielu objektiem (Hanzas iela 2, Kr. Valdemāra iela, Stabu iela 1, Basteja bulvāris 1 un 2) konstatēts fona līmenī vai pat zemāks. Savukārt augstākā Zn koncentrācija fona maksimumu pārsniedza līdz piecām reizēm (Elizabetes ielā martā). Novērota tendence laika posmā no marta līdz jūlijam Zn daudzumam augsnē samazināties.
- Rīgas centra ielu apstādījumu augsnēs konstatētais **Fe** daudzums bija fona līmenī vai zemāks, un tikai Basteja bulvāra augsnes paraugu ķīmiskās analīzes uzrādīja Fe daudzumu, kas pārsniedza fona līmeni.
- Visos Rīgas centra ielu apstādījumu objektos konstatēts pazemināts **Mn** daudzums salīdzinājumā ar parku (vidēji divas reizes).

### 5.3. Liepu lapu ķīmisko analīžu rezultāti

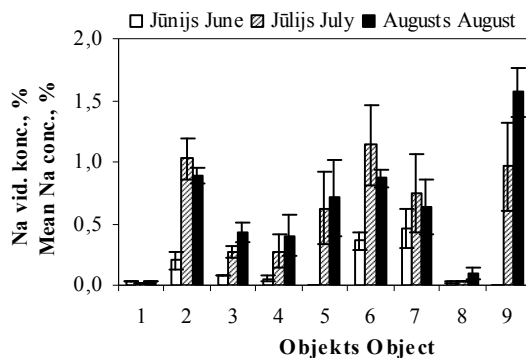
Lai noskaidrotu ielu apstādījumu liepu apgādi ar barības elementiem un noteiktu piesārņojuma akumulēšanos augu daļās, tika pētīts K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, kā arī Na, Cl un Pb daudzums koku lapās.

#### Nātrijs

Rīgas centra ielu apstādījumu liepu lapās, salīdzinājumā ar Viestura dārza datiem, 2005. gada veģetācijas sezonā novērota paaugstināta Na koncentrācija. Izņēmums - Basteja bulvāris 1, kur Na koncentrācija lapās bija fona līmenī un liepas vizuāli vienas no veselīgākajām.

Viszemākais Na līmenis ielu apstādījumos konstatēts vasaras sākumā, kad lapas izplaukušas un sasniegušas normālus izmērus (5.19. att.). Tomēr arī jūnija sākumā Na koncentrācija lapās fona maksimālo līmeni pārsniedza līdz pat 23 reizēm (Stabu ielā 2, 7. pielikums). Savukārt jūlijā novērota strauja Na daudzuma palielināšanās septiņos objektos, sasniedzot augstāko Na koncentrāciju veģetācijas sezonā objektos Hanzas ielā 1, Stabu ielā 1 un 2. Turpretī Viestura dārzā un Basteja bulvārī 1 Na koncentrācija bija saglabājusies jūnija līmenī vai arī nedaudz samazinājusies. Augusta beigās, pirms lapu dzeltēšanas, Na koncentrācija bija palielinājusies piecos no astoņiem objektiem, sasniedzot maksimumu ielu apstādījumu liepu lapās veģetācijas sezonā - 1,93 % Basteja bulvārī 2. Minētais Na daudzums 48 reizes (!) pārsniedza parka koku lapās konstatēto Na satura augstāko līmeni.

Tāpat kā analizējot Na daudzumu augsnē, arī liepu lapas ielu objektu paraugvietās uzrāda lielu rezultātu izkliedi. Plašākie Na koncentrācijas diapazoni konstatēti Kr. Valdemāra ielā, Stabu ielā 1 un 2 un Basteja bulvārī 2. Pēdējā objektā Na daudzuma svārstības lapās bijušas arī vislielākās – jūlijā no 0,31 % līdz 1,53 %.



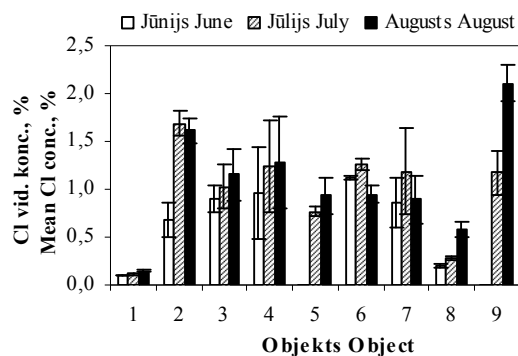
**5.19. attēls. Na vidējā koncentrācija (%) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm$ SE).**

Figure 5.19. Mean concentration of Na (%) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples  $\pm$ SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Hlorīdi

Visās ielu apstādījumos augošo liepu lapās konstatēta paaugstināta  $\text{Cl}^-$  koncentrācija attiecībā pret fona līmeni gan jūnijā, gan jūlijā un arī augustā (5.20. att., 7.-9. pielikums). Viszemākā hlorīdu koncentrācija objektā novērota Basteja bulvārī 1, kur hlorīdu daudzums bija no  $0,20 \pm 0,02$  % jūnijā līdz  $0,59 \pm 0,08$  % augustā, fona līmeni pārsniedzot attiecīgi līdz četrām reizēm.



**5.20. attēls.  $\text{Cl}^-$  vidējā koncentrācija (%) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm$ SE).**

Figure 5.20. Mean concentration of  $\text{Cl}^-$  (%) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples  $\pm$ SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

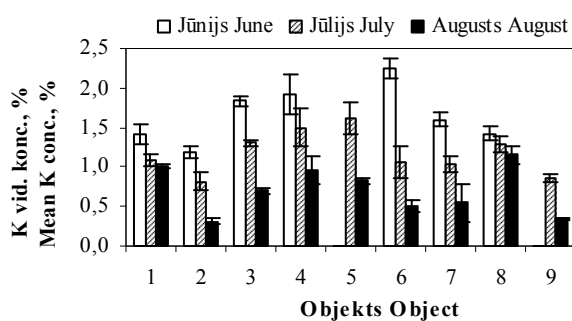
Novērota tendence Cl<sup>-</sup> koncentrācijai liepu lapās veģetācijas sezonā palielināties salīdzinājumā ar jūnija sākumu. Jāatzīmē, ka pusei ielu objektu Cl<sup>-</sup> koncentrācija maksimumu sasniedza jūlijā, bet pusei, tāpat kā Viestura dārzā - augustā. Tomēr lielākais Cl<sup>-</sup> daudzums konstatēts jūlijā Elizabetes ielā (3,00 %, E 2), kas 25 reizes pārsniedza fona līmeņa augstāko Cl<sup>-</sup> vērtību.

Līdzīgi kā Na gadījumā, arī Cl<sup>-</sup> koncentrācijai ielu objektu paraugvietu lapās konstatēta plaša amplitūda. Lielākā Cl<sup>-</sup> rezultātu izkliede visās paraugu ņemšanas reizēs bija Elizabetes ielā, augusta beigās maksimālajai Cl<sup>-</sup> koncentrācijai minimālo pārsniedzot 23 reizes, savukārt mazāko izkliedi uzrādīja objekts Basteja bulvārī 1.

### Kālijs

Rīgas centra liepu lapu ķīmisko analīžu rezultāti augstāko kālija koncentrāciju lapās uzrādīja vasaras sākumā (6. jūnijā) (5.21. att., 7.-9. pielikums). K koncentrācija ielu objektu liepu lapās jūnijā caurmērā atbilda fona līmenim (1,43±0,13 %) vai bija pat augstāka (vidēji augstākais K daudzums konstatēts Stabu ielā 1 - 2,24±0,13 %). Kā izņēmums atzīmējama Hanzas iela 1, kur K koncentrācija bija nedaudz zemāka nekā Viestura dārza liepu lapās. Savukārt kālija koncentrācijas maksimumu lapās ne tikai jūnijā, bet visā veģetācijas sezonā kopumā, uzrādīja objekts Elizabetes ielā (2,88 %, E 2), kur K 1,7 reizes pārsniedza fona augstāko līmeni.

Visos apstādījumu objektos novērota tendence K daudzumam lapās veģetācijas sezonā samazināties, augusta beigās (28.08.2005.) sasniedzot zemāko rādītāju. Īpaši strauja K daudzuma samazināšanās lapās bija ielu apstādījumos - Stabu ielā 2 (S 2.8) uzrādot tikai 0,15 % K, kas ir sešas reizes mazāk par fona zemāko līmeni Viestura dārzā pirms lapu dzeltēšanas. Vairumā ielu apstādījumu objektu (Hanzas ielā 1 un 2, Kr. Valdemāra ielā, Stabu ielā 1 un 2, Basteja bulvārī 2) K vidējā koncentrācija lapās augustā bija zemāka par fona līmeni, tikai Elizabetes ielā un Basteja bulvārī 1 tā atbilda fona līmenim vai nedaudz to pārsniedza.



**5.21. attēls. K vidējā koncentrācija (%) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

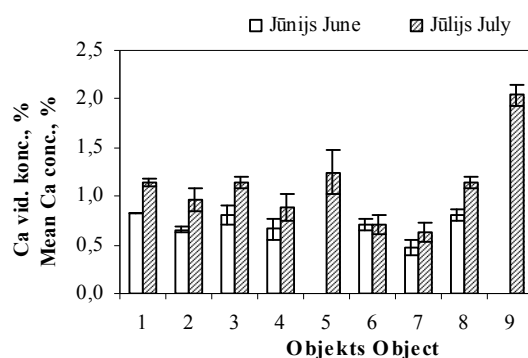
Figure 5.21. Mean concentration of K (%) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr. Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Kalcijs

Ielu apstādījumu objektos 2005. gada jūnijā Ca daudzums lapās bija fona līmenī vai pat zemāks (5.22. att., 7. pielikums). Mazākā Ca koncentrācija ielu apstādījumu lapās novērota Stabu ielā 2 ( $0,47 \pm 0,08$  %), kas caurmērā bija divas reizes mazāka par fona līmeni. Jūlijā konstatēta izteikta tendence Ca saturam lapās palielināties gan Viestura dārzā, gan ielu apstādījumos, Basteja bulvārī 2 sasniedzot vidēji  $2,05 \pm 0,11$  %, kas fona līmeni pārsniedza divas reizes. Savukārt zemāko Ca daudzumu, tāpat kā jūnijā ņemtajiem paraugiem, uzrādīja Stabu ielas 2 liepu lapu analīzes ( $0,63 \pm 0,10$  %). Šajā objektā Ca koncentrācija lapās bija līdz divām reizēm mazāka par Viestura dārzā jūlijā fiksēto.

Kopumā ielu apstādījumu objekti, salīdzinājumā ar Viestura dārzu, uzrādīja lielāku Ca koncentrācijas izkliedi.



#### 5.22. attēls. Ca vidējā koncentrācija (%) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem $\pm$ SE).

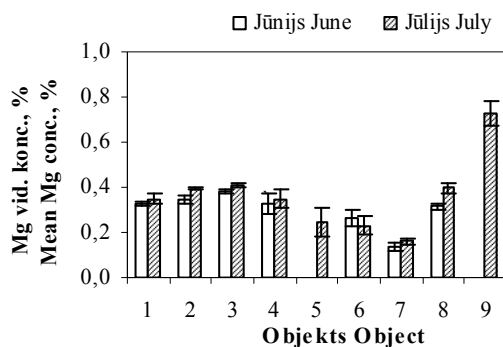
Figure 5.22. Mean concentration of Ca (%) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples  $\pm$ SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Magnijs

Vasaras sākumā (6. jūnijā) pazemināts Mg daudzums konstatēts abu Stabu ielas apstādījumu objektu liepu lapās (5.23. att.), īpaši Stabu ielā 2 - tikai 0,11 % (vidēji objektā  $0,14 \pm 0,02$  %), kas bija gandrīz trīs reizes (!) mazāk par Mg koncentrācijas minimālo līmeni Viestura dārzā. Pārējos objektos Mg koncentrācija liepu lapās aptuveni atbilda fona līmenim.

Veģetācijas sezonas vidū (jūlijā) Mg koncentrācija liepu lapās saglabājās jūnija līmenī, ar nelielu tendenci palielināties. Zemāko Mg koncentrāciju salīdzinājumā ar fona līmeni, tāpat kā jūnijā, uzrādīja Stabu ielas 1 un 2, kā arī Kr. Valdemāra ielas liepu lapu analīzes. Augstākā magnija koncentrācija 2005. gada vasarā (jūlijā) konstatēta Basteja bulvāra 2 liepu lapās, kas sasniedza pat 0,81 %, divas reizes pārsniedzot Viestura dārzā noteikto maksimālo Mg koncentrāciju veģetācijas sezonas vidū (jūlijā).



**5.23. attēls. Mg vidējā koncentrācija (%) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

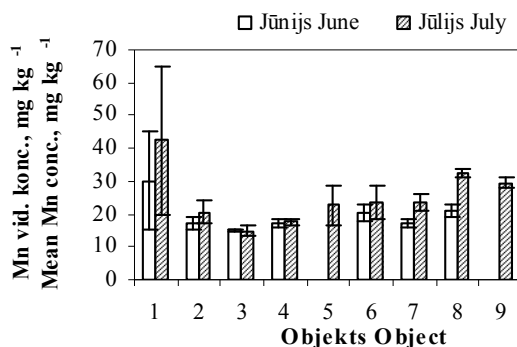
Figure 5.23. Mean concentration of Mg (%) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

**Mangāns**

Savdabīgi ķīmisko analīžu rezultāti iegūti par Mn daudzumu lapās. Ielu apstādījumu objektu lapās novērota gan paaugstināta, gan aptuveni viena līmeņa vai nedaudz mazāka mangāna koncentrācija salīdzinājumā ar Viestura dārzā noteikto zemāko (5.24. att., 7.-9. pielikums).

Laikā no jūnija sākuma līdz jūlijam novērota tendence Mn koncentrācijai liepu lapās palielināties. Augstākā Mn koncentrācija ielu apstādījumos konstatēta Basteja



**5.24. attēls. Mn vidējā koncentrācija (mg·kg<sup>-1</sup>) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem ±SE).**

Figure. 5.24. Mean concentration of Mn (mg·kg<sup>-1</sup>) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples ±SE).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

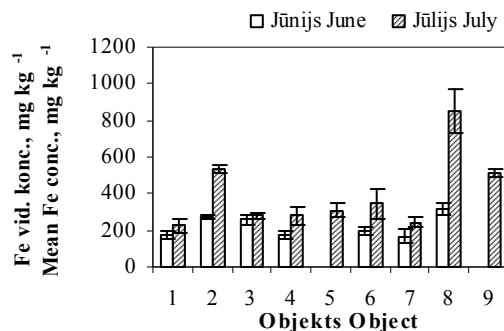
bulvārī 1. Savukārt vairākās ielu apstādījumu paraugvietās (Hanzas ielā 1 un 2, Elizabetes ielā, Kr. Valdemāra ielā, Stabu ielā 1 un 2) Mn koncentrācija liepu lapās bija mazāka par 25 mg/kg.

Plašākā Mn rezultātu izkliede visās trīs lapu paraugu ņemšanas reizēs novērota Viestura dārzā, kur vienā paraugvietā Mn koncentrācija līdz četrām reizēm pārsniedza nākamo lielāko Viestura dārzā konstatēto. Citos apstādījumu objektos Mn koncentrācijas diapazons bija šaurāks.

### Dzelzs

Fe koncentrācija ielu apstādījumu liepu lapās 2005. gada jūnijā raksturojama kā fona līmenim atbilstoša vai nedaudz paaugstināta, kas caurmērā līdz divām reizēm (Basteja bulvārī 1) pārsniedza Viestura dārza koku lapās noteikto vidējo Fe daudzumu (5.25. att., 7. pielikums)

Jūlijā, salīdzinot ar jūniju, konstatēta izteikta tendence Fe koncentrācijai liepu lapās palielināties. Visstraujāk tas noticis objektā Basteja bulvārī 1, kur Fe koncentrācija lapās palielinājusies, sasniedzot  $850 \pm 123,32 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  (maksimāli pat  $1075 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Turpat jūlijā konstatēta arī vislielākā Fe rezultātu izkliede. Arī Basteja bulvāra 2 un Hanzas ielas 1 liepu lapu analīzes uzrādīja aptuveni divas reizes augstāku Fe koncentrāciju lapās par Viestura dārzā konstatēto. Savukārt zemākā Fe koncentrācija liepu lapās vasarā (jūnijs-jūlijs) noteikta Stabu ielā 2 un caurmērā atbilda Fe daudzumam parka koku lapās.



### 5.25. attēls. Fe vidējā koncentrācija ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem $\pm \text{SE}$ ).

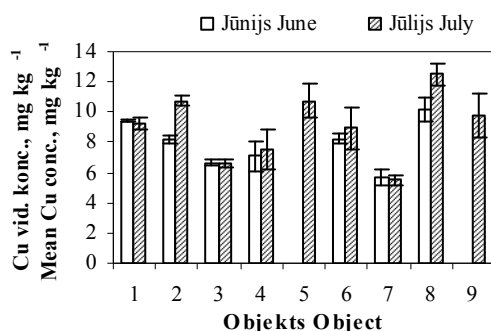
Figure 5.25. Mean concentration of Fe ( $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples  $\pm \text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 - Hanzas 1; 3 - Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 - Stabu 1; 7 - Stabu 2; 8 - Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Varš

Veģetācijas sezonas pirmajā pusē (jūnijā) Cu koncentrācija ielu apstādījumu liepu lapās caurmērā atbilda fona līmenim vai bija pat zemāka (5.26. att., 7. pielikums). Mazākā Cu koncentrācija noteikta Stabu ielā 2 (gandrīz divas reizes zemāka par fona vidējo līmeni). Stabu ielā 2, kā arī Elizabetes ielā jūnijā liepu lapās konstatēts Cu koncentrācijas minimums –  $4,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (divas reizes mazāks par fona zemāko līmeni!).

Otrajā lapu paraugu ņemšanas reizē (6. jūlijs) novērots, ka ielu apstādījumu liepu lapās Cu koncentrācija caurmērā bija gan palielinājusies (Hanzas iela 1, Basteja bulvāris 1), gan aptuveni saglabājusies jūnija līmenī (Hanzas iela 2), ar tendenci pieaugt (Elizabetes iela, Stabu iela 1 un 2, Viestura dārzs). Tādējādi maksimālā Cu koncentrācija fona augstāko līmeni pārsniedza tikai līdz 1,4 reizei (Basteja bulvāris 1.2 –  $13,50 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Vairumā objektu jūlijā novērota lielāka Cu rezultātu izkliede nekā vasaras sākumā.



### 5.26. attēls. Cu vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem $\pm\text{SE}$ ).

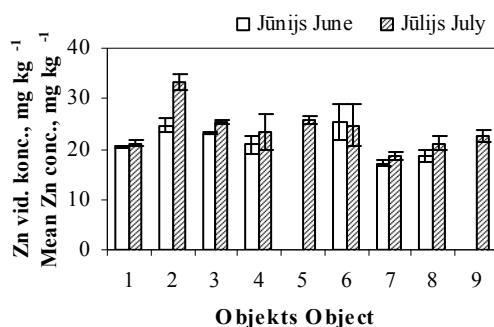
Figure 5.26. Mean concentration of Cu ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Cinks

Rīgas centra ielu apstādījumu liepu lapu ķīmiskās analīzes uzrādīja vidēji līdz 1,3 reizēm (Stabu iela 1) paaugstinātu Zn koncentrāciju jūnijā un līdz 1,6 reizēm (Hanzas iela 1) jūlijā, salīdzinot ar fona līmeni Viestura dārzā (5.27. att., 7., 8. pielikums). Vasaras vidū (jūlijā) konstatēta tendence Zn lapās akumulēties. Zemākā Zn koncentrācija otrajā lapu paraugu ņemšanas reizē fiksēta Stabu ielā 2 ( $18,63\pm 0,75 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), kas bija fona līmenī. Kā jūnijā, tā jūlijā vislielākā Zn koncentrācijas izkliede liepu lapās viena objekta ietvaros noteikta Stabu ielā 1 (attiecīgi  $25,50\pm 3,55 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  un  $24,75\pm 4,34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).





**5.27. attēls. Zn vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

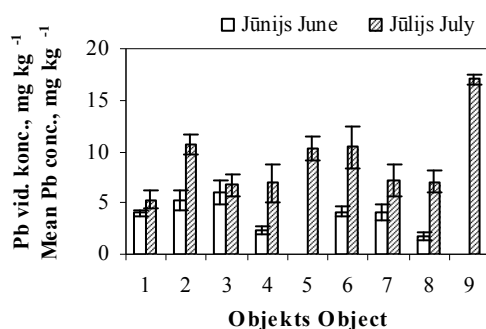
Figure 5.27. Mean concentration of Zn ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

### Svins

Jūnijā Pb koncentrācija liepu lapās zemāka par fona līmeni bija tikai Basteja bulvārī 1 un Elizabetes ielā (vidēji līdz 1,7 reizēm) (5.28. att., 7. pielikums). Savukārt citos ielu apstādījumu objektos Pb daudzums caurmērā bija fona līmenī vai to pārsniedza līdz 1,5 reizēm (Hanzas iela 2 -  $6,08\pm 1,18 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Veģetācijas sezonā (jūlijs) novērota viennozīmīga tendence Pb koncentrācijai lapās palielināties, pārsniedzot fona līmeni. Tā kā Basteja bulvārī 2 un Kr. Valdemāra ielā ziemā liepām bija apgriezti vainagi un koku salapojums jūnija sākumā bija vēl nepietiekams, Pb koncentrācijas izmaiņām šajos objektos 2005. gada vasarā šobrīd nav pamatota skaidrojuma.



**5.28. attēls. Pb vidējā koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) liepu lapās Rīgas centra paraugobjektos 2005. gada veģetācijas sezonā (vidējā koncentrācija no 3-5 paraugiem  $\pm\text{SE}$ ).**

Figure 5.28. Mean concentration of Pb ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in leaf samples from the central part of Riga during the vegetation season of 2005 (means from 3-5 samples  $\pm\text{SE}$ ).

Objekts Object: 1 - Viestura dārzs/ garden; 2 – Hanzas 1; 3 – Hanzas 2; 4 - Elizabetes; 5 - Kr.Valdemāra; 6 – Stabu 1; 7 – Stabu 2; 8 – Basteja 1; 9 - Basteja 2.

Pretēja situācija vasarā tika novērota Basteja bulvārī: Basteja bulvārī 1 Pb koncentrācija lapās bija viena no zemākajām gan jūnijā, gan jūlijā, turpretī Basteja bulvārī 2 vasaras vidū (jūlijā) konstatētas visaugstākā Pb koncentrācija Rīgas centra liepu lapās, kas caurmērā fona līmeni pārsniedza 3,2 reizes.

\*\*\*

Rīgas ielu apstādījumu liepu lapām 2005. gadā bija raksturīgas šādas ķīmiskās īpašības:

- Ievērojami paaugstināta **Na** un **Cl** koncentrācija attiecībā pret fona līmeni, ar tendenci veģetācijas sezonā palielināties salīdzinājumā ar vasaras sākumu. Konstatētā maksimālā Na koncentrācija fona augstāko līmeni pārsniedza līdz 48 reizēm augustā (1,93 %, Basteja bulvāris 2.1), savukārt augstākā Cl koncentrācija novērota jūlijā Elizabetes ielā (3,00 %), kas 25 reizes pārsniedza fona līmeni. Lielu Na un Cl rezultātu izkliedi uzrādīja ielu apstādījumu objekti.
- **K** koncentrācija liepu lapās jūnijā caurmērā atbilda fona līmenim ( $1,43 \pm 0,13$  %) vai bija pat augstāka. Novērota tendence K koncentrācijai veģetācijas sezonā (jūnijs-augusts) samazināties, uzrādot tikai 0,15 % K, kas ir sešas reizes mazāk par fona zemāko rādītāju Viestura dārzā.
- 2005. gada jūnijā objektos **Ca** koncentrācija lapās bija fona līmenī vai vidēji līdz divām reizēm zemāka (Stabu iela 2). Konstatēta tendence Ca koncentrācijai lapās vasaras vidū (jūlijs) palielināties.
- Vasaras sākumā (6. jūnijā) pazemināta Mg koncentrācija konstatēta divos objektos (Stabu ielā 1 un 2), kas caurmērā bija divas reizes (!) zemāka salīdzinājumā ar fona vidējo līmeni Viestura dārzā, citviet **Mg** daudzums lapās aptuveni atbilda fona līmenim. Veģetācijas sezonā (jūlijs) novērota tendence Mg koncentrācijai palielināties.
- **Mn** koncentrācija lapās novērota gan paaugstināta, gan aptuveni viena līmeņa vai nedaudz pazemināta salīdzinājumā ar Viestura dārzā fiksēto zemāko. Laikā no jūnija sākuma līdz jūlijam Mn koncentrācija bija palielinājusies.
- **Fe** koncentrācija liepu lapās 2005. gada jūnijā raksturojama kā fona līmenim atbilstoša vai nedaudz paaugstināta, ar tendenci jūlijā palielināties, fona augstāko līmeni atsevišķās paraugvietās pārsniedzot līdz pat četrām reizēm ( $1075 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  Basteja bulvārī 1).
- Veģetācijas sezonas pirmajā pusē (jūnijā) **Cu** koncentrācija lapās caurmērā atbilda fona līmenim vai bija pat zemāka. Jūlijā novērota Cu akumulēšanās, tomēr maksimālā Cu koncentrācija fona augstāko līmeni pārsniedza tikai līdz 1,4 reizēm (Basteja bulvārī 1 –  $13,50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ).

- Konstatēta paaugstināta **Zn** koncentrācija, salīdzinot ar fona līmeni Viestura dārzā, – vidēji līdz 1,3 reizēm (Stabu iela 1) jūnijā un līdz 1,6 reizēm (Hanzas iela 1) jūlijā. Jūlijā novērota tendence Zn lapās akumulēties.
- **Pb** daudzums objektos jūnijā caurmērā bija gan zemāks par fona līmeni, gan to pārsniedza līdz 1,5 reizēm (Hanzas iela 2). Veģetācijas sezonā (jūlijs) novērota viennozīmīga tendence Pb koncentrācijai lapās uzkrāties, pārsniedzot fona līmeni vidēji līdz 3,2 reizēm (Basteja bulvāris 2).

#### 5.4. Liepu mizu ķīmisko analīžu rezultāti

Na un Cl koncentrācijas noskaidrošanai Rīgas centra liepu mizās 2004./2005. gada ziemas perioda beigās, 30. martā, visos apstādījumu paraugos tika ņemti mizu paraugi.

##### Nātrijs

2005. gada 30. martā ievāktu liepu mizu ķīmisko analīžu rezultāti uzrādīja caurmērā sešas reizes paaugstinātu Na koncentrāciju ielu apstādījumu liepu lapās, salīdzinot ar fona līmeni parkā (10. pielikums). Turklāt Rīgas centra ielu apstādījumos un parkā augošo liepu mizā konstatēts plašs Na koncentrācijas diapazons un vidējās koncentrācijas izkliede (5.2. tab.). Zemākā Na koncentrācija ielu apstādījumos, kas atbilda fona līmenim, bija  $400 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Basteja bulvārī 1.2). Turpretī augstākā Na koncentrācija liepu mizā konstatēta Hanzas ielā 1.2 ( $7750 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), kas 11,4 reizes pārsniedza fona maksimālo līmeni. Hanzas ielas 1 objektā novērots arī lielākais vidējais Na daudzums un rezultātu standartklūda (SE).

#### 5.2. tabula

Table 5.2

#### Na koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) Rīgas centra paraugobjektu liepu mizā 2005. gada 30. martā

Na concentration ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) in lime bark samples from the central part of Riga in March 30, 2005

Objekts, Object	Min	Max	Vidēji, Mean	SE
Viestura dārzs/ garden	375	675	508,33	88,19
Hanzas 1	4075	7750	6163,33	1090,13
Hanzas 2	2900	4600	3871,67	505,61
Elizabetes	600	4475	2030,00	787,38
Kr. Valdemāra	4500	5550	5191,67	345,91
Stabu 1	1675	2875	2191,67	356,29
Stabu 2	1100	2625	1893,75	311,81
Basteja 1	400	1225	716,67	256,72
Basteja 2	3100	4150	3690,00	310,00

### Hlorīdi

Pavasara sākumā ievākto Rīgas centra ielu apstādījumos augošo liepu mizās caurmērā konstatēta 17 reizes augstāka Cl<sup>-</sup> koncentrācija nekā Viestura dārzā, bet vidēji tā pārsniedza fona līmeni 5 (Basteja bulvāris 1) līdz 45 (Hanzas iela 1) reizes. Līdzīgi kā Na, liepu mizu ķīmisko analīžu rezultāti uzrādīja arī lielu Cl<sup>-</sup> koncentrācijas amplitūdu - no 200 mg·kg<sup>-1</sup> Basteja bulvārī 1.2 līdz 6250 mg·kg<sup>-1</sup> Hanzas ielā 1.2, fona maksimumu pārsniedzot attiecīgi 1,6 līdz 50 reizi (5.3. tab., 10. pielikums). Novērots plašs rezultātu diapazons pat viena objekta ietvaros, ko atspoguļo aprēķinātās standartklūdas. Vislielākā vidējo rezultātu standartklūda noteikta Hanzas ielā 1 - tā sasniedza pat 944,82 (starpība starp minimālo un maksimālo rezultātu 3250 mg·kg<sup>-1</sup>). Kopumā Hanzas ielas abās brauktuves pusēs konstatēta visaugstākā Cl<sup>-</sup> koncentrācija liepu mizā (2544-6250 mg·kg<sup>-1</sup>).

5.3. tabula

Table 5.3

#### **Cl<sup>-</sup> koncentrācija (mg·kg<sup>-1</sup>) Rīgas centra paraugobjektu liepu mizā 2005. gada 30. martā**

Cl<sup>-</sup> concentration (mg·kg<sup>-1</sup>) in lime bark samples from the central part of Riga in March 30, 2005

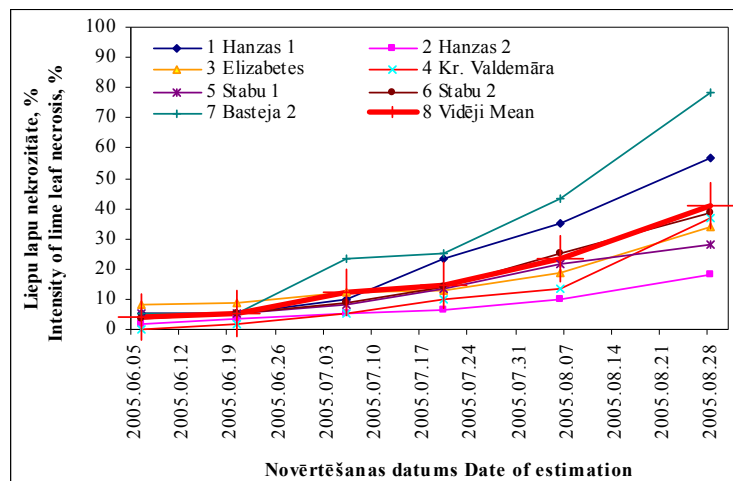
<b>Objekts</b> Object	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Vidēji</b> Mean	<b>SE</b>
Viestura dārzs/ garden	63	125	100,00	19,09
Hanzas 1	3000	6250	4513,33	944,82
Hanzas 2	2544	3425	2986,33	254,33
Elizabetes	250	2000	895,00	379,34
Kr. Valdemāra	1450	1750	1633,33	92,80
Stabu 1	550	1300	916,67	216,67
Stabu 2	700	1750	1181,25	240,96
Basteja 1	200	1050	491,67	279,26
Basteja 2	1225	2050	1755,00	265,57

### **5.5. Liepu vainagu un lapu nekrozes izvērtēšanas rezultāti**

2005. gada veģetācijas sezonā Rīgas centra ielu apstādījumu objektos un Viestura dārzā sešas reizes izvērtēta liepu vainaga un lapu nekrozes intensitāte (%), kas parasti raksturīga lapām ar pārlietu Na un Cl<sup>-</sup> daudzumu. Apsekošana veikta divas reizes mēnesī: 6. jūnijā, 6. jūlijā un 28. augustā vienlaicīgi ar lapu paraugu ņemšanu, kā arī 20. jūnijā, 20. jūlijā un 6. augustā.

#### Liepu lapu nekrozes izvērtējuma rezultāti

Apsekojot 30 izvēlētās liepas 2005. gada vasarā, lapu nekroze netika novērota divu objektu kokiem – Basteja bulvārī 1 un Viestura dārzā, kā arī Elizabetes ielas piektajai liepai (E5). Pārējos objektos iegūtie rezultāti (tajā skaitā arī Elizabetes ielā, bez E5), kā arī kopējā vidējā tendence atspoguļota 5.30. attēlā (plašāk 11.



**5.30. attēls. Liepu lapu nekrozes attīstība Rīgas centrā 2005. gada vasarā.**

Figure 5.30. Development of lime leaf necrosis intensity in the central part of Riga during summer 2005.

pielikumā). Uzskatāmības dēļ, grafikā nav uzrādītas katram apstādījumu objektam aprēķinātās datu standartklūdas - tās iekļautas 13. pielikumā.

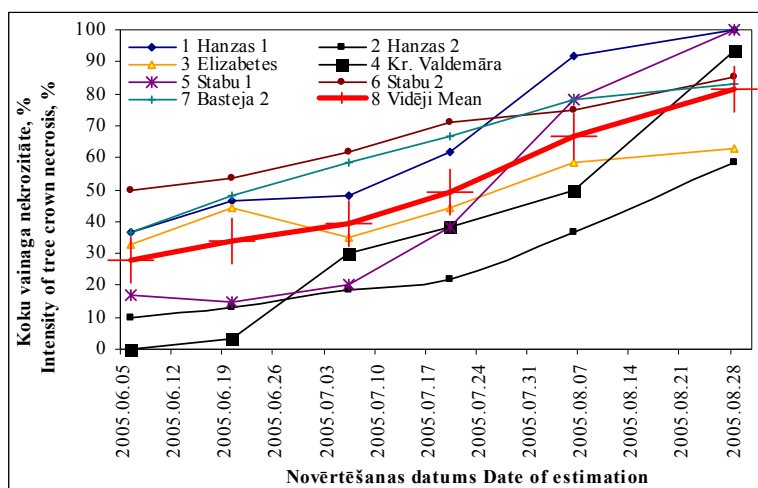
Pirmajā izvērtēšanas reizē (06.06.2005) lapu nekroze netika konstatēta Kr. Valdemāra ielā augošo liepu lapām, kā arī divām liepām Hanzas ielā 2 (H2.1, H2.2), trim liepām Elizabetes ielā (E3, E4, E5) un 1 liepai Stabu ielā 2 (S2.3). Citām tā nepārsniedza 5 %. Kā izņēmums atzīmējama Elizabetes ielas otrā liepa, kurai lapu nekrozes intensitāte jau bija sasniegusi 30 % (11. pielikums).

Veģetācijas sezonas gaitā novērota tendence nekrozei visos apstādījumu objektos palielināties, taču ar dažādu intensitātes pakāpi. Visdinamiskākā nekrozes attīstība konstatēta Basteja bulvāra 2 un Hanzas ielas 1 liepu lapām. Basteja bulvāra 2 liepām 6. jūlijā aptuveni  $\frac{1}{4}$  no lapu plātnes bija nekrozitēta, bet vasaras nogalē, pirms lapu dzeltēšanas (28. augustā), vairs tikai vienai ceturtajai līdz vienai piektajai daļai lapas plātnes nekroze vizuāli netika novērota. Savukārt Hanzas ielā 1 augusta beigās nekroze bija novērojama vairāk nekā  $\frac{1}{2}$  no lapas plātnes ( $56,67 \pm 6,01$  %, maksimāli 65 % H 1.3). Strauja nekrozes attīstība šajā objektā konstatēta pēc 6. jūlija. Vairāk nekā puse nekrozitētu lapas plātņu vasaras nogalē novērota arī vienai liepai Elizabetes ielā (E2), Kr. Valdemāra ielā (K2), Stabu ielā 1 (S1.2) un Stabu ielā 2 (S2.2). Bet visvairāk nekroze (85 %) bija skārusi Elizabetes ielas otro liepu (E2) un Basteja bulvāra 2.1 (B2.1) liepu. Turpretī vismazāk triju mēnešu laikā nekrozes intensitāte bija pieaugusi un nekroze attīstījies liepu lapām Hanzas ielā 2. Minētajā objektā 28. augustā tā novērota aptuveni  $\frac{1}{5}$  lapas plātnes ( $18,33 \pm 6,01$  %). Zaļākās lapas (nekroze <5 %) konstatētas Stabu ielas 2.3 liepai, bez nekrozes pazīmēm bija arī Elizabetes ielas piektā liepa.

Izvērtējot lapu nekrozes intensitātes attīstību visos apstādījumu objektos kopumā, visdinamiskākā tā bijusi laika posmā no 20. jūlija līdz 28. augustam - sevišķi pēc 8. augusta. Augusta otrajā un trešajā dekādē nekrozes intensitāte strauji pieaugusi Kr. Valdemāra ielā, arī Basteja bulvārī 2 un Hanzas ielā 1.

#### Liepu vainagu nekrozes izvērtējuma rezultāti

Nekrozes neskaiti koku vainagi 2005. gada veģetācijas sezonā (jūnijs–augusts) Rīgas centrā konstatēti Viestura dārza un Basteja bulvāra 1 liepām, kā arī Elizabetes ielas piektajai liepai (12. pielikums). Līdz ar to minētie koki nav iekļauti vainaga nekrozes izplatības grafikā (5.31. att.). Tāpat kā lapu nekrozes gadījumā, grafika labākas uzskatāmības dēļ objektu vainaga novērtējumu standartklūdas ievietotas pielikumā (14. pielikums).



5.31. attēls. Vainagu nekrozes attīstība Rīgas centra liepām 2005. gada vasarā.

Figure 5.31. Development of lime crown necrosis intensity in the central part of Riga during summer 2005.

Pirmajā un otrajā liepu apsekošanas reizē (6., 20. jūnijā) nekrozes neskaiti vainagi novēroti Kr. Valdemāra ielas liepām, Elizabetes ielas trim liepām (E3, E4 un E5), kā arī vienai liepai Hanzas ielā 2 (H2.1) un Stabu ielā 2 (S2.3) (12. pielikums).

Vismazāk nekrozes skarti (izslēdzot Kr. Valdemāra ielu) jūnija sākumā bija koku vainagi Hanzas ielā 2 ( $10,00 \pm 5,77$  %). Turpmākajā sezonas gaitā visos septiņos ielu apstādījumu objektos novērota tendence koku vainagu nekrozei palielināties. Visintensīvāk tā attīstījies Kr. Valdemāra ielas liepām pēc 20. jūnija, bet pēc 6. jūlija - ļoti strauji arī Stabu ielas 1 un Hanzas ielas 1 liepām. Savukārt Hanzas ielā 2 vainagu nekrozes attīstības kritiskais punkts bijis laika periodā starp 20. jūliju un 6. augustu, kad tā strauji palielinājies.

Piecu ielu apstādījumu objektos atsevišķiem kokiem (kopā 13) 2005. gada vasarā konstatēta maksimālā vainaga nekroze - 100%. Tāda pati (100 %) vainaga nekroze visiem objekta kokiem 28. augustā bija Hanzas ielā 1 un Stabu ielā 1. Arī citos objektos vainaga nekroze bija attīstījies vairāk nekā 50 %. Kopumā vismazāk nekrozes skartu vainagu pirms lapu dzeltēšanas (28. augustā) bija Hanzas ielā 2 ( $58,33 \pm 6,01$  %) - Hanzas ielas 1 objektam pretējā pusē, kur maksimāli nekrotizēti bija visu koku vainagi.

Jāatzīmē, ka ielu apstādījumu liepām novērota arī vainaga nekrozes intensitātes samazināšanās. Piemēram, Elizabetes ielā tāda fiksēta laika posmā no 20. jūnija līdz 6. jūlijam. Nedaudz samazinājusies nekroze bija arī Stabu ielā 1 laika periodā starp pirmo un otro apsekošanu (6.jūnijs–20.jūnijs), kas skaidrojams ar vainaga pieaugumu, kur jaunās lapiņas nekroze vēl nebija skārusi.

Kopumā izvērtējot ielu apstādījumos Rīgas centrā izvēlēto liepu vainagus, tur konstatēta izteikta tendence vainagu nekrozei caurmērā pieaugt līdz trim reizēm, bet vērtējot kokus atsevišķi – pat līdz 100 reizēm, t.i., no 0 līdz 100-procentīgai vainaga nekrozei.

\*\*\*

Kopumā Rīgas centra ielu apstādījumu liepu lapu un vainagu izvērtējums 2005. gada veģetācijas sezonā (jūnijs–augusts) uzrāda izteiktu tendenci lapu un vainagu nekrozei pieaugt, augusta beigās sasniedzot pat 100 % vainagu nekrozes līmeni (13 no 27 ielu apstādījumu kokiem) un līdz 85 % nekrotizētu lapas plātnei. Dinamiskākā lapu un vainagu nekrozes attīstība novērota laika posmā pēc 20. jūlija.

## 6. DISKUSIJA

### 6.1. Ķīmisko elementu akumulācija sniegā

Apsekojot koku stāvokli Rīgas centra ielu apstādījumos un noskaidrojot to ietekmējošos faktoros veikti sniega - jutīga antropogēnā piesārņojuma indikatora un būtiska augsnes piesārņojuma avota - kvalitātes pētījumi koku tiešā tuvumā.

Apledojuma novēršanai Rīgas centra maģistrālajās ielās (Basteja bulvāris, Stabu iela, Kr. Valdemāra iela, Elizabetes iela) galvenokārt izmanto samitrinātu sāli, bet rajona nozīmes ielās (Hanzas iela) - sāls-smilts maisījumu. Tā kā šo vielu galvenais komponents ir NaCl, ielu apstādījumos konstatēta ļoti augsta Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> koncentrācija sniegā, kas atbilst arī citur pasaulē veikto pētījumu rezultātiem par sāls pielietošanu ledus kausēšanai vietās ar intensīvu satiksmi (Sansalone, Glenn, 2002; Reinosdotter, Viklander, 2005).

Pēc Rīgas domes Satiksmes departamenta sniegtās informācijas 2005. gada ziemā viena ceļu apstrādes brauciena laikā uz 1 m<sup>2</sup> brauktuves vidēji tika izkaisīti 80–120 g samitrinātas sāls. Pētījumi liecina, ka 20–63 % no izlietotā sāls daudzuma ar gaisu tiek pārnesti un nogulsņējas 2–40 m attālumā no ceļa, bet vairāk nekā 90 % no piesārņojuma akumulējas tieši līdz 20 m joslā no brauktuves malas. Galvenais iemesls šādam sārņvielu sadalījumam ir transporta līdzekļu radītās šļakatas, kuru izkliedi nosaka braukšanas ātrums (Blomqvist, Johansson, 1999).

Tā kā Rīgas centrā visi ielu apstādījumi atrodas attālumā, kas nepārsniedz 20 m no brauktuves malas, sāls izmantošana apledojuma novēršanai tieši ietekmē apstādījumu stāvokli.

Īpaši augsts piesārņojums ar Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> konstatēts 2004. gada 26. novembrī ņemtajiem sniega paraugiem (pēc 1. pastāvīgās sniega kārtas izveidošanās), bet otrs lielākais – 11. februāra paraugiem (3. pastāvīgā sniega kārtā). Acīmredzot ielas ar sāls maisījumu visintensīvāk tiek apstrādātas, uzkrītot jaunajam sniegam un iesākoties ziemas sezonai (5.1., 5.2. att., 1.-3. pielikums). Intensīvas transporta plūsmas laikā, sniegam kustot, ar sāli piesātinātais ūdens un aerosoli akumulējas brauktuves joslas sniegā, kas izraisa NaCl koncentrācijas strauju palielināšanos apstādījumu zonā. Pētījumos noskaidrots, ka krasa sāls piesārņojuma aizplūšana no brauktuves notiek tieši pirmajās stundās pēc pretapledošanas līdzekļa pielietošanas (Blomqvist, Johansson, 1999).

Otrā sniega sega 2004. gada decembra beigās bija plāna un ātri nokusa. Ielas ar sāls maisījumu netika apstrādātas tik intensīvi kā novembrī, tāpēc piesārņojuma līmenis decembra beigās bija zemāks un noteiktie ķīmiskie parametri atsevišķos gadījumos pat atbilda fona līmenim (1.-3. pielikums).

Laika posmā no 2004. gada 26. novembra līdz 4. decembrim un no 2005. gada 11. februāra līdz 22. martam Rīgā sniega nokrišņi bija novērojami vairākkārt. Tādos gadījumos uz brauktuvēm un trotuāriem apledojuma un sniega kausēšanai parasti lieto samitrināto sāli un sāls-smilts maisījumus. Līdz ar to sniega



piesārņojumam ar  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  un citiem elementiem vajadzēja būt lielākam, taču tas netika konstatēts. Tieši otrādi, minēto elementu koncentrācija bija samazinājusies, jo sniega paraugi abos gadījumos (04.12.2004. un 22.03.2005.) bija ievākti intensīvas kušanas apstākļos.

Citviet veiktie pētījumi liecina, ka, sniegam kūstot, izmainās tā ķīmiskais sastāvs. Ir pierādīts, ka sniega piesārņotība ievērojami samazinās, tam nokūstot par 30-35 %, un no visu ķīmisko jonu, tai skaitā  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  un  $\text{Mg}^{2+}$  sākotnējās koncentrācijas tas satur vairs tikai 44 – 76 % (Johannesen, Henriksen, 1978; Василенко и др., 1985). Autori izvirza hipotēzi, ka kušanas sākumā galvenā piemaisījumu daļa atrodas sniegā sāls šķīduma veidā uz sniega kristālu virsmas, galvenokārt uz kristālu šķautnēm. Tas izsauc sasalšanas temperatūras pazemināšanos un veicina kanālu tīkla izveidošanos sniega segā, pa kuriem izšķīdušie piemaisījumi var aizplūst. Atsaucoties uz šo hipotēzi, būtu skaidrojams, kādēļ Rīgas centrā, sniegam intensīvi kūstot (4.2. tab.), piesārņojums samazinājās. Acīmredzot sniega kušanas ūdeņi iesūcas arī stumbra mizā (6.1. att.), jo, sniegam kūstot, slīpums veidojas virzienā uz koka stumbru.

2004./2005. gada ziemā sniega kušanas intensitāte apsekojamos objektos atšķīrās, tāpēc novērotas dažādas piesārņojuma izmaiņas tendences pat vienā ielas posmā. Vietās, kur sniega krāvumi bija kusuši visintensīvāk,  $\text{Na}^+$  koncentrācija un citi ķīmisko elementu rādītāji bija daudz zemāki, salīdzinājumā ar tikko uzsniguša sniega (dažu dienu veciem) paraugiem, piemēram, Hanzas ielā 1 (3. pielikums, 4.2. tab.).

Intensīvāka sniega krāvumu kušana saistīta ar objekta izvietojumu un ekspozīciju pret Sauli. Hanzas ielas 1 apstādījumu brauktuves puse, tāpat sniega paraugu ņemšanas vietas, ir vērstas pret dienvidiem, turpretī Hanzas ielā 2 - tās pret ziemeļiem (6.2. att.). Tādēļ Hanzas ielā 2 trešā pastāvīgā sniega kārtā kusa lēnāk un ķīmisko elementu koncentrācija bija palielinājusies, jo mēnesi un ilgāk vairākkārt tika novēroti nokrišņi sniega veidā un ceļu uzturēšanā atkārtoti izmantots sāls-smilts maisījums, kas nokļuva arī sniegā koku stumbru tiešā tuvumā.



6.1. attēls. Sniega krāvuma kušana Elizabetes ielā 2005. gada 25. martā.  
Figure 6.1. Snow melting in Elizabetes street in March 25, 2005.



**6.2. attēls. Trešās pastāvīgās sniega segas kušana Hanzas ielā 1 (a) un Hanzas ielā 2 (b) (25.03.2005).**

Figure 6.2. The third snow sheet melting in Hanzas 1 (a) and Hanzas 2 (b) (25.03.2005).

Turpretī Viestura dārzā, visumā intensīvas kušanas apstākļos (4.12.2004., 22.03.2005.) novērota tendence ķīmiskajiem elementiem uzkrāties. Atšķirībā no ielu objektiem, Viestura dārzā sniega kārtā izveidojās daudz vienmērīgāka (sniegs netika samests ap kokiem), un sniega paraugus ievāca pa vainagu perimetru, nevis koku stumbru tiešā tuvumā. Tāpēc, sniegam kūstot, piesārņojums bija nevis noplūdis, bet akumulējies sniega kārtā, iespējams, lēni sūcoties tam cauri.

Arī pārējo analizēto ķīmisko jonu –  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  un  $\text{K}^+$  - paaugstināta koncentrācija pilsētas centra sniegā skaidrojama ar smilšu–sāls maisījuma kaisīšanu un putekļu piesārņojumu.

Kālija koncentrācijas relatīvi plašais diapazons ielu apstādījumu objektos ( $0,3\text{--}30,1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), īpaši Stabu ielā 1 un Basteja bulvārī 1, iespējams saistīts ar KCl lietošanu kā līdzekli sniega un ledus kausēšanai, ko Rīgā joprojām izmanto. Piesārņojums sniegā var nokļūt ne tikai no brauktuves puses, transportam sāli uzšļācot vai sāls kaisīšanas/ laistīšanas mašīnām izsmidzinot pretslīdes līdzekli uz brauktuves, bet arī no ietves savākto netīro sniegu sametot ap kokiem.

Sniega pētījumus nepiesārņotā Rīgas rajonā – Mežaparkā un Brāļu kapos - 2005. gadā veica arī Latvijas Universitātes Ķīmijas fakultātē. Tāpēc salīdzināti Rīgas centra fona paraugvietu (Viestura dārza) izpētes rezultāti ar mežaina un relatīvi nepiesārņota Mežaparka un Brāļu kapu sniega kārtas ķīmiskā sastāva analīžu datiem. Izvērtējot pH rādītājus, Viestura dārza sniega ūdens pH vērtības kopumā sakrīta ar LU Ķīmijas fakultātes 2005. gadā Mežaparkā, kā arī Brāļu kapu memoriāla teritorijā un tās apkārtnē konstatētajām (Zekunda u.c., 2006). Minētajās platībās sniega ūdens pH vērtības bija robežās no 6,05 līdz 6,80; kā izņēmums atzīmējams 4.12.2004. (kūstošs novembra sniegs) un 22.03.2005. (kūstošs februāra sniegs), kad sniega ūdens pH Viestura dārzā bija mazāks par 6 (5,44-5,84). Arī Basteja bulvārī 1 un 2 2004. gada decembra sākumā pH tika konstatēts sākot no 5,42. Pilsētas perifērijā sniega paraugi intensīvas kušanas laikā netika ievākti. Iepriekš minētie rādītāji atbilst destilēta ūdens pH vērtībām (5–6). Tas nozīmē, ka Rīgas centrā konstatētās zemākās sniega ūdens pH vērtības bija normas robežās. Arī Zviedrijā, vietās bez intensīvas satiksmes, sniega ūdens pH konstatēts ap 5 (5,2±0,6) (Viklander, 1999). Tāpat K. Reinodottera un M. Viklandera pilsētās veiktie novērojumi liecina, ka transporta nenoslogotās vietās sniega ūdens pH ir īpaši zems (*Reinodotter, Viklander, 2005*).

Salīdzinājumā ar Mežaparku un Brāļu kapiem, Viestura dārzā konstatēta aptuveni 2 reizes augstāka  $\text{Na}^+$  koncentrācija (0,70-6,40  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ),  $\text{K}^+$  (0,44–2,40  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) - 3,1 reizi un  $\text{Mg}^{2+}$  (0,27–1,51  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) - 2-4 reizes augstāka, jo Viestura dārzs atrodas pilsētas centrā un minētie elementi, kā arī piesārņojums, pārvietojoties ar gaisa plūsmām, nonāk tā teritorijā.

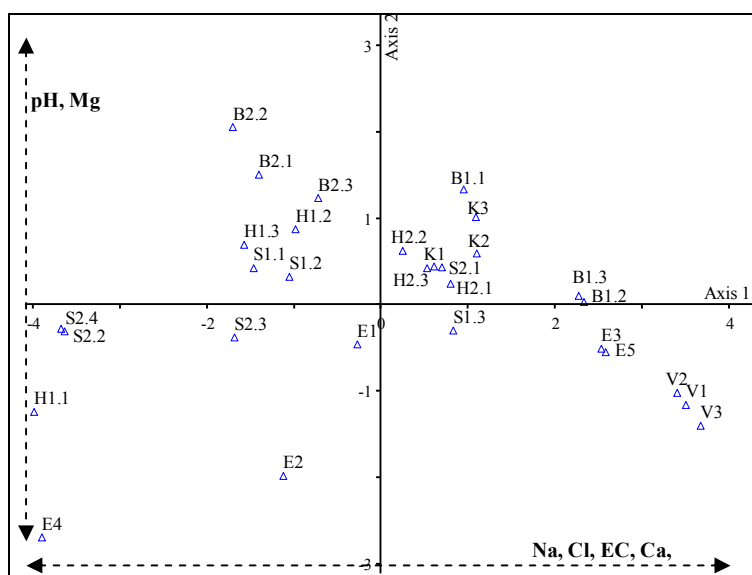
Pilsētas centrā atmosfēra ir piesātināta ar izplūdes gāzēm, kas, nokrišņu izšķīdinātas, nonāk sniegā, paaugstinot  $\text{H}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_3^-$  koncentrāciju, kas savukārt izraisa sniega pH pazemināšanos (Василенко и др., 1985). Taču Rīgas centrā iegūtajos paraugos vairumā gadījumu konstatētas paaugstinātas ielu sniega ūdens pH vērtības salīdzinājumā ar fona līmeni parkā. Tas saistāms ar  $\text{Ca}^{2+}$  un  $\text{Mg}^{2+}$  palielināto koncentrāciju ielu sniega ūdens paraugos.

Pēc A. Zekundas un citu autoru pētījumiem Rīgas perifērijā sniega ūdens elektrovadītspējas vērtības 2005. gada ziemā uzrādīja būtisku korelāciju ar  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  jonu saturu ( $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrāciju summu) sniegūdenī (Zekunda u.c., 2006). Turpretī Rīgas centra sniega ūdenī 2004./2005. gada ziemas sezonā kopumā novērota cieša korelācija starp sniega ūdens elektrovadītspēju un  $\text{Na}^+$  ( $r_{(0,05, 90)} = 0,99$ ) un  $\text{Cl}^-$  ( $r_{(0,05, 90)} = 0,99$ ) koncentrāciju tajā, savukārt  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  koncentrācijas uzrādīja būtisku, bet vāju savstarpēju sakarību ( $r_{\text{K}(0,05, 90)} = 0,37$ ,  $r_{\text{Ca}(0,05, 90)} = 0,34$ ,  $r_{\text{Mg}(0,05, 90)} = 0,33$ ). Tas skaidrojams ar daudz lielāku  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  piesārņojuma īpatsvaru Rīgas centra sniega ūdenī.

LU Ķīmijas fakultātes pētnieki novērojuši, ka lielākais Mg piesārņojuma daudzums saistīts ar cieta frakciju, ko ieguva filtrējot sniegūdens paraugus, un šīs daļiņas neizplatās tālu no piesārņojuma avota (Zekunda u.c., 2006). Tā kā Rīgas centra sniega paraugiem analizēta tikai šķīstošā frakcija, tad daļa Ca, Mg (grūtāk šķīstošie elementi, kā Na, Cl, K) piesārņojuma acīmredzot palikusi nešķīstošajā frakcijā. Tādējādi kopējā Ca un Mg koncentrācija varētu būt daudz lielāka. Līdzīgi

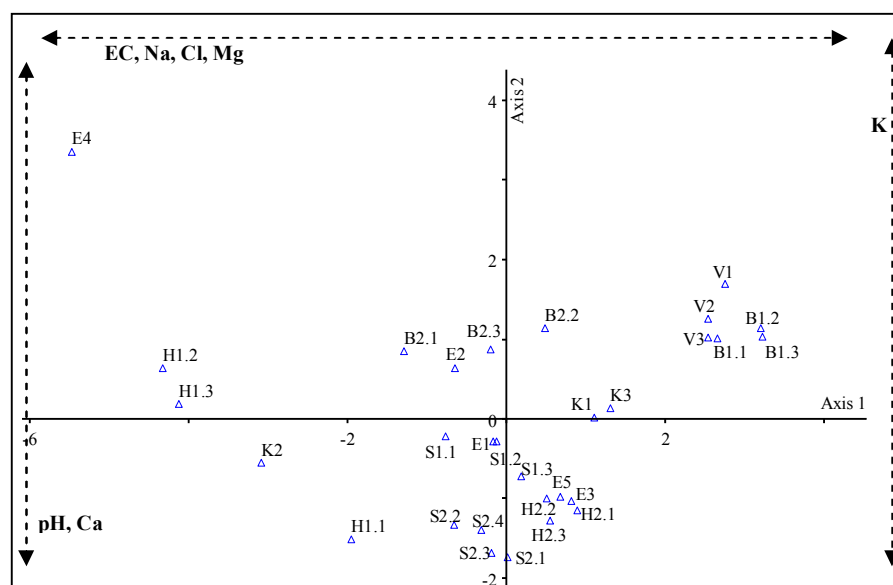
rezultāti iegūti arī Zviedrijā veiktajos sniega pētījumos divās municipalitātēs - Luleā (*Luleå*) un Sundsvallē (*Sundsvall*) (Reinosdotter, Viklander, 2005).

Lielo ķīmisko elementu daudzuma izkliedi ielu apstādījumu paraugvietās, kas norāda uz sniega ķīmiskā sastāva nevienmērīgumu pat viena ielas posma vienā objektā, kā arī viena ielas posma abās brauktuves pusēs vai vienas ielas divos posmos, labi raksturo sniega ūdens ķīmisko analīžu datu **komponentanalīze** (6.3.-6.7. att.). Piemēram, 1. pastāvīgajai sniega kārtai (26.11.2004.) Elizabetes ielā blakus esošās paraugvietas E3 un E2 koordinātu plaknē, atbilstoši komponentanalīzei, atrodas dažādos kvadrantos, bet visa objekta paraugvietas ir izkliedētas koordinātu plaknē, t.i., tās neveido vienotu grupu. Savukārt homogēnākā grupā, balstoties uz 26. novembra sniega ķīmisko analīžu rezultātiem, kad konstatēts vislielākais sniega piesārņojums, savietojušās paraugvietas no atšķirīgiem pilsētas ielu posmiem: Stabu iela 1.2 (S1.3) un 2.1 (S2.1), Basteja bulvāris 1.1 (B1.1), Kr. Valdemāra iela (K1, K2, K3), Hanzas iela 2 (H2.1, H.2.2, H2.3). Attēlos labi redzams, ka tīrākais ielu sniega ūdens, piemēram, 26. novembrī bijis gan atsevišķās paraugvietās Elizabetes ielā (E4, E5), gan Basteja bulvārī gar Jēkaba arkādi (B1.1, B1.2) (6.3. att.). Otrā pastāvīgās sniega kārtas ūdens fona rezultātiem vistuvāk bijušas: Stabu iela 1.2 (S1.2), Basteja bulvāris 1.2 (B1.2), Elizabetes ielas trīs paraugvietas - E3, E2 un E1 (4.5. att.). Bet 3. pastāvīgajai sniega kārtai vistīrākais ūdens, no 11.02.2005. ievāktajiem paraugiem, bijis Basteja bulvārī 2.1 (B2.1), Stabu ielā 1.2 (S1.2) un Elizabetes ielā 4 (E4) (6.6. att.).



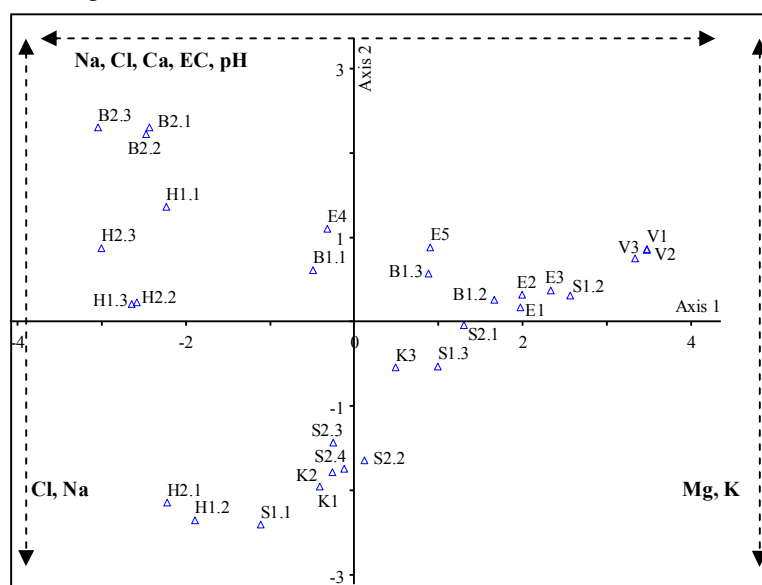
6.3. attēls. Rīgas centra sniega ūdens ķīmiskā sastāva (26.11.2004.) analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.3. Principal component analysis of snow water (26.11.2004.) chemical results of the central part of Riga.



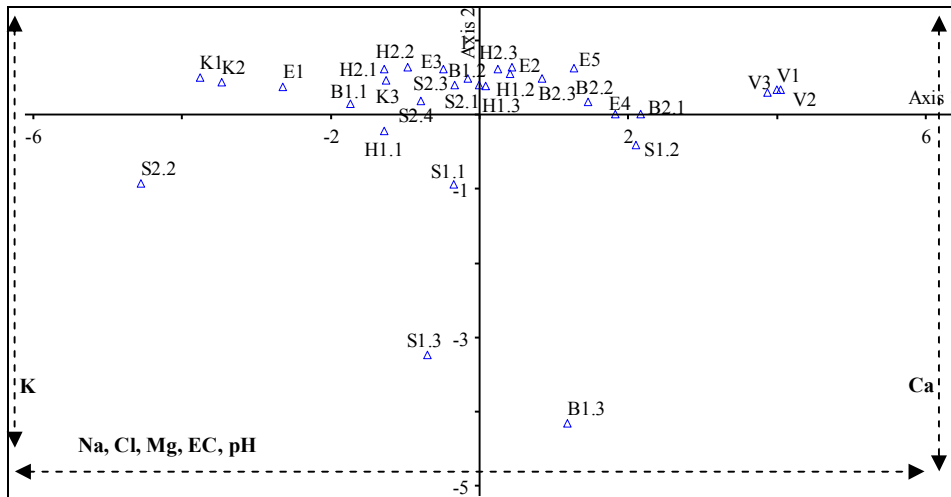
6.4. attēls. Rīgas centra sniega ūdens ķīmiskā sastāva (04.12.2004.) analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.4. Principal component analysis of snow water (04.12.2004.) chemical results of the central part of Riga.



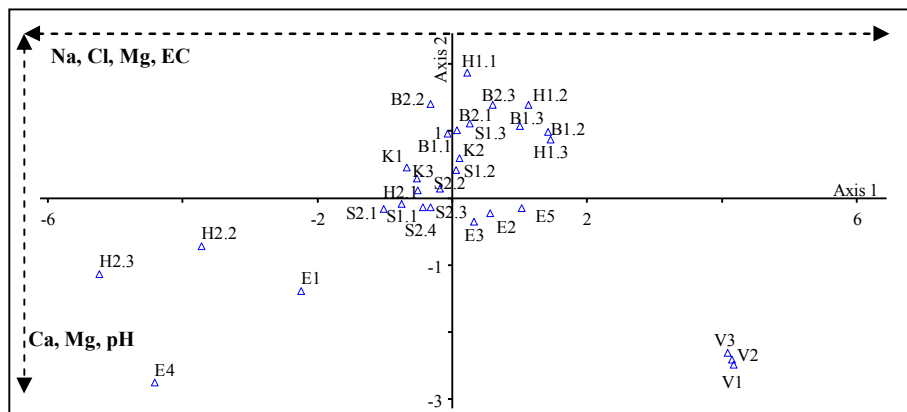
6.5. attēls. Rīgas centra sniega ūdens ķīmiskā sastāva (28.12.2004.) analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.5. Principal component analysis of snow water (28.12.2004.) chemical results of the central part of Riga.



6.6. attēls. Rīgas centra sniega ūdens ķīmiskā sastāva (11.02.2005.) analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.6. Principal component analysis of snow water (11.02.2005) chemical results of the central part of Riga.



6.7. attēls. Rīgas centra sniega ūdens ķīmiskā sastāva (22.03.2005.) analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.7. Principal component analysis of snow water (23.03.2005) chemical results of the central part of Riga.

Ir objekti, kuru paraugvietas samērā labi grupējamas, jo uzrāda mazāku rezultātu izkliedi. Katrā sniega ņemšanas reizē vairumā objektu ir kāda paraugvieta, kas krasi nodalās no objekta galvenās grupas, tādējādi radot izkliedi.

Līdz ar to vismazākā paraugvietu datu izkliede un stabilākā grupa visās piecās sniega ņemšanas reizēs konstatēta Viestura dārzā, kur viszemākās ķīmisko parametru vērtības. Pārējās paraugvietas gar ielām ordinācijas telpā tik noteiktas grupas vairs neveido. Tas skaidrojams ar sniega ķīmiskā sastāva izmaiņām, atkarībā no vietas un laika.

Raksturīgi, ka visos komponentanalīzes gadījumos paraugu ņemšanas vietu izkliedi koordinātu telpā noteikusi  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  un EC daudzuma variēšana sniega kārtā (pirmā galvenā komponente), kas izskaidro 58,02 % līdz 67,20 % no kopējās dispersijas. Savukārt  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  un pH variēšana paraugvietās vairāk ir saistīta ar otro komponenti (15,19-26,06 % no kopējās dispersijas).

Tas nozīmē, ka sniega piesārņotības līmenis katrā paraugu ņemšanas vietā un reizē ir bijis stipri atšķirīgs un pēc vienas paraugvietas sniega ķīmiskā sastāva datiem nav izdarāmi secinājumi par piesārņojumu visā ielas posmā un nosakāma sāls maisījuma ietekme uz ielas apstādījumiem.

Sniega kārtas ķīmisko sastāvu un piesārņojuma uzkrāšanos tajā Rīgas ielu apstādījumos noteicis apledojuma novēršanai izmantotā sāls maisījuma ķīmiskais sastāvs, transporta kustības intensitāte un sniega kārtas saglabāšanās ilgums (Čekstere, Osvalde, 2006). Savukārt sniega kušanas intensitāte un sniega kārtas veids (vienmērīgs sniega klājieni parkā vai nevienmērīgs un neviendabīgs sniega krāvums ap kokiem ielās) būtiski ietekmē atlikušā sniega ķīmisko sastāvu.

## 6.2. Ķīmisko elementu akumulācija augsnē

Ziemas sezonas beigās, t.i. martā, ņemto augsnes paraugu ķīmisko analīžu rezultāti atklāja ievērojami paaugstinātu **Na** un **Cl** koncentrāciju ielu apstādījumu augsnē, salīdzinot ar Viestura dārzu. Zemākā Na koncentrācija bija Basteja bulvārī 1, kur ziemas periodā sniega kārtā uzrādīja zemu piesārņojuma līmeni, jo šis objekts atrodas vistālāk no brauktuves (~ 3,5 m) - starp ietvi un Jēkaba arkādi. Turpretī Hanzas ielā 1, kur paraugvietas arī neatrodas tieši blakus brauktuvei (starp ietvi un ielas apbūvi/ēkām), konstatētā augstā  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrācija sniegā un augsnē skaidrojama ar ļoti intensīvu sāls maisījuma lietošanu uz brauktuves, bet jo īpaši uz ietves. Šajā gadījumā 2 m koka attālums no brauktuves malas nebija samazinājis  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  akumulāciju sniegā un augsnē. Objektā Hanzas ielā 2, kas atrodas ielas pretējā pusē, bet blakus brauktuvei, paraugu ņemšanas vietas attālums no brauktuves bija mazāks (~ 1,35-2,15 m), bet Na un Cl koncentrācija augsnē un sniegā daudz zemāka. Jāatzīmē, ka Hanzas ielā 2 kokiem ir atsevišķas apdobes, aptuveni 3,7 m<sup>2</sup> platībā, turpretī Hanzas ielā 1 - visiem objekta kokiem kopēja apdobe, vidēji katram 22 m<sup>2</sup>. Tādējādi Hanzas ielā 1 piesārņojumam pakļautā, ar sniegu klātā augsnes virskārtas platība bija lielāka. Pretapletojuma novēršanai

izmantojamās sāls sastāvā esošo elementu pastiprinātu uzkrāšanos augsnē novērojuši arī citi pētnieki (Ramakrishna, Viraraghavan, 2005).

Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> koncentrācija 26. novembra sniega ūdenī, kur fiksēts visaugstākais Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> piesārņojums no ielu apstādījumiem ņemtajos sniega paraugos, norāda, ka nepastāv būtiskas sakarības ar martā konstatēto Na un Cl<sup>-</sup> koncentrāciju augsnē ( $r_{Na(0,05,30)} = 0,35$ ;  $r_{Cl(0,05,30)} = 0,04$ ); tāpat arī ar 11. februāra trešās pastāvīgās sniega kārtas analīžu rezultātiem, kas uzrādīja otru lielāko piesārņojuma līmeni, korelācija nav būtiska ( $r_{Na(0,05,30)} = 0,16$ ;  $r_{Cl(0,05,30)} = 0,19$ ). Visciešāko saistību starp augsnes piesārņojuma līmeni ar Na un Cl<sup>-</sup> uzrādīja 22. marta 3. pastāvīgās sniega kārtas kušanas laikā ievāktu paraugu rezultāti ( $r_{Na(0,05,30)} = 0,74$ ;  $r_{Cl(0,05,30)} = 0,51$ ), kam varētu būt vairāki skaidrojumi. Pirmajam pastāvīgajam sniega klājenam kūstot, daļa Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> piesārņojuma pa sniega krāvuma slīpni, iespējams, noplūda uz brauktuves un ietves, neiesūcoties augsnē, ko tad vēl klāja atlikušais sniegs. Īpaši atzīmējams, ka 2004./2005. gada ziemā vairākkārt novēroti intensīvi lietūs nokrišņi, kas ieskalojusi Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> no augsnes virskārtas tās dziļākajos slāņos. Tādēļ arī ziemas beigās (30. martā), tūlīt pēc sniega nokušanas, 1–2 dienas pirms lietūs, ievāktajos augsnes paraugos konstatēta visaugstākā korelācija, salīdzinot ar citām sniega ņemšanas reizēm.

Arī Na un Cl<sup>-</sup> koncentrācijas samazināšanās jūnijā un jūlijā gandrīz visās paraugu ievākšanas vietās (5.7., 5.8. att.) saistāma ar to izskalošanos no augsnes virsējā slāņa, un daļēju uzņemšanu ar koku saknēm. Tādējādi Na un Cl<sup>-</sup> rezultāti norāda uz augsnes nevienmērīgo piesārņojumu agrā pavasarī, sniegam tikko nokūstot un iesūcoties augsnē. Līdzīgu novērojumus un secinājumus izdarījuši arī Krievijas zinātnieki (Шевякова, Кузнецов, 2000).

Atšķirībā no Na, hlorīdi kā anjoni tiek ātrāk izskaloti no augsnes, tādēļ novērota to daudz straujāka samazināšanās. Līdz ar to vasaras sākumā ņemto augšņu paraugu analīzes vairs neatspoguļo reālo situāciju pavasarī.

Saskaņā ar austriešu un amerikāņu pētnieku atzinumu (Bryson, Barker, 2002; Hartl, Erhart, 2002), pie augstas Na koncentrācijas augsnes reakcija var kļūt sārmaināka. Tas būtu attiecināms arī uz Rīgas centra ielu augsnēm, kur vairumā gadījumu konstatēta neitrāla un viegli bāziska augsnes reakcija. Šādu tendenci veicina arī celtniecības materiālu, būvgružu un tehnogēnais piesārņojums, jo minētajiem materiāliem ir sārmaina reakcija un tādēļ tie paaugstina augsnes reakciju. Neitrāla un viegli bāziska augsnes reakcija raksturīga daudzās pilsētās (Craul, 1992). Ielu apstādījumu augšņu izteiktā neviendabīguma dēļ praktiski nebija iespējama analīzēm paredzētu precīzi identisku paraugu iegūšana, kas arī palielināja rezultātu izkliedi.

Tāpat kā Na un Cl<sup>-</sup> gadījumā, arī **kālijam**, salīdzinājumā ar martu, veģetācijas sezonā (jūnijs - jūlijs), koku saknēm K<sup>+</sup> aktīvi uzņemot no augsnes, kā arī izskalojoties no augsnes virskārtas, izvēlētajos objektos novērota tā samazināšanās tendence (5.9. att.). Augsnē K ir ne tikai K minerālu kristāliskā režģa sastāvā, uz koloīdu daļiņām, bet arī mikroorganismu sastāvā un kā minerālsāļi augsnes šķīdumā, no kura tas augiem samērā viegli uzņemams K<sup>+</sup> veidā.



Kaut arī Stabu ielā 1 sniega ūdenī 2004./2005. gada ziemas sezonā konstatēts lielākais  $K^+$  piesārņojums, paaugstinātu tā koncentrāciju augsnes analīzes neuzrādīja (5.3., 5.9. att.): līdzīgi kā  $Na^+$  un  $Cl^-$ , augstākā  $K^+$  koncentrācija konstatēta 26. novembrī un 11. februārī, bet ne 22. martā ievāktajiem sniega paraugiem. Turklāt sniega piesārņojums ar  $K^+$  bija daudz mazāks salīdzinājumā ar  $Cl^-$  un  $Na^+$  (1.-3. pielikums).

Vairumā paraugvietu, salīdzinot ar Viestura dārzu, konstatēts zems K līmenis augsnē. Literatūrā minēts (Meyer, 1978; Brod, 1989), ka pazemināts K līmenis sastopams pilsētās, kur sakņu substrāts satur būvgružus, kas attiecināms arī uz Rīgas centru, kur gandrīz visos ielu augšņu paraugos konstatēta ne tikai zema K koncentrācija, bet arī paaugstināts Ca un Mg daudzums.

Rīgas centrā K daudzums ielu apstādījumu augsnēs nav liels, un augiem šī makroelementa varētu nepietikt. Kā izņēmums atzīmējams Basteja bulvāris 1 un Viestura dārzs, kur K daudzums augsnē bija visaugstākais un tika novērota vislabākā koku vitalitāte.

Augstāka **Ca** un **Mg** koncentrācija marta beigās, iespējams, saistāma ar ceļu uzturēšanai ziemā izmantoto sāls piemaisījumu, kā arī Ca un Mg saturošo putekļu uzkrāšanos (5.10., 5.11. att.). Jūlijā, pretēji Viestura dārzā novērotajai Ca un Mg koncentrācijas samazināšanās tendencei, augiem tos uzņemot no augsnes, Ca un Mg palielināšanās ielu objektu augsnē galvenokārt skaidrojama ar ceļu un būvniecības putekļu pastiprinātu akumulēšanos tās virskārtā.

Citur pasaulē skābās velēnu podzolaugsnēs, 1 M HCl izvilkumā, Zn caurmērā konstatēts 0,12–20  $mg \cdot kg^{-1}$  (neitrālās vai bāziskās augsnēs mazāk), savukārt Cu - no 0,05 līdz 5  $mg \cdot kg^{-1}$  (Битюцкий, 2005). Vērtējot minēto **smago metālu** analīžu rezultātus, Rīgas apstādījumu augsnes, tajā skaitā arī fona objektā Viestura dārzā, raksturojamas kā ar Zn un Cu bagātas vai pārbagātas, kas saistāms ar autotransporta radītā piesārņojuma akumulēšanos pilsētas apstākļos. Īpaši augsta Cu koncentrācija konstatēta Kr. Valdemāra ielā un Basteja bulvārī 1 (53,67–92,27  $mg \cdot kg^{-1}$ ), ko iespējams izraisījusi trolejbusa (Kr. Valdemāra iela) un tramvaja (Basteja bulvāris) elektrokontaktvadu un sliežu nodilšana, kā rezultātā Cu saturošie putekļi ir nonākuši augsnē. Tas nozīmē, ka arī Basteja bulvārī 2, kas atrodas pretējā pusē Basteja bulvārim 1, Cu daudzumam augsnē vajadzēja būt augstākam nekā caurmērā Rīgas centra augsnēs konstatēts, taču tas tikai nedaudz pārsniedza Viestura dārza līmeni. Arī Zn un Pb koncentrācija 2005. gadā šeit novērota viszemākā (4.-6. pielikums). Turklāt Cu un Pb koncentrācijai augsnē Basteja bulvārī 2 no 2005. gada marta līdz jūlijam bija vērojama tendence palielināties, toties vairumā citu ielu posmu objektos un Viestura dārzā Cu un Pb izmaiņas uzskatāmas par nebūtiskām, jo iekļaujas standartklūdas robežās. Iespējams, šeit savulaik uzbērtā jauna augsnes virskārta.

Tramvaja sliežu un elektrokontaktvadu dilšana varētu būt galvenais iemesls Basteja bulvārī novērotajai paaugstinātajai Fe koncentrācijai augsnē un spilgti izteiktajai tendencei palielināties laika posmā no marta līdz jūlijam, salīdzinot ar citām apstādījumu paraugvietām.

Autotransporta ietekmi labi atspoguļo Cu un Zn, kā arī Pb koncentrācijas palielināšanās Viestura dārza paraugvietu augsnēs virzienā uz Hanzas ielu, kas sakrīt ar citviet pasaulē veiktajiem augsnes pētījumu rezultātiem, kuri arī uzrāda Pb, Zn un Cu samazināšanos līdz ar attāluma palielināšanos no brauktuves malas (Nyangababo, Hamya, 1986). Seviļā (Madrid et al., 2004) un Stokholmā (Linde et al., 2001) augstākā Pb, Zn, Cu koncentrācija augsnē tāpat konstatēta vietās, kas tuvākas pilsētas vēsturiskajiem rajoniem un centrā, to skaidrojot ar cilvēku aktivitātēm un lielāku transporta plūsmas intensitāti. Līdz ar to pamatoti ir uzskatīt, ka paaugstināta smago metālu koncentrācija Rīgas centra augšņu paraugos raksturo vispārējo piesārņojuma pieauguma tendenci pilsētu augsnēs.

Tiek uzskatīts, ka mūsdienās Zn ieplūde augsnē no atmosfēras pārsniedz tā iznesi (Полевой, 1989), tātad Zn augsnē uzkrājas. Turpretī Rīgas centrā, Viestura dārzā, Hanzas ielā 1, Elizabetes ielā un Stabu ielā 2 laika posmā no marta līdz jūlijam novērota tendence Zn koncentrācijai augsnes virsējā slānī samazināties (5.15. att.). Pārējos objektos Zn koncentrācija bija samazinājusies jūnijā, bet ar tendenci jūlijā atkal palielināties. No vienas puses, 1 M HCl izvilkums neuzrāda kopējo Zn koncentrāciju, bet tikai augiem pieejamo. Pieņemts uzskatīt, ka Zn ir augsnē vislabāk šķīstošais smagais metāls, kas viskustīgākais un bioloģiski pieejamākais ir skābās, vieglās minerālaugsnēs. Rīgas augsnes ir vairāk neitrālas un viegli bāziskas, ar augstu pH un Ca līmeni, kas veicina nešķīstošu Zn savienojumu veidošanos. Tāpēc daļa Zn augsnē, iespējams, uzkrājusies savienojumu veidā, kas izmantotajā visumā „agresīvajā” augsnes izvilkumā (1 M HCl) jūnijā un jūlijā tomēr neekstrahējās.

No otras puses, iespējams, ka daļa Zn bija ieskalojusies dziļākajos slāņos, bet daļu - uzņēmuši augi. Līdzīga tendence - Zn līmenim augsnē samazināties – novērota Seviļā no 2000. gada rudens līdz 2001. gada vasarai un skaidrota ar Zn lielāku mobilitāti augsnē salīdzinājumā ar Pb, Cu (Madrid et al., 2004).

Ne tikai Zn, bet arī Fe un Cu paaugstināta koncentrācija marta beigās (4. pielikums) skaidrojama ar šo metālu uzkrāšanos ziemā putekļu un augsnes daļiņu sastāvā sniegā, kam nokūstot, smagie metāli akumulējas augsnes virskārtā. Šī pētījuma ietvaros netika pētīta sniega ūdens cietā frakcija. Tomēr īpaši augsts piesārņojums ar šo frakciju vizuāli novērots trešajam pastāvīgajam sniega klājienam 22. martā. (Kopējais trešās pastāvīgās sniega kārtas ekspozīcijas laiks bija vairāk nekā 1 mēnesis (aptuveni no 6. februāra līdz 25-28. martam – atkarībā no sniega kārtas kušanas intensitātes). Pēc A. Zekunda u.c. atzinuma, cietās frakcijas daļiņas ir samērā rupjas un tādēļ neizplatās tālu no piesārņojuma avota, bet akumulējas (Zekunda u.c., 2006).

Parasti augstāka Mn koncentrācija konstatēta dabiskās augsnēs, kas bagātas ar Fe un organiskajām vielām, jo dabā Mn bieži sastopams konkrēcijās ar Fe, bet augsnes šķīdumos – savienojumos ar organiskajām vielām (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Rīgas centra augsnēs organisko vielu daudzums netika noteikts, savukārt objekti, kur konstatēta augstāka Mn koncentrācija augsnē, uzrādīja arī augstāko Fe līmeni un savstarpēji būtisku korelāciju (martā  $r_{Mn,Fe(0,05,30)} = 0,61$ ; jūnijā  $r_{Mn,Fe(0,05,30)} = 0,62$ ; jūlijā  $r_{Mn,Fe(0,05,30)} = 0,69$ ). Ņemot vērā, ka pilsētas augsnē

paaugstināto Fe līmeni izraisa antropogēnais piesārņojums, Mn uzkrāšanās augsnē viennozīmīgi nav saistāma ar Fe. Arī Tallinā konstatēta paaugstināta Mn koncentrācija urbānajā augsnē salīdzinājumā ar ārpuspilsētas augsnēm (Bityukova et al., 2000).

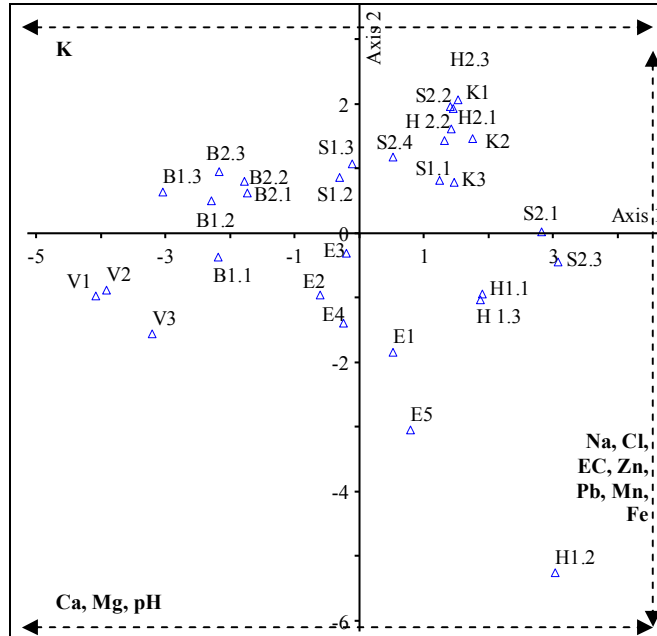
Visumā Mn, Fe, Cu, Zn kustīgo formu daudzums augsnēs 1 M HCl izvilkumā svārstās samērā plašās robežās pat viena Latvijas rajona ietvaros (Rīgas rajons). Tā, piemēram, Fe: 813–3348; Mn: 35–199; Zn: 1,5–41,0; Cu: 0,8–6,6 mg·l<sup>-1</sup> (Riņķis, Ramane, 1989). Pēc A. Giluča un V. Segliņa datiem Latvijā vidējais kopējais Mn daudzums smiltis augsnēs ir 29 mg·kg<sup>-1</sup>, Fe – 1600 mg·kg<sup>-1</sup>, Pb – 9,5 mg·kg<sup>-1</sup>, K – 400 mg·kg<sup>-1</sup> (Gilucis, Segliņš, 2003). Rīgas centra augsnēs minētajā diapazonā konstatēta līdzīga Mn un Fe, un izteikti paaugstināta Pb, Zn un Cu koncentrācija (4.-6. pielikums).

Rīgas ielu apstādījumu augsnē ūdenī šķīstošo sāļu kopējā koncentrācija pēc īpatnējās elektrovadāmības pavasarī un vasarā raksturojama kā palielināta, bet 6. jūlijā tā bija samazinājusies, galvenokārt nokrišņiem izskalojot viegli šķīstošos sāļus no augsnes virsējā slāņa. Ņemot vērā, ka Rīgas, tāpat kā citu pilsētu, augsnēs mitrums un barības elementu daudzums ir pazemināts, kas ietekmē augsnes ūdenī šķīstošo sāļu kopējo saturu pēc īpatnējās elektrovadītspējas, tādēļ viens no svarīgākajiem pasākumiem ir optimāla mitruma nodrošināšana augsnē un pietiekama ūdens daudzuma uzturēšana rizosfērā, īpaši vietās, kas dienas laikā visvairāk pakļautas tiešajam saules starojumam un augsnes temperatūras izmaiņām (apstādījumi ielas ziemeļpusē jeb ēku dienvidpusē). Tas samazinās Na<sup>+</sup> koncentrāciju augsnes šķīdumā un uzlabos koku apgādi ar ūdeni.

Veicot Rīgas centra paraugvietu augsnes ķīmisko datu komponentanalīzi (6.8.-6.10. att.), visās 3 augsnes paraugu ņemšanas reizēs novērota izteikta paraugvietu grupēšanās koordinātu plaknē pa objektiem. Izvērtējot komponentanalīzes rezultātus, noskaidrots, ka 2005. gada martā, jūnijā un jūlijā relatīvi līdzīgas bijušas Stabu ielas 2 (S2.1-S2.4), Kr. Valdemāra ielas (K1-K3) un Hanzas ielas 2 (H2.1-H2.3) augšņu ķīmiskās īpašības.

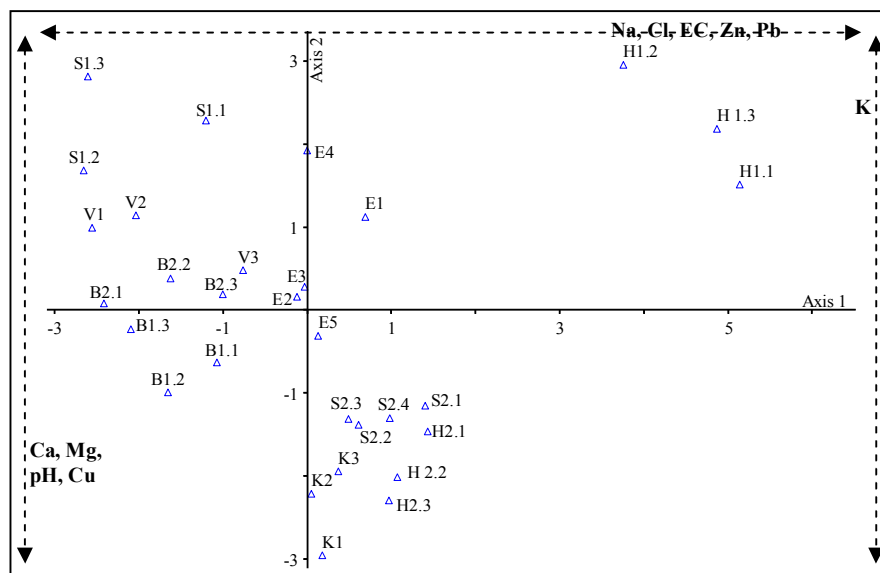
Grafikos redzams, ka 2005. gada pavasarī un vasarā pēc ķīmiskā sastāva samērā tuvas Rīgas centra fona līmenim (Viestura dārzs) bijušas Basteja bulvāra 1 (B1.1-B1.3) un 2 (B2.1-B2.3) augsnes. Pretēji Basteja bulvāra abu objektu paraugvietu relatīvi vienotajam izvietojumam koordinātu plaknēs (6.8.-6.10. att.), Hanzas iela 1 (H1.1-H1.3) krasāk nodalās no Hanzas ielas 2 (H2.1-H2.3) Na, Cl un EC virzienā. Stabu ielas abi posmi (S1.1-S1.3 un S2.1-S2.4) vērtējami kā augsnes ķīmiskā sastāva ziņā atšķirīgi objekti jūnijā un jūlijā. Apsekotajos 3 mēnešos centrā izvietojušās gandrīz visas Elizabetes ielas paraugvietas (E1-E5).

Salīdzinot komponentanalīžu rezultātus (6.8.-6.10. att.), redzam, ka paraugu ņemšanas vietu grupu izvietojumu martā un jūnijā noteikuši gandrīz vieni un tie paši ķīmiskie rādītāji vai rādītāju grupas. Savukārt jūlijā grupas saglabājas, bet to izvietojumu nosaka jau citi ķīmiskie rādītāji vai to grupas. Tas rāda, ka šajā periodā mainījies augsnes ķīmiskais sastāvs, ko ietekmējusi vielu migrācija augsnē un to uzņemšana ar augu saknēm. Tomēr, vērtējot kopumā, Rīgas centra ielu apstādījumiem raksturīgs liels augsnes ķīmiskā sastāva neviendabīgums.



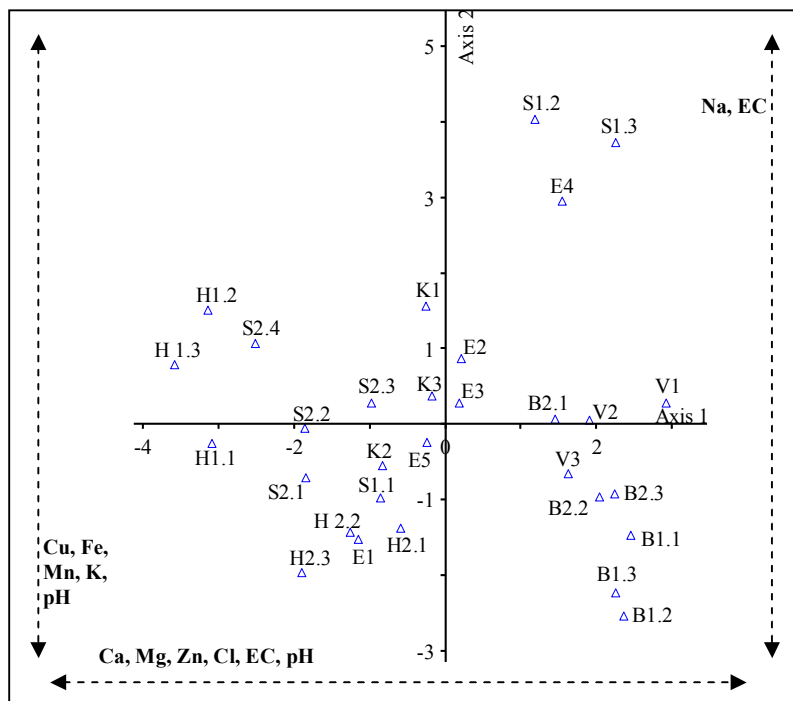
6.8. attēls. Rīgas centra augsnes ķīmiskā sastāva 2005. gada marta analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.8. Principal component analysis of soil chemical results of the central part of Riga, March, 2005.



6.9. attēls. Rīgas centra augsnes ķīmiskā sastāva 2005. gada jūnija analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.9. Principal component analysis of soil chemical results of the central part of Riga, June, 2005.



**6.10. attēls. Rīgas centra augsnes ķīmiskā sastāva 2005. gada jūlija analīžu datu komponentanalīze.**

Figure 6.10. Principal component analysis of soil chemical results of the central part of Rīga, July, 2005.

### 6.3. Ķīmisko elementu akumulācija liepu mizās

Rīgas centra ielu apstādījumu liepu mizu analīzes uzrādīja ievērojami paaugstinātu Na un Cl koncentrāciju salīdzinājumā ar Viestura dārzā ņemtajiem paraugiem.

Pēc autores novērojumiem sniega kušanas ūdeņi, kas satur arī sāls piejaukumu, daļēji iesūcas koku stumbrā (6.1. att.). Arī A. Zvirgzds ir izvirzījis hipotēzi, ka apledojuma novēršanai izmantotā sāls, kas nokļuvusi sniega krājumā ap kokiem, var iesūkties stumbra mizā. Literatūrā minēts, ka sāls sastāvā esošie joni augos var nokļūt ne tikai caur saknēm, bet arī nogulsņējoties šķakatu (aerosolu) veidā vai lēni notekot pa „aizmigušo” lapu koku stumbru (Dobson, 1991; Jonhson, Sucoff, 2000).

Veicot aprēķinus starp Na un Cl koncentrāciju mizā un tā daudzumu sniega ūdeņī 2004./2005. gada ziemas periodā, konstatēta nebūtiska korelācija ( $p > 0,05$ ). Savukārt starp stumbra attālumu no brauktuves un Na daudzumu mizā pastāv būtiska, vāja, negatīva korelācija ( $r_{(0,05, 27)} = -0,40$ ), bet nebūtiska ar Cl ( $r_{(0,05, 27)} = -0,34$ ). Tas liecina, ka, pieaugot attālumam no brauktuves, Na daudzums koku stumbra mizā samazinās, bet Cl koncentrāciju šis attālums neietekmē. Protams, ka

dažu dienu laikā pēc sniega nokušanas, kad tika ievākti mizu paraugi, koki nespēja uzņemt no augsnes tik lielā koncentrācijā  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$ .

Acīmredzot  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  Rīgas centra ielu apstādījumu liepu mizās ir akumulēties vairāku gadu laikā, kokiem uzņemot šos elementus kā no augsnes, tā arī caur mizu.

#### 6.4. Ķīmisko elementu akumulācija liepu lapās un to ietekme uz koku vitalitāti

##### Na, Cl

Arī lapu ķīmisko analīžu rezultāti parādīja, ka augsto  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrāciju Rīgas centra liepu lapās jau jūnija sākumā izraisījusi sistemātiska sāls izmantošana ielu apledošanas novēršanai un sniega kausēšanai pilsētā.

Pētījumi par  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrāciju augsnes virskārtā martā, jūnijā un lapās jūnijā uzrādīja nebūtisku korelāciju ( $r_{\text{Cl}^- (0,05, 30)} = 0,20$ ;  $r_{\text{Na} (0,05, 30)} = 0,17$ ;  $r_{\text{Cl}^- (0,05, 30)} = 0,16$ ,  $r_{\text{Na} (0,05, 30)} = 0,11$ ), kas, tāpat kā mizu gadījumā, skaidrojams ar  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  uzkrāšanos koku zaros un stumburā ilgstošā periodā un aktivizēšanos veģetācijas perioda sākumā. Arī pasaulē veiktie pētījumi liecina, ka ne visi ksilēmā nokļuvušie joni sasniedz stublāju vai lapas: daļa, piemēram,  $\text{Na}$ , pārvietojoties pa ksilēmu, var no ksilēmas sulas pāriet sakņu vai stumbra šūnās. Ja kāda elementa ksilēmas sulā ir pārāk daudz, tas akumulējas kambija šūnās, bet vēlāk atkal var pāriet uz ksilēmu (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Turklāt Rīgas liepu lapu ķīmisko analīžu rezultāti parādīja tendenci  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrācijai koku lapās ne tikai palielināties, bet jau augusta beigās arī samazināties, piemēram, liepām Hanzas ielā 1, Stabu ielā 1 un 2, kaut gan augsnē joprojām saglabājās augsts  $\text{Na}$  līmenis. Šajos objektos 28. augustā gandrīz visām liepām tika konstatēta ļoti zema vitalitāte, līdz ar to varētu uzskatīt, ka veģetācijas sezona ir beigusies.  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrācijas samazināšanās koku lapās veģetācijas perioda beigās norāda, ka rudenī, pirms lapkriša,  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  tiek novadīti atpakaļ uz vainaga zariem un stumbru. Rezultātā šie kaitīgie elementi kokos uzkrājas un pavasarī transpirācijas procesa gaitā atkal nonāk lapās, negatīvi ietekmējot gan tās, gan ziedpumpurus. Mūsu novērojumi atbilst arī citur veikto pētījumu rezultātiem (Holmes, 1961; Шевякова, Кузнецов, 2000; Čekstere et al., 2005).

Hlors augsnes šķīdumā praktiski sastopams tikai anjonu (hlorīdu) veidā, tāpēc augsnes adsorbcijas kompleksā netiek piesaistīts un ir vairāk pakļauts izskalošanai. Līdz ar to ne augsnē, ne augos tā koncentrācija nerasniedz  $\text{Na}$  apjomus. Tomēr hlorīdus augi no augsnes uzņem ātrāk nekā fosfāta un sulfātjonus (Bergmann, 1976). Tas nozīmē, ka paaugstināta hlorīdu koncentrācija augsnē agri pavasarī var negatīvi ietekmēt augu visas veģetācijas sezonas garumā.

Pēc Kosoviča datiem, kas iegūti veģetācijas izmēģinājumos, konstatēts, ka ozoli stipri cieš, ja  $\text{Cl}^-$  daudzums augsnē ir 0,039 % (Ripa, 1967), turpretim liepām kaitē  $\text{Cl}^-$  daudzums, kas ilgstoši saglabājas augstāks par 0,025 % (Meyer, 1978), bet Berlīnes papelēm, kā minēts A. Ripas rakstā (1967), – vairāk par 0,024 %. Tas nozīmē, ka augiem nevēlama ir tāda  $\text{Cl}^-$  koncentrācija, kas augsnē augstāka par aptuveni  $240 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ .

Taču Rīgas centra liepām ar nekrozes pazīmēm, Cl<sup>-</sup> koncentrācija augsnes virskārtā, sniegam nokūstot, bija 29,89 mg·kg<sup>-1</sup> (H2.3), un tikai 5 (H 1.2, H1.3, K1.3, S2.1, S2.3) no 30 paraugvietām pārsniedza 200 mg·kg<sup>-1</sup>. Taču 2005. gada vasarā nekrotizētas bija liepas arī citās paraugvietās. Lapu un vainagu nekrozes tiešu atkarību no Cl<sup>-</sup> un Na koncentrācijas Rīgas ielu apstādījumu lapās apstiprina aprēķinātie korelācijas koeficienti (6.1. tab.), kas uzrāda būtisku, vidēji ciešu līdz ciešu pozitīvu korelāciju, maksimālo starp lapu nekrozēm ar Na un Cl<sup>-</sup> sasniedzot 28. augustā ( $r_{Na(0,05,30)} = 0,92$ ;  $r_{Cl(0,05,30)} = 0,85$ ).

S. E. Allens u.c. zinātnieki uzskata, ka normāla Cl<sup>-</sup> koncentrācija augu lapās ir no 0,04 līdz 0,4 % (no sausās masas) (Allen et al., 1974). Pēc Z. Červinska datiem Cl<sup>-</sup> toksitātes līmenis kokiem ir 0,8 % (Czerwiński, 1979). Arī citur veiktie pētījumi liecina, ka dažādām koku sugām vizuāli lapu bojājumi novērojami gadījumos, kad Cl<sup>-</sup> koncentrācija ir no 0,8 % un lielāka (6.2. tab.). Savukārt liepām Rīgā, pēc A. Ripas un E. Pētersona (1968) pētījumiem, tā ir sākot no 1,49 %, bet pēc G. Čeksteres u.c. autoru datiem Holandes liepai (*Tilia x vulgaris*) redzamu lapu bojājumu nav, ja Cl<sup>-</sup> daudzums tajās nepārsniedz 0,4 % (Čekstere et al., 2005). Vairākām koku sugām, piemēram, parastajai liepai (*Tilia cordata*) un parastajai zirgkastaņai (*Aesculus hippocastanum*), pēc J. Burga novērojumiem, nav vizuālu lapu bojājumu, ja Cl<sup>-</sup> ir mazāk par 0,7 % no lapu sausās masas (Burg, 1989).

Tomēr vairumā pasaulē veikto pētījumu rezultāti liecina, ka Na koncentrācijas līmenis lapās, lai vizuāli būtu novērojamas tā toksiskās ietekmes – nekrozes - pazīmes, ir atšķirīgs (6.3. tab.). Zinātniskajā literatūrā minētā augstākā Na koncentrācija lapās, pie kuras nav novērojamas nekrotiskas izmaiņas, parastajai liepai (*T. cordata*) bijusi 0,175 %. Citos avotos atzīmētie vizuālie lapu bojājumi, ne tikai parastajai liepai (*T. cordata*), bet arī parastajai kļavai (*A. platanoides*), konstatēti jau pie Na koncentrācijas 0,11 %, bet zirgkastaņai (*A. hippocastanum*) - pie 0,15 %. Atšķirības nav lielas, tomēr starpība starp Na koncentrāciju lapās bez vizuāli redzamiem bojājumiem un ar toksitātes pazīmēm ir 0,065%, kas būtu skaidrojams ar dažādām metodiskajām nostādnēm. Savukārt citi zinātnieki uzskata, ka būtiska nozīme toksisko elementu ietekmē un lapu nekrotizācijā ir koku apgādei ar barības elementiem, īpaši kāliju. Na<sup>+</sup> absorbējas augsnes kompleksā, bet K deficīta gadījumā tas bagātīgi uzkrājas vecāko lapu malās, izraisot nekrozi, tādēļ K un Na attiecība ir īpaši nozīmīga (Dobson, 1991; Czerniawska-Kusza et al., 2004).

Pēc I. Czerniawska-Kusza u.c. zinātnieku pētījumiem vietās, kur ielu apledošana novēršanai netiek lietots sāls, K un Na attiecība parastās liepas (*T. cordata*) lapās bija 15,65; savukārt tur, kur sezonā uz ceļiem kaisīts 160 g·m<sup>-2</sup> un 230 g·m<sup>-2</sup> sāls (galvenokārt NaCl), K un Na attiecība lapās bija 2,58 un 1,76 (Czerniawska-Kusza et al., 2004). Pēdējā gadījumā konstatētas arī vairāk nekā 60 % nekrotizētas lapu plātnes. Savukārt, ja K/Na bijis 2,58, liepu lapām novēroti vāji nekrozes un hlorozes radīti bojājumi. Noskaidrots, ka, pieaugot augsnes sāļainumam, K līmenis liepu lapās samazinās, galvenokārt paaugstinātas Na koncentrācijas dēļ.

6.1. tabula

Table 6.1

**Na, Cl koncentrāciju korelācija ar liepu lapu un vainaga nekrozitāti 2005. gada vasarā (p<0,05)**

Correlation between the concentration of Na, Cl<sup>-</sup> and intensity of lime leaf and crown necrosis in summer 2005 (p<0,05)

Elements Element	6.06.2005.		6.07.2005.		28.08.2005.	
	Lapas Leaves	Vainags Crown	Lapas Leaves	Vainags Crown	Lapas Leaves	Vainags Crown
Cl <sup>-</sup>	0,76	0,59	0,63	0,74	0,85	0,68
Na	0,62	0,78	0,68	0,63	0,92	0,77

6.2. tabula

Table 6.2

**Cl<sup>-</sup> koncentrācija kokaugu lapās (%) ar un bez sāls toksitātes pazīmēm**

Concentration of Cl<sup>-</sup> in tree leaves with and without salt toxicity signs

Suga Species	Bez vizuālām pazīmēm Without visual signs	Ar vizuālām pazīmēm With visual signs	Mēnesis Month	Literatūras avots Reference
<i>T. cordata</i>	< 0,7 0,620  0,43 0,27-0,67 0,50 0,29-0,35	- 1,198-2,511  1,37 1,14-3,25 1,65 1,6-2,18	Augusts/septembris Septembris  Jūnijs Jūnijs/jūlijs/augusts Jūnijs/jūlijs/augusts Jūnijs/jūlijs/augusts	Burg, 1989 Czerniawska- Kusza et al., 2004 Kydar, 1981 Leh, 1973 Leh, 1973 Leh, 1975
<i>T. platyphyllos</i>	< 0,8 -	- 0,8-0,9	Augusts/septembris Septembris	Burg, 1989 Suplat, 1996
<i>T. x europea</i>	< 0,6 0,29	- 1,89-2,43	Augusts/septembris Jūnijs/jūlijs/augusts	Burg, 1989 Leh, 1973
<i>T. x euchlora</i> <i>T. x euchlora</i> <i>K.Koch</i>	< 0,10 0,17±0,02 0,31±0,07	- 1,7-1,8	Jūnijs/jūlijs/augusts Septembris Septembris	Burg, 1989 Suplat, 1996 Suplat, 1996
<i>Tilia x vulgaris</i>	< 0,4	-	Jūlijs/augusts/septembris	Čekstere et al., 2005
<i>Tilia spp.</i>	0,118-0,6	1,49-2,59	-	Ripa, Pētersons, 1968
<i>A. hippocastanum</i>	0,013-0,551 < 0,7	0,995 -	Jūnijs/jūlijs/augusts Augusts/septembris	Leh, 1973 Burg, 1989
<i>A. platanoides</i>	0,43 -	1,68 1,1-1,2	Jūnijs/jūlijs/augusts Septembris	Leh, 1973 Suplat, 1996



## 6.3. tabula

Table 6.3

## Na koncentrācija kokaugu lapās (%) ar un bez sāls toksitātes pazīmēm

Concentration of Na in tree leaves with and without salt toxicity signs

Suga Species	Bez vizuālām pazīmēm Without visual signs	Ar vizuālām pazīmēm With visual signs	Mēnesis Month	Literatūras avots Reference
<i>T. cordata</i>	0,175  0,06 0,012-0,013 0,02	0,63-0,846  0,11 0,11-1,53 0,58	Septembris  Jūnijs Jūnijs/jūlijs/augusts Jūnijs/jūlijs/augusts	Czerniawska-Kusza et al., 2004 Kydar, 1981 Leh, 1973 Leh, 1973
<i>T. x europaea</i>	0,025	0,42-0,89	Jūnijs/jūlijs/augusts	Leh, 1973
<i>A. hippocastanum</i>	0,018-0,034	0,15-1,45	Jūnijs/jūlijs/augusts	Leh, 1973
<i>A. platanoides</i>	0,10 -	0,11 0,163	Jūnijs Jūnijs/jūlijs/augusts	Kydar, 1981 Leh, 1973

Mazākā K/Na attiecība liepu lapās, pie kādas netika novērota lapu nekroze (arī ne Cl<sup>-</sup> izraisīta), bija Basteja bulvārī 1 liepai B1.1 28. augustā – 6,71 (6.4. tab.): Na koncentrācija lapās bija 0,18 %, bet Cl<sup>-</sup> – 0,60 %. Arī pie 0,62 % Cl<sup>-</sup> liepas B1.3 lapās Basteja bulvārī 1 nekroze augstā netika novērota. Šī Cl<sup>-</sup> koncentrācija lapās bez nekrozitātes pazīmēm bija pati augstākā, tādēļ uzskatāma par Cl<sup>-</sup> kritisko līmeni, kas atbilst arī citu zinātnieku līdzīgu pētījumu rezultātiem. Savukārt 0,18 % Na koncentrācija Holandes liepu lapās ir augstākā, kāda novērota kokiem bez nekrozes, salīdzinot ar 4.4. tabulas datiem.

Kr. Valdemāra ielas trešai liepai (K3), Cl<sup>-</sup> sasniedzot 0,67 % no lapu sausās masas, jūlija sākumā tika novērotas līdz 5 % nekrozes skartas lapu plātnes. Tajā pašā laikā Na daudzums lapās bija tikai 0,04 %, bet K un Na savstarpējā attiecība - pat 44,71. Arī 0,66 % Cl<sup>-</sup> koncentrācija lapās uzskatāma par Rīgas pilsētvidē augošajām Holandes liepām toksisku un atzīmējama kā galvenais iemesls 6. jūnijā konstatētajai lapu nekrozei Elizabetes ielas 1. liepai (E1), kad Na koncentrācija lapās bija 0,13 %; arī K/Na attiecība lapās bija lielāka nekā Basteja bulvārī noteiktā zemākā K/Na attiecība. Tādēļ Na acīmredzot nebūs vizuāli novērojamo lapu bojājumu izraisītājs (6.11. att.).

Holandes liepu lapām ar nekrozi 2005. gadā konstatētā Cl<sup>-</sup> koncentrācija ir zemāka salīdzinājumā ar citu zinātnieku pētījumu datiem, ko mūsu gadījumā, iespējams, skaidro koku sliktais nodrošinājums ar barības elementiem, kas pazemina to toleranci stresa situācijā. Savukārt izteiktākā Cl<sup>-</sup> toksikoze lapās jau 6. jūnijā novērota Elizabetes ielas otrai liepai (E2), kad Cl<sup>-</sup> sasniedza pat 2,90 %;

6.4. tabula

Table 6.4

**K/Na attiecība Rīgas centra liepu lapās un augsnē 2005. gadā**  
K/Na ratio in lime leaves and soil of the central part of Riga in 2005

Pauga- vieta Site	Lapas, Leaves			Augsne, Soil		
	6.06.2005.	6.07.2005.	28.08.2005.	30.03.2005.	6.06.2005.	6.07.2005.
V1	<u>55,37</u>	<u>41,00</u>	<u>24,12</u>	13,48	6,60	8,00
V2	<u>49,51</u>	<u>54,00</u>	<u>34,71</u>	12,41	8,68	8,29
V3	<u>33,76</u>	<u>23,75</u>	<u>31,67</u>	10,53	6,03	5,68
H1.1	18,93 <sup>Cl</sup>	0,52 <sup>Cl</sup>	0,52 <sup>Cl</sup>	0,17	0,13	0,21
H1.2	4,96	1,50 <sup>Cl</sup>	0,28 <sup>Cl</sup>	0,17	0,16	0,19
H1.3	3,47 <sup>Cl</sup>	0,67 <sup>Cl</sup>	0,30 <sup>Cl</sup>	0,07	0,12	0,19
H2.1	20,54	7,82 <sup>Cl</sup>	2,77 <sup>Cl</sup>	0,35	0,31	4,02
H 2.2	24,75 <sup>Cl</sup>	4,16 <sup>Cl</sup>	1,49 <sup>Cl</sup>	0,53	0,40	1,18
H2.3	25,00 <sup>Cl</sup>	3,91 <sup>Cl</sup>	1,24 <sup>Cl</sup>	0,46	0,41	0,96
E1	14,12 <sup>Cl</sup>	4,61 <sup>Cl</sup>	1,56 <sup>Cl</sup>	0,17	0,16	0,90
E2	76,67 <sup>Cl</sup>	9,23 <sup>Cl</sup>	4,37 <sup>Cl</sup>	0,27	0,44	0,47
E3	<u>22,07</u>	1,67 <sup>Cl</sup>	0,66 <sup>Cl</sup>	0,30	0,26	0,88
E4	<u>56,70</u>	<u>51,19</u>	7,84 <sup>Cl</sup>	0,19	0,13	0,15
E5	<u>213,89</u>	<u>74,29</u>	<u>22,35</u>	0,32	0,55	1,15
K1	-	1,40 <sup>Cl</sup>	0,71 <sup>Cl</sup>	0,44	0,88	0,36
K2	-	1,82 <sup>Cl</sup>	0,94 <sup>Cl</sup>	0,25	0,55	0,38
K3	-	44,71 <sup>Cl</sup>	6,36 <sup>Cl</sup>	0,23	0,29	0,40
S1.1	5,53 <sup>Cl</sup>	0,58 <sup>Cl</sup>	0,77 <sup>Cl</sup>	0,10	0,47	0,55
S1.2	10,99 <sup>Cl</sup>	0,60 <sup>Cl</sup>	0,58 <sup>Cl</sup>	0,16	0,26	0,32
S1.3	4,43 <sup>Cl</sup>	3,06 <sup>Cl</sup>	0,43 <sup>Cl</sup>	0,14	0,26	0,28
S2.1	3,07	2,93 <sup>Cl</sup>	0,68 <sup>Cl</sup>	0,23	0,54	0,79
S2.2	1,92 <sup>Cl</sup>	0,53 <sup>Cl</sup>	0,15 <sup>Cl</sup>	0,49	0,29	0,33
S2.3	<u>14,94</u>	<b>8,93<sup>Cl</sup></b>	<b>7,83<sup>Cl</sup></b>	0,24	0,28	0,28
S2.4	4,46 <sup>Cl</sup>	0,93 <sup>Cl</sup>	0,43 <sup>Cl</sup>	0,17	0,25	0,19
B1.1	<u>34,44</u>	<u>38,94</u>	<b>6,71</b>	1,18	1,64	2,48
B1.2	<u>85,29</u>	<u>48,31</u>	<u>18,50</u>	2,08	1,96	4,20
B1.3	<u>92,73</u>	<u>62,50</u>	<u>27,37</u>	2,39	2,11	3,53
B2.1	-	0,62 <sup>Cl</sup>	0,18 <sup>Cl</sup>	0,25	0,77	0,18
B2.2	-	0,79 <sup>Cl</sup>	0,22 <sup>Cl</sup>	0,25	0,36	0,73
B2.3	-	2,52 <sup>Cl</sup>	0,29 <sup>Cl</sup>	0,36	0,33	0,93

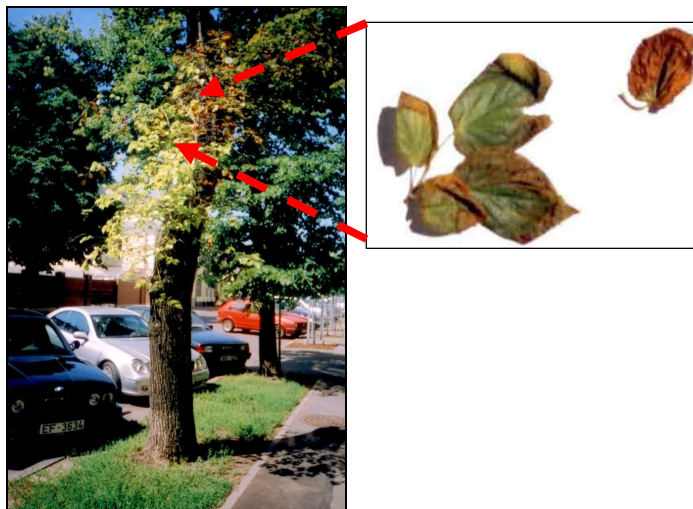
Samazinās, Decrease

→  
Jūnijs, June      Septembris, September

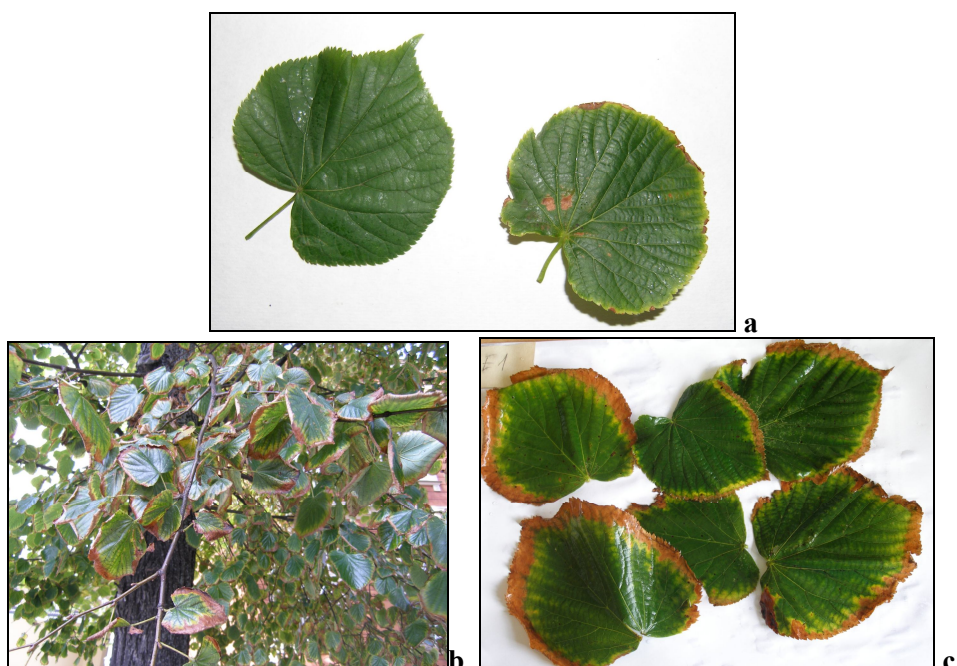
xx<sup>Cl</sup> – toksiska Cl koncentrācija lapās - novērojama nekroze,

xx – optimāli K/Na lapās; bez nekrozes,

xx – toksiska Na koncentrācija lapās - novērojama nekroze.



6.11. attēls. Cl<sup>-</sup> toksikoze - Elizabetes ielas otrā paraugvieta 6. jūnijā.  
Figure 6.11. Cl<sup>-</sup> toxicity – the second site of Elizabethes street in June 6.



6.12. attēls. Vitāli zaļa liepu lapa (a - pa kreisi) un nekrozes bojātas liepu lapas Elizabetes ielas pirmā paraugvietā (E1) 6. jūnijā (a - pa labi, Cl<sup>-</sup> toksikoze) un 28. augustā (b, c – Na un Cl<sup>-</sup> toksikoze).  
Figure 6.12. Healthy lime leaf (a - left) and necrosed lime leaves in Elizabethes 1 (E1) during June 6 (a – right, Cl<sup>-</sup> toxicity) and August 28 (b, c – Na and Cl<sup>-</sup> toxicity).

tajā pašā laikā Na koncentrācija bija tikai 0,04 % un K/Na attiecība - pat 76,67 (!) (6.12. att.).

Līdz ar to zemākā Na koncentrācija, pie kādas novērota nekroze, bija 0,24 % (K/Na = 4,96). Tā atklāta jūnija sākumā Hanzas ielā 1.2 (H1.2), jo Cl<sup>-</sup> koncentrācija lapās bija gandrīz divas reizes (1,8) zemāka par augstāko konstatēto Cl<sup>-</sup> koncentrāciju lapās bez vizuāli redzamiem plātnes bojājumiem. Diskutējama ir jūnijā fiksētā 0,23 % Na koncentrācija liepu lapās Stabu ielā 1.2 (S1.2), jo Cl<sup>-</sup> daudzums pārsniedza pieļaujamo līmeni un tika novērotas arī nekrozes pazīmes; K/Na attiecība 10,99 (!). Praktiski nav nosakāms, kur beidzas Na<sup>+</sup> un sākas Cl<sup>-</sup> kaitīgā ietekme.

Kā izņēmums atzīmējama paraugvieta Stabu ielā 2.3 (S2.3), kur jūlijā Cl<sup>-</sup> lapās bija 0,43 %, Na – 0,14 %, bet augustā Cl<sup>-</sup> - 0,50 %, Na – 0,16 % (K/Na attiecība 8,93 jūlijā, 7,83 augustā). Teorētiski lapām vajadzēja būt bez bojājumiem, tomēr liepai augusta beigās tika novērotas līdz 5 % nekrotizētas lapas un 40 % nekrotizēts vainags, ko, iespējams, ietekmējis ļoti zemais Mg un Ca līmenis lapās, kas veicinājis stresu, samazinot lapu toleranci pret Na un Cl<sup>-</sup> ietekmi.

Savukārt 2003. gadā Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta veiktajos pētījumos Rīgā noskaidrots, ka kālija koncentrācijai lapās jābūt vismaz 1,2 %, bet optimāli - 1,5 līdz 2,5 % (Čekstere et al., 2005).

Izvērtējot 2005. gada Rīgas centra liepu ķīmisko analīžu rezultātus, redzam, ja jūnijā liepu lapās konstatētā K koncentrācija tikai 2 gadījumos (H1.2, un H1.3) bija mazāka par 1,20 %, bet optimāli - no 1,5 līdz 2,5 % 15 paraugvietās (7. pielikums), tad augustā K koncentrācija lapās vairs tikai 4 liepām bija no 1,25 līdz 1,65 % (9. pielikums), un tikai divām no tām (B1.1 un B1.3) netika novērota lapu nekroze. Turpretī Viestura dārza liepu lapas, K koncentrācijai sasniedzot 0,95 %, bija bez vizuāli redzamiem bojājumiem, kas apstiprina atziņu, ka galvenā nekrozes izraisītāja ir attiecīga Na koncentrācija lapās, savukārt zema K koncentrācija ir lapu nekrozes veicinātāja.

Pēc M.C. Dobsona novērojumiem liela nozīme ir arī K un Na attiecībai augsnē: ja Na>K, tad konstatējami traucējumi biogēno elementu uzņemšanā, kas negatīvi ietekmē koku fizioloģisko stāvokli (Dobson, 1991). Latvijas Universitātes Bioloģijas institūta veiktajos pētījumos noteikta sakarība, ka augsnē K : Na jābūt vismaz 2-2,5 : 1 (Čekstere et al., 2005).

Na daudzums stipri nekrotizēto liepu augsnēs 2005. gada martā pārsniedza K koncentrāciju līdz pat 13,68 reizēm jeb K/Na attiecība augsnē bija tikai 0,07 (6.4. tab., 4., 11., 12. pielikums). K/Na attiecība vitālo liepu augsnēs arī ne visos gadījumos atbilda LU Bioloģijas institūta novērotajai K/Na attiecībai - 2-2,5 : 1. Tas norāda, ka vienas ziemas laikā ielu apstādījumu augsnē uzkrātais Na daudzums koku ekoloģisko stāvokli būtiski nav ietekmējis, toties nozīmīga loma tā koncentrācijai koka stumbrā un zaros.

Biežākais lapu nekrozes iemesls un atstīšanas veicinātājs ir vienlaicīgi augsta Na un Cl<sup>-</sup> koncentrācija lapās. Diemžēl praktiski nav nodalāma Na kaitīgā ietekme no Cl<sup>-</sup> negatīvās ietekmes, tādēļ vairumā gadījumu varētu izcelt kādas dominējošo lomu vai ciešāku saistību ar vizuāli novērotajiem bojājumiem. Līdz ar to precīzi

nav nosakāma Na un Cl<sup>-</sup> koncentrācija, pie kādas sāks attīstīties lapu nekroze. Tomēr, balstoties uz iegūtajiem datiem, Holandes liepām par kritisko līmeni būtu pieņemama 0,62-0,66 % Cl<sup>-</sup> un 0,18–0,23 % Na koncentrācija lapās, kad bojājumi ir jau redzami arī vizuāli.

Tādējādi pie novērojamām nekrozes pazīmēm K/Na attiecībai lapās nav noteicošā loma, jo, Na koncentrācijai sasniedzot toksisku līmeni, K daudzumam vairs nav būtiskas nozīmes. Iespējams, 2005. gada veģetācijas sezonā liepu lapu un vainaga nekrozes intensitāti Rīgā ir ietekmējusi arī gaisa temperatūra un nokrišņu daudzums. Tādēļ nākotnē būtu nepieciešama nekrozes izpēte saistībā ar meteoroloģiskajiem datiem.

#### K, Ca, Mg, Mn, Fe, Zn, Cu, Pb

Dati liecina, ka Rīgas ielu apstādījumiem, pie esošās Na koncentrācijas augsnē, ir pazemināts nodrošinājums ar K, kas veģetācijas sezonas laikā gan augsnē, gan lapās vēl samazinās, kas vērtējams ļoti negatīvi, jo vasarā Na koncentrācijai lapās ir tendence pieaugt, tādējādi pastiprinot Na kaitīgo ietekmi. Tādēļ svarīga ir ielu apstādījumu koku apgāde ar K nepieciešamā daudzumā.

K samazināšanās lapās, kas konstatēta no jūnija līdz 28. augustam, saistāma ar kālija reutilizāciju, tas ir, pārvietošanos no vecākajām lapām uz jaunajām, kur notiek aktīva biosintēze (Полевой, 1989; Marschner, 1998). Vasarā izskalošanās rezultātā arī augsnē K līmenis pazeminājās, un līdz ar to samazinājās tā augiem pieejamais daudzums.

Tādēļ arī vasaras sākumā K koncentrācija ielu objektu liepu lapās caurmērā atbilda fona līmenim vai bija pat augstāka, bet augusta beigās samazinājās. Tā Stabu ielā 2.4 K koncentrācija bija tikai 0,15 %, kas ir 6,33 reizes mazāk par Viestura dārzā konstatēto K minimālo koncentrāciju un vērtējams kā pilnīgs K deficīts lapās, ņemot vērā, ka optimālais K daudzums augu audos caurmērā ir no 0,5 līdz 1,2 % (Полевой, 1989), ko attiecīgi limitē konkrētās sugas vajadzības. Kā liecina pārējo lapu analīzes, K koncentrācija augusta beigās vitāli zaļajās liepu lapās, piemēram, Viestura dārzā un Basteja bulvārī 1, caurmērā bija ap 1 %.

Iespējams, ka zemo K līmeni lapās bija veicinājusi augstā Na koncentrācija augsnē. Na<sup>+</sup>, kā vienvērtīgs katjons, ir antagonistisks kālijam, jo, augu saknēm uzņemot, konkurē ne tikai ar kāliju, bet arī amoniju, kalciju, magniju un citiem katjoniem (Bergmann, Neubert, 1976; Marschner, 1986; Bergmann, 1988).

Tas varēja būt arī viens no iemesliem, kādēļ jūnijā un arī jūlijā Ca un Mg daudzums lapās bija fona līmenī vai pat mazāks (Hanzas ielā 1, Elizabetes ielā, Stabu ielā 2), neskatoties uz to, ka ielu apstādījumu augsnēs, salīdzinājumā ar Viestura dārzu, tika noteikts paaugstināts Ca un Mg līmenis. Arī antagonistisko elementu – Fe, Zn u.c. – paaugstinātas koncentrācijas augsnē varēja traucēt Ca un Mg uzņemšanu.

Situāciju labi atspoguļo Stabu ielas 2 augsnes un lapu ķīmisko analīžu rezultāti. Šajā objektā jūnijā Mg koncentrācija augsnē caurmērā 2,1 reizi pārsniedza fona līmeni Viestura dārzā un bija arī viena no augstākajām Rīgas ielu apstādījumu

paraugvietās novērotajām. Augsnes reakcija raksturojama kā neitrāla līdz viegli bāziska (līdz pH 7,20). Savukārt lapās Mg koncentrācija uzrādīja absolūto minimumu, kāds vispār 2005. gada vasarā tika konstatēts liepu lapās (0,11–0,19 %), un bija pat līdz 2,7 reizēm mazāks par Mg minimālo daudzumu Viestura dārza koku lapās. Tas tad arī bija par iemeslu vizuāli novērojamām Mg deficīta pazīmēm, kas traucētas hlorofila sintēzes dēļ izpaudās kā lapu hloroze, par ko liecināja gaišzaļie sīkie plankumi starp zaļajām dzīslām un lielākie dzeltenzaļie laukumi lapas plātnes virspusē. Arī Stabu ielā 1.3 (S1.3) tika novērots Mg deficīts (Mg koncentrācija lapās 0,15 %) un lapu hloroze, tomēr te galvenais iemesls bija ļoti zemais Mg līmenis augsnē – tikai 643,59 mg·kg<sup>-1</sup>.

Kopumā augos Mg ir no 0,02 līdz 3,1 % (Полевой, 1989). Holandes liepas Rīgas centrā 2005. gadā šis elements negatīvi ietekmēja un bija novērojams arī vizuāli, ja Mg koncentrācija nepārsniedza 0,19 % no lapas sausās masas. Protams, slēptā Mg deficīta koncentrācija varētu būt nedaudz lielāka.

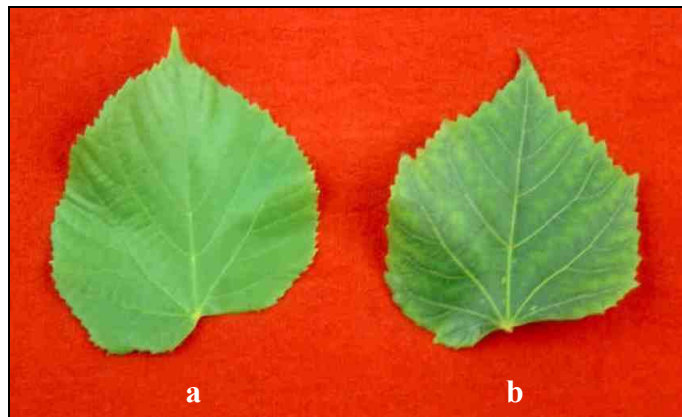
Atšķirībā no kālija, citi elementi - Ca, Mn, Cu, Fe, Zn - augos veido grūti šķīstošus savienojumus, kas nav reutilizējami, tādēļ tie vispirms uzkrājas vecākajās lapās, bet jaunākajās var būt nepietiekamā daudzumā (Полевой, 1989; Riņķis, 1995), kas tika novērots arī Rīgas centra paraugvietās. Tāpat Polijā 2000. gadā, pētot metālu akumulāciju dažādu koku sugu lapās urbānā vidē konstatēta Ca, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn uzkrāšanās (Piczak et al., 2003).

Tas skaidrojams ar to, ka, šūnām novecojot vai samazinoties to fizioloģiskajai aktivitātei, piemēram, Ca no citoplazmas pāriet uz vakuolu un izgulsnējas nešķīstošu skābeņskābes u.c. skābju sāļu veidā, kas apgrūtina šī katjona kustīgumu un atkārtotu izmantošanu (Полевой, 1989).

Pie neitrālas un bāziskas augsnes reakcijas grūti šķīstošus un augiem neuzņemamus savienojumus veido arī Fe, Mn, Cu u.c. smagie metāli (Bergmann, 1988, Riņķis, Ramane, 1989; Tsikritzis et al., 2002), līdz ar to kavējot to akumulāciju augā. Smago metālu uzņemšanas ātrumu var ietekmēt ne tikai augsnes reakcija, bet arī organisko vielu saturs un citu elementu koncentrācija (Кузнецов, Дмитриева, 2005).

Tāpat kā dažviet Rīgas centra augsnēs, arī Stabu ielā 1 pazeminātais Mn līmenis un tā deficīts lapās bija likumsakarīgs. Tomēr vairumā apstādījumu paraugvietu augsnēs Mn koncentrācija bija palielināta, turpretī lapās - samazināta līdz pat deficītam, kas bija novērojams arī vizuāli (6.13. att.). To noteica augsnes neitrālā reakcija, kas veicināja reducētā, viegli uzņemamā, divvērtīgā mangāna oksidēšanos līdz mazšķīstošam četrvērtīgajam.

Mn deficīta vizuālās pazīmes tika novērotas 15. jūnijā un 16. jūlijā, kuru lapās Mn koncentrācija bija zemāka par 20 mg·kg<sup>-1</sup>. Tajā pašā laikā Basteja bulvārī 1 un Viestura dārzā, kaut arī Mn koncentrācija lapās bija tāda pati, Mn deficīta pazīmes vizuāli netika novērotas. Tā, iespējams, noteicis liepu labāks nodrošinājums ar barības elementiem, kā arī zemā Na koncentrācija lapās.



**6.13. attēls. Vitāli zaļa liepu lapa Viestura dārza 1. liepai (a) un Mn deficīts Elizabetes ielas 5. liepai 2005. gada 6. jūnijā (b).**

Figure 6.13. Healthy lime leaf in Viestura Garden 1 (a) and Mn deficiency in Elizabetes 5 in June 6, 2005 (b).

Pētījumos Maskavā konstatēts, ka maģistrāļu tuvumā Mn koncentrācija parasto liepu (*T. cordata*) lapās maijā bijusi vidēji  $63,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , bet parkos augošo - pat  $364 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , savukārt septembra sākumā Mn koncentrācija bija palielinājusies attiecīgi līdz pat  $253$  un  $1582 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Кошелева и др., 2005). Tādējādi Rīgas centrā konstatētā augstākā Mn koncentrācijas lapās ( $87,5 \text{ mg/kg}$  Viestura dārzā) uzskatāma par Holandes liepām netoksisku.

Par fitotoksisku uzskatāms Pb daudzums augu lapās, kas pārsniedz  $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Kloke et al., 1984). Stambulā, pētot Pb un Zn toksiskumu un akumulāciju kokaugu lapās, par toksisku Pb koncentrāciju akācijas (*Robinia spp.*) lapās atzīta  $34,40 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; savukārt par netoksisku kļavu (*Acer spp.*), zirgkastaņu (*Aesculus spp.*), ošu (*Fraxinus spp.*), papeļu (*Populus spp.*), akācijas (*Robinia spp.*) lapās - Pb koncentrācija, kas nepārsniedz  $28,91 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Baycu et al., 2006). Rīgas centrā 2003. gadā Pb koncentrācija liepu un kastaņu lapās variēja robežās no 4 līdz  $16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Čekstere et al., 2005) un tika atzīta par kokaugiem nekaitīgu. Tādējādi arī 2005. gada jūnijā un jūlijā Rīgas centrā konstatētā Pb koncentrācija lapās uzskatāma kā Holandes liepām netoksiska, jo tās ietekme vizuāli neizpaužas.

Svins kā divvērtīgs katjons koku lapās veido mazšķīstošus savienojumus, tādēļ tas praktiski nav reutilizējams jeb atkārtoti izmantojams, tādēļ jaunajās lapiņās tā koncentrācija ir mazāka. Veģetācijas periodā, atkarībā no svina satura augsnē, augšanu pabeigušās lapās tā daudzums pakāpeniski nedaudz palielinās, rudenī sasniedzot maksimumu, un, pateicoties lapkritim, tiek izvadīts no aprites kokā. Tādējādi arī pavasarī koku lapās svina saturs ir zems.

Pretēja tendence - Pb koncentrācijai parastās liepas (*T. cordata*) un balzama papeles (*P. balsamifera*) lapās samazināties laika posmā no maija līdz septembra sākumam ir novērota Maskavā (Кошелева и др., 2005). Tas visticamāk skaidrojams ar metodiskām atšķirībām lapu paraugu ievākšanā, jo autori nav

norādījuši, kādas lapas tika ievāktas un analizētas – zaru galotnēs augošās vai jau augšanu pabeigušās, kas būtiski ietekmē lapu ķīmisko sastāvu.

Zn netiek uzskatīts par ļoti fitotoksisku elementu, tādēļ tā toksisko limitu, kas caurmērā ir 300 – 400 mg·kg<sup>-1</sup>, nosaka augu suga (Kabata-Pendias, Pendias, 1986). Citā literatūras avotā minēts, ka Zn kritiskais diapazons augu sausajā masā ir 100–300 mg·kg<sup>-1</sup> (Битюцкий, 2005). Stambulā par fitotoksisku atzīta 592,60 mg·kg<sup>-1</sup> Zn koncentrācija papeļu (*Populus spp.*) lapās rudenī, savukārt pavasarī 222,80 mg·kg<sup>-1</sup> Zn koncentrācija novērtēta kā netoksiska (Baycu et al., 2006). Pēc V. Poļevoja datiem Zn koncentrācija augos variē no 15–60 mg·kg<sup>-1</sup> (Полевой, 1989). Rīgā 2003. gada jūlijā Zn vidējā koncentrācija liepu un kastaņu lapās bija 33,82 mg·kg<sup>-1</sup> (Čekstere et al., 2005), līdz ar to 2005. gada vasarā 9 apstādījumu objektu liepu lapās noteiktais Zn daudzums uzskatāms par kokiem nekaitīgu.

Pēc literatūrā publicētajiem datiem lielākajai daļai augu Cu kritiskais līmenis ir 20–30 mg·kg<sup>-1</sup> (Битюцкий, 2005). Rīgas objektos ievāktu paraugu analīžu rezultāti parādīja, ka Cu, tāpat kā Zn, koncentrācija liepu lapās ir pieļaujamā līmenī, ko galvenokārt noteikusi Ca un Mg, kā antagonistisko elementu, augstā koncentrācija augsnē un neitrālā-vieglī bāziskā augsnes reakcija.

Turpretī Fe koncentrācija liepu lapās raksturojama kā paaugstināta attiecībā pret Fe vidējo līmeni augos. Pēc V. Poļevoja datiem, Fe koncentrācijas diapazons augos ir 20–80 mg·kg<sup>-1</sup> (Полевой, 1989), turpretim Rīgas centra objektā - Basteja bulvārī 1 - jūlija mēnesī bija līdz 10 un pat vairāk reižu lielāks. Iespējams, ka daļa Fe bija akumulējusies lapās no atmosfēras piesārņojuma. Tomēr vizuāli, Fe pārbagātības izraisīti, bojājumi liepu lapām netika novēroti.

Tendence **Pb, Zn, Fe, Cu** jūlijā lapās palielināties skaidrojama ne tikai ar šo metālu uzņemšanu no augsnes, bet arī atmosfēras piesārņojuma izsēšanos uz lapām. Lai gan tās pēc ievākšanas tika skalotas ar destilētu ūdeni, iespējams, daļa metālu bija akumulējusies ne tikai uz lapu virsmas, bet arī lapās. Aprēķinātie korelācijas koeficienti starp elementu koncentrāciju lapās un augsnē ir nebūtiski vai vāji būtiski (6.5. tab.), kas skaidrojams ar antagonistisko elementu, galvenokārt Ca

#### 6.5. tabula

Table 6.5

#### Korelācijas koeficienti (\* - p<0,05) starp metālu koncentrāciju Rīgas centra apstādījumu augsnē un liepu lapās 2005. gada jūnijā un jūlijā

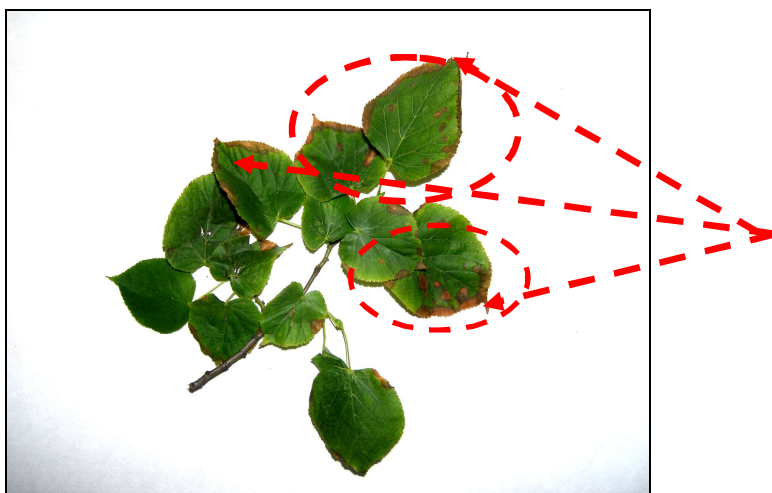
Correlation coefficients between the concentration of metals in greenery soil and lime leaves in the central part of Riga in June and July, 2005

Elements Element	06.06.2005.				06.07.2005.			
	Fe	Cu	Zn	Pb	Fe	Cu	Zn	Pb
Fe	0,47*	-	-	-	0,59*	-	-	-
Cu	-	0,33	-	-	-	0,49*	-	-
Zn	-	-	0,02	-	-	-	0,31	-
Pb	-	-	-	0,13	-	-	-	0,14



un Mg, augsto koncentrāciju augsnē, un neitrālo, viegli bāzisko augsnes reakciju, kas neveicina smago metālu uzņemšanu. Kā izņēmums atzīmējams Fe jūlijā, kas uzrādīja būtisku vidēji ciešu korelāciju. Krievijas zinātnieki (Шевякова, Кузнецов, 2000; Кузнецов, Дмитриева, 2005) secinājuši, ka apstādījumi piesārņotās teritorijās tomēr spēj adaptēties paaugstinātas smago metālu koncentrācijas apstākļiem. Zināmi arī vairāki mehānismi to noturības palielināšanai, kuru pamatā ir paaugstinātās koncentrācijas samazināšana citoplazmā un iespējamo toksiskāko efektu novēršana (Кузнецов, Дмитриева, 2005). Tā kā 2005. gadā Rīgas centrā konstatētā smago metālu koncentrācija nav izraisījusi vizuāli novērotos lapu bojājumus, tā uzskatāma par liepu stāvokli un vitalitāti būtiski neietekmējošu.

Līdz šim aprakstītie bioindikācijas novērojumi ir tipiski  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  toksiskumam. Vizuāli novērotas arī Mg un Mn deficīta pazīmes. Taču Stabu ielas abos posmos (Stabu 1 un 2) 2005. gada vasarā konstatētie lapu plātņu bojājumi – ārmalu apdegumi - nav raksturīgi kāda elementa deficītam vai pārliedzīgam daudzumam (6.14. att.). Tāpat tipiskas nav arī liepu lapu kaitēkļu un ozona izraisītās bojājumu pazīmes. Līdz ar to tās drīzāk ir kāda cita faktora, visticamāk atmosfēras piesārņojuma, negatīvās ietekmes sekas. Minēto objektu koku lapās konstatēts ļoti zems Mg, Ca un K līmenis, kas, iespējams, būtiski vājinājis liepu lapu noturību pret atmosfēras piesārņojumu.



**4.14. attēls. Liepu lapu bojājumi Stabu ielā 2005. gada vasarā.**

Figure 6.14. Lime leaf damages in greenery of Stabu street during summer, 2005.

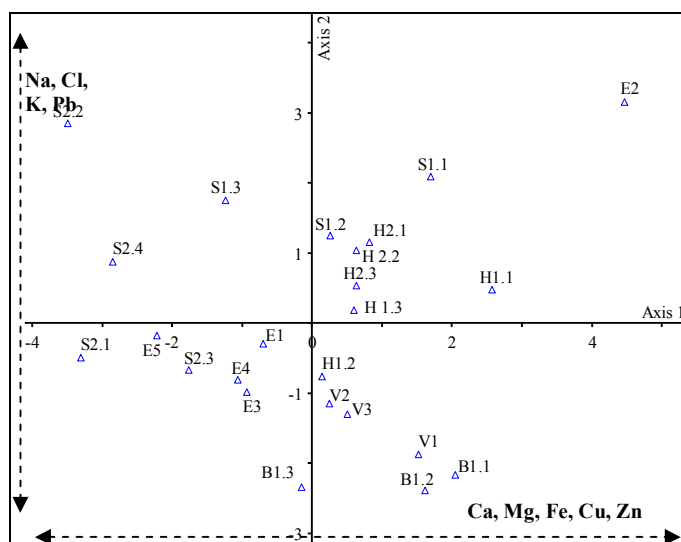
Liepu lapu jūnija un jūlija ķīmisko analīžu datu **komponentanalīze** uzrāda koku sadalījumu, atbilstoši to apgādei ar pētītajiem ķīmiskajiem elementiem (6.15., 6.16. att., 7., 8. pielikums).

Tā, piemēram, jūnijā izdalās liepas S2.2 S.2.4, S.1.3 ar pazeminātu Mg, Ca daudzumu un paaugstinātu Na, Cl koncentrāciju lapās.

Pēc lapu izpētes datiem jūnijā, atšķirībā no augsnes komponentanalīzes, atsevišķi no pārējām Elizabetes ielas liepām, kā arī no citiem kokiem, nodalās liepa E2, kurai konstatēts arī vissliktākais fizioloģiskais stāvoklis, kas liecina par lapu vitalitātes lielāku saistību ar zaros un stumbrā nekā augsnē uzkrāto elementu koncentrāciju. Vērtējot kopumā liepu sadalījumu koordinātu plaknē jūnija sākumā, vizuāli veselīgākie koki, atbilstoši bioindikācijas pētījumiem, izvietojušies no 1. ass virzienā ar zemu Na, Cl, K un Pb īpašvērtību.

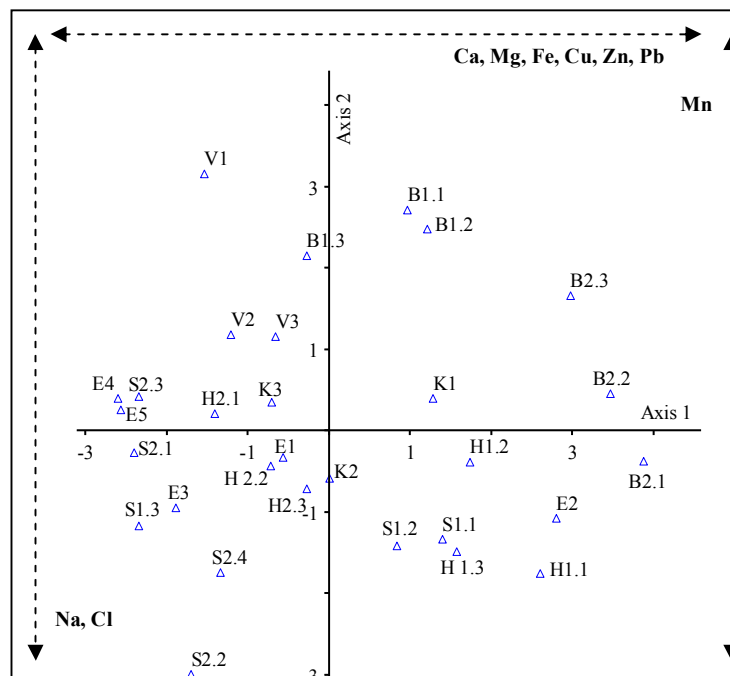
Jūlijā koku izvietojums un grupējums ir līdzīgs. Arī ķīmisko rādītāju galvenie izdalītie komponenti pārsvarā saglabājas nemainīgi: 1. asij jūnijā un jūlijā lielākās pozitīvās vērtības ir Ca, Mg, Fe, Cu un Zn, bet 2. asij - Na un Cl (jūnijā pozitīvās, bet jūlijā negatīvās vērtības).

Augsnes komponentanalīzes grafikos uzskatāmi redzams, ka Rīgas centra fona līmenim Viestura dārzā (V1-V3) pēc ķīmiskā sastāva vistuvākās ir Basteja bulvāra 1 (B1.1-B1.3) un 2 (B2.1-B2.3) augsnes (6.8-6.10. att.); arī lapu jūlija komponentanalīzes grafikā Basteja bulvāris 1 saglabājas samērā vienotā grupā ar Viestura dārzu augstāku Mn īpašvērtību virzienā, turpretī Basteja bulvāra 2 liepu lapas izteikti nodalās no Viestura dārza Ca, Mg, Fe, Cu, Zn un Pb virzienā.



6.15. attēls. Rīgas centra liepu lapu ķīmiskā sastāva 2005. gada jūnija analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.15. Principal component analysis of lime leaf chemical results of the central part of Riga, June, 2005.



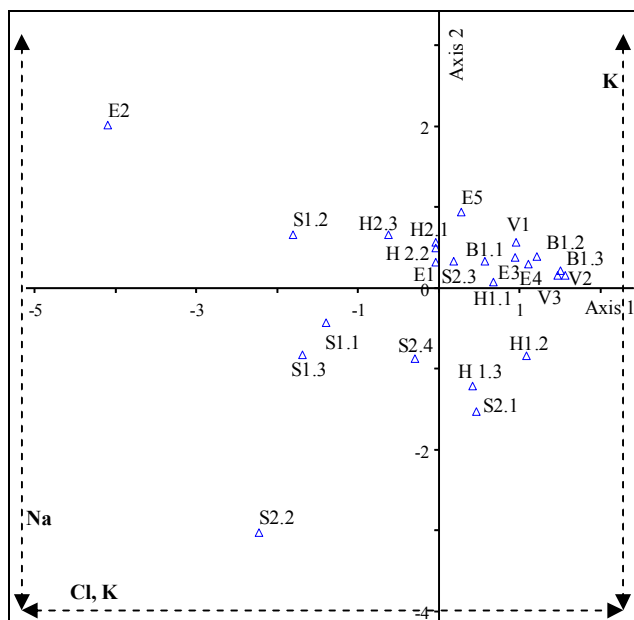
6.16. attēls. Rīgas centra liepu lapu ķīmiskā sastāva 2005. gada jūlija analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.16. Principal component analysis of lime leaf chemical results of the central part of Riga, July, 2005.

Turpretī vizuāli neveselīgāko liepu izvietojums Na un Cl<sup>-</sup> virzienā norāda uz koku lapu ķīmiskā sastāva saistību ar ziemās ceļu uzturēšanai regulāri lietoto sāli. Tādēļ, veicot lapu komponentanalīzi un izmantojot tikai Na, Cl<sup>-</sup>, K datus (6.17.-6.19. att.), jūnija grafikā redzams, ka liepu izvietojums ir centrētāks un nedaudz vairāk grupējas ap 1. un 2. ass pozitīvajām vērtībām - pretēji K un Cl<sup>-</sup>, kā arī Na. Savukārt jūlijā un augustā liepas izteikti grupējas ap 1. asi, tendējoties Na virzienā, kas skaidrojams ar Na akumulēšanos lapās un K samazināšanos veģētācijas sezonā.

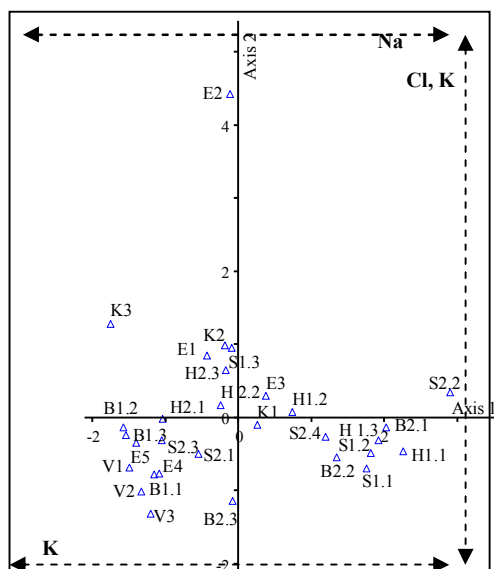
Augusta komponentanalīzes grafikā liepas labi grupējas arī atbilstoši vitalitātei un lapu nekrozitātei. Tā, piemēram, ielu apstādījumos 2005. gada 28. augustā pietiekami veselīgas bija liepas Basteja bulvārī 1, Elizabetes ielas 5. liepa (E5), kā arī Stabu ielas 2 trešā liepa (S2.3), kurai konstatētas līdz 5 % nekrozitētas lapas. Tikai nedaudz mazāk veselīga bija Hanzas ielas 2 pirmā liepa (H2.1), Elizabetes ielas ceturtā liepa (E4), kā arī Kr. Valdemāra ielas trešā liepa (K3), kurām konstatētas līdz 10 % nekrotizētas lapas. Pārējās liepas raksturojamas kā stipri nekrozitētas un ar ļoti zemu vitalitātes līmeni.

Visos komponentanalīzes grafikos izteikti atsevišķi nodalās liepa E2, kurai arī 2005. gadā bija vissliktākais vizuālais/fizioloģiskais stāvoklis. Atzīmējams, ka minētais koks Elizabetes ielā 2 2006. gada pavasarī bija jau nokaltis!



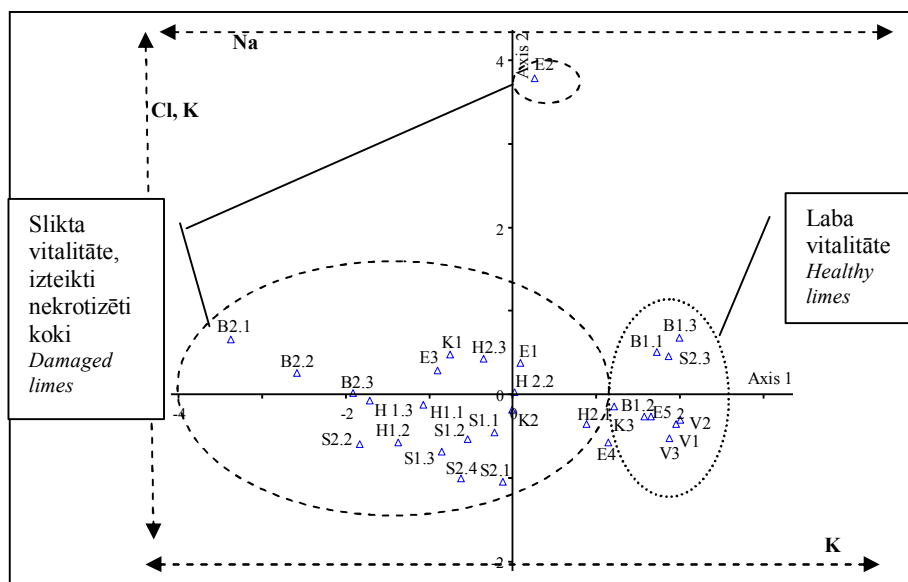
6.17. attēls. Rīgas centra liepu lapu ķīmiskā sastāva (Na, K, Cl) 2005. gada jūnija analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.17. Principal component analysis of lime leaf chemical results (Na, K, Cl) of the central part of Riga, June, 2005.



6.18. attēls. Rīgas centra liepu lapu ķīmiskā sastāva (Na, K, Cl) 2005. gada jūlija analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.18. Principal component analysis of lime leaf chemical results (Na, K, Cl) of the central part of Riga, July, 2005.



6.19. attēls. Rīgas centra liepu lapu ķīmiskā sastāva (Na, K, Cl) 2005. gada augusta analīžu datu komponentanalīze.

Figure 6.19. Principal component analysis of lime leaf chemical results (Na, K, Cl) of the central part of Riga, August, 2005.

Iegūtie rezultāti liecina, ka barības elementu nepietiekamība vai pārlieds daudzums augsnē izmaina lapu ķīmisko sastāvu un ietekmē arī koku stāvokli. Analizējot augšņu paraugus, noteikts konkrēto elementu daudzums tajos, tomēr grūti prognozējams, kādu daļu augs izmantos sarežģītajā daudzu faktoru ietekmes kopumā attiecīgajā vietā un apstākļos.

Savukārt, veicot tikai augu ķīmisko analīzi, varēja noteikt vienīgi kāda elementa neatbilstību nepieciešamajam optimumam, bet netika iegūta pilnīga informācija, kādēļ tāda radusies. Tādus pašus rezultātus devuši arī citu zinātnieku veiktie pētījumi (Riņķis, 1995). Augsnes analīze kā papildus informācija bija ļoti svarīga, kad attiecīgā elementa nepietiekamība nebija absolūta, bet relatīva – kā Mn, Mg, Ca gadījumā, kuru uzņemšanu traucēja neitrālā, viegli sārmainā augsnes reakcija, jonu antagonisms, kā arī citi faktori, kas šī darba ietvaros netika pētīti. Piemēram, augu ķīmisko sastāvu krasi ietekmē arī meteoroloģiskie apstākļi. Augsnes mitruma un gaisa temperatūras noviržu rezultātā no optimuma vairāku elementu saturs augos var samazināties par 25 un vairāk procentiem (Riņķis, Ramane, 1989).

Jāatzīmē, ka vizuāli novērojamas ārējās pazīmes augiem parādās tikai pēc tā saucamā auga „slēptās badošanās” perioda, kad zināmu laiku izjūts noteikta barības elementa trūkums, kas izraisījis fizioloģiska rakstura traucējumus (Bergmann, 1988). Tas pilnībā attiecināms arī uz Rīgas centra liepām.

### 6.5. Vainaga apgriešanas ietekmes vērtējums

Mūsdienās diskutējams jautājums ir koku vainaga apgriešanas lietderība pilsētās un tās ietekme uz koka ekoloģisko stāvokli. Pilnīga vainaga apgriešana Rīgas centra ielu apstādījumu liepām tiek veikta no 20. gs. 70. gadiem. Skaidrs, ka vienādi atzaroti koki pirmajā gadā vizuāli pazemina vietas ainavisko vērtību. Zaru rētas var veicināt sēnīšu infekciju un trupes attīstību.

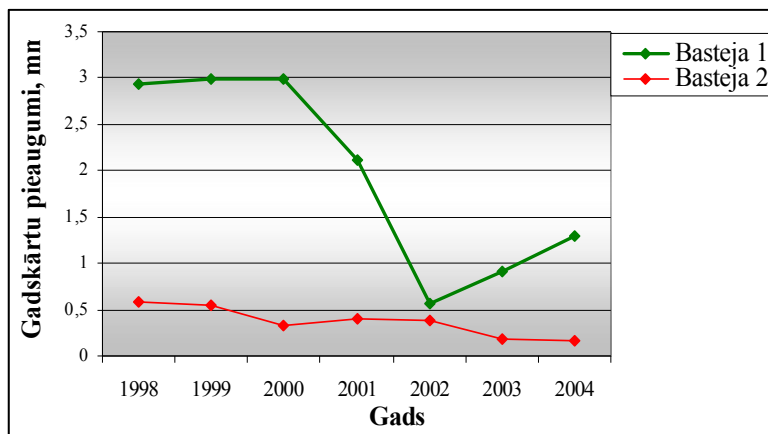
2000. gada pirmajā pusē pilnīga koku vainagu apgriešana izdarīta Basteja bulvārī 1, bet 2005. gada pavasarī - Basteja bulvāra 2 liepām.

Vizuāli novērtējot koku stāvokli pēc apgriešanas Basteja bulvārī 1, 2005. gadā liepas bija vitālas un zaļas, turpretī Basteja bulvārī 2 28. augustā jau 78,33±4,41 % nekrotizētas lapas plātnes, bet vainags - 83,33±9,28 % nekrotizēts. Arī pirms apgriešanas Basteja bulvāra 2 liepu stāvoklis bija slikts, ar izteiktiem lapu bojājumiem, ko galvenokārt izraisījusi augstā Na koncentrācija lapās (Čekstere et al., 2005).

Pēc vainaga apgriešanas koks daļēji atbrīvojas no Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup>. Tādēļ šo elementu koncentrācijai Basteja bulvāra 2 liepu lapās 2005. gada vasarā vajadzēja būt zemākai, nekā konstatēts iepriekš. Tomēr, salīdzinot ar 2004. gada 30. augustā Basteja bulvāra liepu lapās konstatēto Na un Cl<sup>-</sup> koncentrāciju (saskaņā ar LU Bioloģijas institūta Augu minerālās barošanās laboratorijas datiem), 2005. gada 28. augustā ķīmisko analīžu rezultāti uzrādīja lapās caurmērā 2,2 reizes augstāku Na un 2,3 reizes lielāku Cl<sup>-</sup> daudzumu (attiecīgi 1,57±0,20 % un 2,11±0,19 %). Tajā pašā laikā K koncentrācija lapās bija 2,1 reizes mazāka nekā 2004. gada 30. augustā. Tas skaidrojams ar pavasarī un vasarā no augsnes uzņemto Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> daudzumu, kā arī ar vairāku gadu laikā stumbrā uzkrājušos Na un Cl<sup>-</sup>, kas pavasarī un vasarā ar transpirācijas plūsmu tika novadīts uz būtiski mazāku lapu skaitu. Tādējādi kopējais Na un Cl<sup>-</sup> daudzums lapās bija pieaudzis, bet K, kā Na antagonistiska elementa, daudzums lapās - gandrīz tikpat reižu samazinājies cik Na daudzums palielinājies.

Pētījumi būtu turpināmi, lai noskaidrotu kā izmainās Na, K, Cl<sup>-</sup> un citu elementu daudzums lapās salīdzinājumā ar stāvokli pirms vainagu apgriešanas. Kā liecina arī ārzemju zinātnieku pētījumi par smagajiem metāliem parastās liepas (*T. cordata*) un kalnu kļavas (*A. pseudoplatanus*) lapās un zaros, vislielākais smago metālu daudzums koncentrējas koku zaros (Somsak et al. 2000). Līdz ar to zaru apgriešana daļēji samazina kaitīgo elementu koncentrāciju kokā, bet tā var palielināties lapās, kuru skaits pirmā gadā pēc apgriešanas ir samazinājies.

Savukārt, kā rāda vidējie gadskārtu pieaugumi abos objektos laika periodā no 1998. gada līdz 2004. gadam (6.20. att.), Basteja bulvārī 1 vainagu apgriešanas gadā notikusi strauja koku stumbru pieauguma samazināšanās līdz 2002. gadam, bet pēc tam gadskārtu pieaugumi palielinājušies. Turpretī Basteja bulvārī 2, kur koku vainags netika atzarots 2000. gadā, novērojama tendence koku stumbru pieaugumam līdz 2004. gadam pakāpeniski samazināties.



**6.20. attēls.** Liepu gadskārto pieaugumi Rīgas centrā laika periodā no 1998. līdz 2004. gadam.

Figure 6.20. Lime tree annual increment in the central part of Riga from 1998 to 2004.

Šāda tendence koku stumbra pieaugumiem tuvākajos gados pēc vainaga apgriešanas samazināties un pēc dažiem gadiem atkal pieaugt, ir konstatēta arī citviet pasaulē (Schweingruber, 1996). Zinātnieki atzīst, ka kokiem šāda vainaga veidošana nekaitē, ja vien zaru apgriešanu veic pareizi (Schweingruber, 1996, Čekstere et al., 2005).

Koku gadskārto platuma pieaugumu atšķirības Basteja bulvārī 1 un 2 labi atspoguļo arī koku vispārējo fizioloģisko stāvokli. Basteja bulvārī 2, kur laika posmā no 1998. līdz 2000. gadam netika veikta vainagu apgriešana, ikgadējais stumbra pieaugums bija 5 – 6 reizes mazāks nekā Basteja bulvārī 1. Tas acīmredzot saistāms ar ziemā izmantotās sāls sastāvā esošā  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  paaugstinātu uzkrāšanos augsnē pavasaros un šo elementu jonu toksisko ietekmi uz koka fizioloģiskajiem procesiem veģetācijas sezonā - veicinot lapu nekrozes attīstību, tā samazinot fotosintēzes intensitāti un koku apgādi ar organiskajiem savienojumiem. Tas atbilst arī citu zinātnieku novērojumiem, kuri parastajai zirgkastaņai (*A. hippocastanum*) konstatējuši 8 reizes mazāku gadskārto pieaugumu, kad ceļu atledošanai uzsākta sāls pielietošana. Protams, ka koku stumbra pieauguma samazināšanos izraisa ne tikai vainaga sliktais ekoloģiskais stāvoklis, bet arī augsnes sablīvēšanās, anaeroba vide, stumbra bojājumi, gaisa piesārņojums u.c. nelabvēlīgi apstākļi, kas apgrūtina īstenā galvenā faktora noteikšanu (Schweingruber, 1996).

Tomēr Basteja bulvāra 2 augsnē un koku lapās līdz 2004. gadam  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  uzkrājumi un koncentrācija bija ievērojami lielāka nekā brauktuves pretējā pusē Basteja bulvārī 1. Tādēļ pēc dažiem gadiem būtu atkārtoti veicami stumbra gadskārto mērījumi Basteja bulvārī 2, lai varētu salīdzināt notikušās izmaiņas.

No vienas puses, apgriežot vainagu, koks zaudē gan daļu kaitīgo elementu, gan barības vielu. No otras puses, vainaga apgriešana paātrina fizioloģiskos procesus

lapās, kā rezultātā rodas nesabalansētība starp saknēm un lapām - atvārsnītes ir vairāk atvērtas, notiek intensīva fotosintēze, jo saknēm nepieciešamas barības vielas. Tajā pašā laikā vairāk tiek uzņemts arī atmosfēras piesārņojums.

Tāpēc nākotnē šie pētījumi būtu turpināmi un paplašināmi, jo līdzšinējo eksperimentu rezultāti vēl pilnībā objektīvi neatspoguļo iespējamo zaru apgriešanas ietekmi uz koku fizioloģiju un ekoloģisko stāvokli Rīgas centra ielu apstādījumos.

Tomēr, izvērtējot atmosfēras piesārņojuma un  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  nodarīto kaitējumu, mūsdiā, vainagu apgriešana vecajiem kokiem ir vajadzīga, lai daļēji mazinātu  $\text{Na}$  un  $\text{Cl}^-$  augsto koncentrāciju kokā. Svarīgi arī vienlaicīgi noteikt visu augiem nepieciešamo barības elementu daudzumu augsnē un lapās, lai, balstoties uz iegūtajiem datiem, veiktu koku minerālo mēslošanu, īpaši ar K.

Turklāt, pēc A. Zvirgzda Holandes liepa labi pacieš vainaga veidošanu, t.i. regulāru zaru apzāģēšanu: rētas sekmīgi aizaug, trupe veidojas reti, zariem ir nozīmīgas pumpuru rezerves, un tie izvietojušies samērā vienmērīgi, kas nodrošina strauju un vienmērīgu zarojuma atjaunošanos pēc apzāģēšanas (Zvirgzds, 1986).



## SECINĀJUMI

1. Balstoties uz bioindikācijas pētījumu rezultātiem, Holandes liepu (*Tilia x vulgaris*) ekoloģiskais stāvoklis Rīgas centra ielu apstādījumos 2005. gada veģetācijas sezonā vairumā gadījumu novērtējams kā slikts.
2. Sniega ķīmisko analīžu rezultāti liecina, ka tā kausēšanas un novākšanas prakse, apledošanas likvidēšanai pielietotie līdzekļi, transporta intensitāte un sniega saglabāšanās ilgums būtiski ietekmē piesārņojošo jonu uzkrāšanos sniegā. Pētījumā noskaidrots, ka sniega ķīmiskais sastāvs ir ļoti neviendabīgs un stipri atšķirīgs pat vienā ielas posmā.
3. Sistemātiska sāls maisījuma pielietošana apledošanas novēršanai ir nozīmīgs faktors, kas negatīvi ietekmējis Holandes liepu fizioloģisko stāvokli Rīgas centrā, izraisot barošanās režīma traucējumus, būtiski sekmējot lapu nekrozes veidošanos un vainaga atmiršanu, pazeminot liepu ekoloģisko vērtību un ainaviskumu. Balstoties uz iegūtajiem rezultātiem, par kritisku līmeni, kas izraisa vizuāli novērojamus lapu bojājumus Holandes liepām, caurmērā atzīstama 0,18–0,24 % Na un 0,62–0,66 % Cl koncentrācija lapās.
4. Konstatēti būtiski traucējumi Ca, Mg, Mn uzņemšanā no augsnes, ko ietekmējusi neitrālā, viegli sārmainā augsnes reakcija un jonu antagonisms. Vizuāli Mg un Mn deficīts lapās novērojams, kad Mg koncentrācija nepārsniedz 0,19 %, bet Mn - 20 mg·kg<sup>-1</sup> no lapu sausās masas.
5. Zn, Cu, Fe un Pb koncentrācija lapās Holandes liepu vitalitāti būtiski neietekmē.
6. Izvērtējot sniega, augsnes un lapu komponentanalīzes rezultātus, konstatēts, ka liepu lapu ķīmiskais sastāvs vairāk atbilstošs augsnes nekā sniega paraugvietu grupējumiem, tā parādot augšņu īpašību ietekmi.
7. Konstatēta ļoti aktīva Na<sup>+</sup> un Cl<sup>-</sup> migrācija sistēmā „sniegs – augsne – augs”. Kopumā vērojama K, Ca, Mg jonu relatīvi laba migrācija sistēmā „sniegs – augsne”, turpretī „augzne – augs”, tāpat kā Zn, Cu, Fe un Pb gadījumā, ir kavēta, ko noteicis savstarpējais antagonisms starp Ca, Mg joniem no vienas puses, un Zn, Fe, Cu, Pb joniem no otras puses, kā arī neitrālā – viegli bāziskā augsnes reakcija.
8. Vainaga apgriešana daļēji pazeminājusi Na un Cl koncentrāciju koka biomasā, īslaicīgi (uz dažiem gadiem) samazinot koka stumbra gadskārtējo pieaugumu, bet vienlaicīgi paātrinot lapu fizioloģiskos procesus, kas, iespējams, veicinājis atmosfēras piesārņojuma uzņemšanu caur atvārsnītēm.

9. Ņemot vērā ielu apstādījumu ekoloģisko nozīmīgumu, to fizioloģiskā stāvokļa uzlabošanai nepieciešams:

- ✚ samazināt vai pārtraukt NaCl lietošanu ceļu uzturēšanai ziemas sezonā;
- ✚ veikt veco un sevišķi bojāto koku zaru regulāru apgriešanu, tā samazinot kaitīgo elementu ietekmi un uzlabojot palikušo virszemes daļu apgādi ar barības elementiem;
- ✚ izdarīt augsnes virskārtas nomaiņu pavasarī, sniega klājenam nokūstot, lai samazinātu  $\text{Na}^+$  un  $\text{Cl}^-$  koncentrāciju augsnē un šo elementu jonu uzņemšanu no augsnes, bet jaunajiem stādījumiem veikt pilnīgu augsnes nomaiņu;
- ✚ paaugstināt koku apdobju augstumu, lai samazinātu sāls nokļūšanu tajās;
- ✚ veikt augsnes paskābināšanu, lai nodrošinātu liepām optimālu augsnes reakciju un augiem uzņemamu Mn formu veidošanos;
- ✚ nodrošināt uz augšņu un lapu analīzēm balstītu optimālu augu minerālo barošanu.

## LITERATŪRA

- Aasamaa, K., Söber, A., Rahi, M. 2001.** Leaf anatomical characteristics associated with shoot hydraulic conductance, stomatal conductance and stomatal sensitivity to changes of leaf water status in temperate deciduous trees. *Australian Journal of Plant Physiology*, 28: 765-774.
- Allen, S. E., Grimshaw, M. H., Parkinson, J. A., Quarmby, C. 1974.** Chemical analysis of ecological materials. Oxford, Blackwell Scientific Publications.
- Appleton, B., Koci, J., Lesyan, M., Harris, R. 2003.** Mycorrhizal fungal inoculation of established street trees. *Journal of Arboriculture*, 29(2): 107-110.
- Balakina, J. N., Makarova, O. V., Bondarenko, V. V., Koudstaal, L. J., Ros, E. J., Koolen, A. J., van Loon, W. K. P., 2005.** Simulation of oxygen regime of tree substrates. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4: 23–35.
- Baycu, G., Tolunay, D., Özden, H., Günebakan, S. 2006.** Ecophysiological and seasonal variations in Cd, Pb, Zn, and Ni concentrations in the leaves of urban deciduous trees in Istanbul. *Environmental Pollution*, 143: 545-554.
- Bergmann, W. 1988.** Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- Bergmann, W., Neubert, P. 1976.** Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. VEB Gustav Fischer Verlag Jena.
- Bityukova, L., Shogenova, A., Birke, M. 2000.** Urban Geochemistry: a study of element distributions in the soil of Tallin (Estonia). *Environmental Geochemistry and Health*, 22: 173-193.
- Blomqvist, G., Johansson, E.L. 1999.** Air-borne spreading and deposition of deicing salt – a case study. *The Science of the Total Environment*, 235/1-3: 161-168.
- Botkin D. B., Keller, E. A. 1998.** Environmental Science. Second Ed. New York.
- Brod, H. G. 1993.** Langzeitwirkung von Streusalz auf die Umwelt. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen.
- Bryson, M. G., Barker A. V. 2002.** Sodium accumulation in soils and plants along Massachusetts roadsides. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (1,2): 67-78.
- Burg, J. 1989.** Salt damage to trees: physiological mechanisms and their detections. *Groenkontakt*, 89: 27-32.
- Chmielewski, W. 1996.** Long-term observations of tree phenology and chemical composition of leaves as indicators of the level of pollution of urban environment. Biological reactions of trees to industrial pollution, III Krajowe Sympozjum Kornik, 23-26 maja 1994. Materiały, tom 1: 211-218. (in polish)
- Christie, P., Li, X., Chen, B. 2004.** Arbuscular mycorrhiza translocation of zinc to shoots of host plants in soils moderately polluted with zinc. *Plant and Soil*, 261: 209-217.
- Craul, P. J. 1992.** Urban soil in landscape Design. John Wiley & Sons.

- Cregg, B. M. 1995.** Plant moisture stress of green ash trees in contrasting urban sites. *Journal of Arboriculture*, 2:271-276.
- Cregg, B. M., Dix, M. E. 2001.** Tree moisture stress and insect damage in urban areas in relation to heat island effects. *Journal of Arboriculture*, 27(1): 8-17.
- Czerniawska-Kusza, I., Kusza, G., Dużyński, M. 2004.** Effect of deicing salts on urban soils and health status of roadside trees in the Opole region. *Inc. Environmental Toxicology*, 19: 296-301.
- Czerwiński, Z. 1979.** Wpływ chemicznej technologii odsnieżania ulic na gleby i roślinność drzewiasta aglomeracji miejskich. Zeszyty Naukowe SGGW-AR, Rozprawy Naukowe.
- Čekstere, G., Osvalde, A., Karlsons, A., Nollendorfs, V., Paegle, G. 2005.** The effect of urban environment on the mineral nutrition status of street trees in Riga, the problems and possible solution. *Latvijas Universitātes Zinātniskie raksti. Zemes un vides zinātne*, 685: 7-20.
- Čekstere, G., Osvalde, A., Melecis, V., Nollendorfs, V., Nikodemus, O., Kabuce, N. 2004.** Rīgas centra rajona ielu apstādījumu stāvoklis un tā optimizācija. Latvijas Universitātes 62. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne, Referātu tēzes. Rīga, 195-196.
- Čekstere, G. 2004.** Rīgas vēsturiskā centra apstādījumu struktūra un tās attīstības perspektīva. LU, ĢZZF. Bakalaura darbs.
- Čekstere, G., Nikodemus, O. 2005.** Rīgas vēsturiskā centra apstādījumu struktūras attīstība. Latvijas Universitātes 63. zinātniskā konference. Ģeogrāfija. Ģeoloģija. Vides zinātne: Referātu tēzes. Rīga.
- Čekstere, G., Osvalde, A. 2006.** Urban snow pollution as one of the factors affecting the status of street trees in Riga. *International conference EcoBalt'2006*, May 11-12, Riga, Thesis, 115-116.
- Davidson, A. 1998.** Summer in the city: NASA turns technology toward the earth to determine what exactly makes cities so hot. Atrodams: <http://www.metropolismag.com/new/content/tech/aug98sum.htm>; skatīts 20.03.2006.
- Dāvidsone, I. 1988.** Rīgas dārzi un parki. Rīga, Liesma.
- Davison, A. W. 1971.** The effects of de-icing salt on roadside verges. *Ecology*, 8: 555-561.
- Denny, H. 2002.** Plant mineral nutrition. *Plants (ed. I.Ridge)*. New York, Oxford University Press, 167-219.
- Denny, H. J., Wilkins, D. A. 1987.** Zinc tolerance in *Betula* spp. IV The mechanisms of ectomycorrhizal amelioration of zinc toxicity. *New Phytologist*, 106: 545-553.
- Dickison, W.C. 2000.** Integrative Plant Anatomy. Massachusetts, Academic Press.
- Dobbertin, M. 2005.** Tree growth as indicator of tree vitality and of tree reaction to environmental stress: a review. *European Journal of Forest Resources*, 124: 319-333.
- Dobson, M. C. 1991.** De-icing salt damage to trees and shrubs. Forestry Commission Bulletin 101, London, HMSO.

- Drew, M. C. 1997.** Oxygen deficiency and root metabolism: injury and acclimation under hypoxia and anoxia. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 48: 223–250.
- Dujesiefken, D., Rhaesa, A., Eckstein, D., Stobbe, H. 1999.** Tree wound reactions of differently treated boreholes. *Journal of Arboriculture*, 25: 113-123.
- Dujesiefken, D., Stobbe, H. 2002.** The Hamburg Tree Pruning System – A framework for pruning of individual trees. *Urban Forestry and Urban Greening*, 1(2): 75-82.
- Eckstein, D., Liese, W., Parameswaran, N. 1976.** On the structural changes in wood and bark of a salt damaged horse chestnut tree. *Holzforschung*, 30: 173-178.
- Eliasson, I. 2000.** The use of climate knowledge in urban planning. *Landscape and Urban Planning*, 48: 31-44.
- Francois, L. E., Clark, R. A. 1978.** Salt tolerance of ornamental shrubs, trees, and iceplant. *Journal of American Society Horticultural Science*, 103: 280-283.
- Fuhrer, J. 2000.** Introduction to the special issue on ozone risk analysis for vegetation in Europe. *Environmental Pollution*, 109: 359-360.
- Garbaye, J., Churin, J.L. 1996.** Effect of ectomycorrhizal inoculation at planting on growth and foliage quality of *Tilia tomentosa*. *Journal of Arboriculture*, 22: 29-34.
- Gerrard, J. 2000.** Fundamentals of soils. London.
- Gibbs, J. N., Burdekin, D. A. 1983.** De-icing salt and crown damage to London plane. *Arboricultural Journal*, 6: 227-237.
- Gibbs, J. N., Palmer, C. A. 1994.** A survey of damage to roadside trees in London caused by the application of de-icing salt during the 1990/1991 winter. *Arboricultural Journal*, 18: 321-343.
- Gilucis, A., Segliņš, V. 2003.** Latvijas ģeokīmijas atlants. Augšņu ģeokīmiskās kartes. Vides ministrija, Valsts Ģeoloģijas dienests (nepublicēts avots)
- Gravano, E., Bussoti, F., Strasser, R.J., Schaub, M., Novak, K., Skelly, J., Tani, C. 2004.** Ozone symptoms in leaves of woody plants in open-top chambers: ultrastructural and physiological characteristics. *Physiologia Plantarum*, 121(4): 620-633.
- Hanslin, H. M., Sębu, A., Bergersen, O. 2005.** Estimation of oxygen concentration in the soil gas phase beneath compost mulch by means of a simple method. *Urban Forestry and Urban Greening*, 4: 37–40.
- Harmens, H., Mills, G., Hayes, F., Williams, P., De Temmerman, L. and the participants of the ICP Vegetation 2005.** Air Pollution and Vegetation. ICP Vegetation Annual Report 2004/2005. ICP Vegetation Coordination Centre, Centre for Ecology and Hydrology Bangor, UK.
- Hartl, W., Erhart, E. 2002.** Effects of potassium carbonate as an alternative road de-icer to sodium chloride on soil chemical properties. *Annals of applied biology*, 140: 271-277.

- Hetrick, B. A. D., Wilson, G. W. T., Figg, D. A. H. 1994.** The influence of mycorrhizal symbiosis and fertilizer amendments on establishment of vegetation in heavy-metal mine spoil. *Environmental Pollution*, 86: 171-179.
- Hogg, E. G. Hart, M., Lieffers, V. J. 2002.** White tree rings formed in trembling aspen saplings following experimental defoliation. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(11): 1929-1934.
- Holmes, F. W. 1961.** Salt injury to trees. II. *Phytopathology*, 51, 712-718.
- Jackson, R. M., Walker, C., Luff, S., McEnvoy, C. 1995.** Inoculation and field testing of Sitka spruce and Douglas Fir with ectomycorrhizal fungi in the United Kingdom. *Mycorrhiza*, 5: 165-173.
- Jelisejevs, B. 2001.** Ķīmisko pretslīdes reaģentu salīdzinoša analīze. *RTU scientific proceedings*, 108-155.
- Jim, C. Y. 1998.** Physical and chemical properties of a Hong Kong roadside soil in relation to urban tree growth. *Urban Ecosystems*, 2: 171-181.
- Johannesen, M., Henriksen, A. 1978.** Chemistry of snow meltwater: changes in concentration during melting. *Water Resources*, 14 (4): 615 – 619.
- Jones, B., Tardif, J., Westwood, R. 2004.** Weekly xylem production in trembling aspen (*Populus tremuloides*) in responses to artificial defoliation. *Canadian Journal of Botany*, 82(5): 590-597.
- Jone, M. D., Hutchinson 1988a.** Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Scleroderma flavidum*. 1. Effects on growth, photosynthesis, respiration and transpiration. *New Phytologist*, 108: 451-459.
- Jone, M. D., Hutchinson 1988b.** Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Scleroderma flavidum*. 2. Uptake by nickel, calcium, magnesium, phosphorus and iron. *New Phytologist*, 108: 461-470.
- Jonhson, G. R., Sucoff, E. 2000.** Minimizing de-icing salt injury to trees. University of Minnesota, Extension Service. Atrodams: <http://www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/DD1412.html>; 21.11.2005.
- Kabata-Pendias, Pendias 1986.** Trace Elements in Soils and Plants. Florida, CRC Press Inc., Boca Raton.
- Kabuce, N. 2004.** Rīgas centra ielu malās augošo koku vitalitāte to ietekmējošie faktori. Bakalaura darbs, LU BF.
- Kalniņa, A. 1990.** Rīgas klimatiskā rajonēšana. *Latvijas ekoloģija 2*. LZA Bioloģijas institūts, Latvijas Informācijas centrs, Rīga, 21-35.
- Karlsson, P. E., Uddlong, J., Braun, S., Broadmeadow, M., Elvira, S., Gimeno, B.S., Le Thiec, D., Oksanen, E., Vandermeiren, K., Wilkinson, M., Emberson L. 2004.** New critical levels for ozone effects on young trees based on AOT40 and simulated cumulative leaf uptake of ozone. *Atmospheric Environment*, 38: 2283-2294.
- Ketcham, S., Fleege, J. 1996.** Manual of practice for an effective anti-icing program. Virginia, FHWA.
- Kleinberga, R. 1988.** Klimats. *Enciklopēdija Rīga*. Rīga, Galvenā enciklopēdiju redakcija, 24-27.

- Klepers, J. 2006.** Can you find the smog in Riga? *International conference EcoBalt'2006*, May 11-12, Riga, Thesis, 24-25.
- Kloke, A., Sauerbeck, D. C., Vetter, H. 1984.** The contamination of plants and soils with heavy metals and the transport of metals in terrestrial food chains. *Changing Metal Cycles and Human Health. Dahlem Konferenzen*, 113-141.
- Kļaviņš, M. 1991.** Vides ķīmija. Ķīmiskie procesi atmosfērā. LU.
- Kozłowski, T. T. 1999.** Soil compaction and growth of woody plants. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 14(6): 596-619.
- Kramer, P. J., Kozłowski, T. T. 1979.** *Physiology of Woody Plants*. New York, Academic Press.
- Kydar, M. M. 1981.** Salt tolerance of some tree and shrub species in urban plantations. *Soviet Journal of Ecology*, 11: 344-348.
- Laiviņš, M. 1998.** Latvijas boreālo priežu mežu sinantropizācija un eitifikācija. *Latvijas Veģetācija*, 1, 137.
- Lange, V., Mauriņš, A., Zvirgzds, A. 1978.** Dendroloģija. Rīga, Zvaigzne.
- Larcher, W. 2003.** *Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups*. Heideberg, Springer.
- Leh, H. O. 1973.** Investigations into the effects of the use of sodium chloride as a deicing material on Berlin's street trees. *Nashrichtenblatt Deutsche Pflanzenschutzd*, 25: 163-170.
- Leh, H. O. 1975.** The damage to street trees from salt used for thawing ice. *Deutsche Baumschule*, 27: 250-253.
- Leh, H. O. 1993.** Straßenbaumschäden: Ursachen, Auswirkungen, Gegenmaßnahmen. *Das Gartenamt*, 11: 746-749.
- Liepa, I. 1978a.** Biometrija. Rīga, Zvaigzne.
- Liepa, I. 1978b.** Matemātiskās metodes bioloģiskajos pētījumos. IV daļa. Faktoranalīzes un komponentanalīze. Rīga, P. Stučkas Latvijas Valsts universitāte.
- Linde, M., Bengtsson, H., Öborn, I. 2001.** Concentrations and pools of heavy metals in urban soils in Stockholm, Sweden. *Water, Air and Soil Pollution*, 1: 83-101.
- Mader, D. L., Cook, R. N. 1982.** Soil fertility. *Urban Forest Soils: A Reference Workbook*.
- Madrid, L., Az-Barrientos, D., Reinoso, E., Madrid, F. 2004.** Metals in urban soils of Sevilla: seasonal changes and relations with other soil components and plant contents. *European Journal of Soil Science*, 55: 209-217.
- Marschner, H. 1986.** *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press.
- Marschner, H. 1998.** *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Second Edition. Cambridge, Academic Press.
- Mauriņa, H. 1974.** Augu fizioloģija. Rīga, Zvaigzne.
- Mauriņa, H. 1987.** Augu fizioloģija. Rīga, Zvaigzne.
- McCune, B., Mefford, M. J. 1999.** PC-ORD. Multivariate analysis of ecological data, version 4. US, MjM Software Design.

- Meyer, F.H. 1978.** Lebensbedingungen der Straßenbäume. *Bäume in der Stadt. Ulmer Fachbuch Landschafts-und Grünplanung.* Stuttgart, Verlag Eugen Ulmer GmbH and Co, 83-121.
- Neuman, D. S., Wagner, M., Braatne, J. H., How, J. 1996.** Stress physiology – abiotic. *Biology of Populus.* Ottawa, NRC Research Press, 423-458.
- Newton, A. C. 1991.** Mineral nutrition and mycorrhizal infection of seedling Oak and Birch. Epidemiological aspects of ectomycorrhizal infection, and the relation to seedling growth. *New Phytologist*, 117: 53-60.
- Nielsen, J. S., Rasmussen, H. N. 1999.** Mycorrhizal status and morphotype diversity in *Tilia cordata* – A pilot study of nurseries and urban habitats. *Acta Horticulture*, 496: 451-459.
- Nikodemus, O., Zvirgzds, A., Cekule, M., Čekstere, G., Granta, D., Šveisberga, I. 2003.** Apstādījumi Rīgas vēsturiskajā centrā un to nozīme pilsētvides kvalitātes paaugstināšanā. *Rīgas vides ilmspējības profils.* Rīga, Rīgas vides centrs „Agenda 21”, 23-29.
- Novak, K., Skelly, J., Schaub, M., Kräuchi, N., Hug, C., Landolt, W., Bleuler, P. 2003.** Ozone air pollution and foliar injury development on native plants of Switzerland. *Environmental Pollution*, 125: 41-52.
- Nyangababo, J. T., Hamya, J. W. 1986.** The deposition of lead, cadmium, zinc and copper from motor traffic on *Brachiaria enimi* and soil along a major Bombo road in Kampala City. *International Journal of Environmental Studies*, 27, 115-119.
- Oberts, G. L., Marsalek, J., Viklander, M. 2000.** Review of water quality impact of winter operation of urban drainage. *Water Quality Research in Canada*, 35(4): 781–808.
- Orwig, D. A., Abrams, M. D. 1997.** Variation in radial growth responses to drought among species, site, and canopy strata. 11(8): 474-484.
- Ovalde, A., Čekstere, G. 2005.** Liepu un kastaņu minerālās barošanās nodrošinājums Rīgas ielu apstādījumos (The nutrient supply of street trees – lime and chestnut in Riga). *EcoBalt'2005.* Riga, Thesis, 85-86.
- Ozols A., Pētersons, E., Ripa A. 1971.** Augšanas apstākļu uzlabošana kokaugiem Rīgas pilsētas apstādījumos. *Daiļdārzniecība*, 8: 99-106.
- Page, A. L., Miller, R. H., Keeney, D. R. (ed.), 1982.** Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Wisconsin.
- Paludan-Müller, G., Saxe, H., Pedersen, L. B., Randrup, T. B. 2002.** Differences in salt sensitivity of four deciduous tree species to soil or airborne salt. *Physiologia Plantarum*, 114: 223–230.
- Park, C. 1997.** The Environment. London: Routledge.
- Pārpuce, R. 2001.** Kvartāls starp Brīvības, Tērbatas un Elizabetes ielu – no dedzināšanas līdz mūsdienām. *Dabas un vēstures kalendārs 2001.* Rīga, Zinātne, 138-144.
- Passioura, J. B., Condon, A. G., Richards, R. A. 1993.** Water deficits, the development of leaf area and crop productivity. *Water deficits.* Oxford, BIOS Scientific Publishers, 253-264.



- Pauleit, S. 2003.** Urban street tree plantings: identifying the key requirements. Proceedings of the Institution of Civil Engineers. *Municipal Engineer*, 156: 45-50.
- Pauleit, S., Jones, N., Garcia-Martin, G., Garcia-Valdecanos, J.L., Rievere, L.M., Vidal-Beaudet, L., Bodson, M., Randrup, T.B. 2002.** Tree establishment practice in towns and cities – Results from a European survey. *Urban Forestry and Urban Greening*, 1: 83-96.
- Pedersen, L. B., Raundrup, T. B., Ingerslev, B. 2000.** Effects of Road Distance and Protective Measures on Deicing Salt. *Journal of Arboriculture*, 26(5): 238-245.
- Piczak, K., Leśniewicz, A., Żyrnicki, W. 2003.** Metal concentrations in deciduous tree leaves from urban areas in Poland. *Environmental Monitoring and Assessment*, 86: 273-287.
- Pūka, T., Cinovskis R., Bice, M., Ieviņa, S. 1988.** Rīgas sabiedriskie apstādījumi (īsa vēsture; koki, krūmi, ziemcietes). Rīga, Zinātne.
- Pūka, T. 2001.** Kā veidojušies Rīgas centra ielu un bulvāru stādījumi. *Tava labākā grāmata par Latviju*. 4. Rīga, Aplis, 213-215.
- Ramakrishna, D. M., Viraraghavan, T. 2005.** Environmental impact of chemical deicers – a review. *Water, Air, and Soil Pollution*, 166: 49–63.
- Reinosdotter, K., Viklander, M., 2005.** A comparison of the contamination of snow in two Swedish municipalities – Luleå and Sundsvall. *Water, Air and Soil Pollution*, 167: 3-16.
- Riņķis, G. 1995.** *Augu barošanās diagnostika*. Jelgava, LLU.
- Riņķis, G., Ramane, H. 1989.** Kā barojas augi. Rīga, Avots.
- Ripa, A. 1967.** Vārāmā sāls – kokaugu nāve. *Dārzs un Drava*. Rīga, 1: 19-20.
- Ripa, A., Pētersons, E. 1968.** Kopsim un saglabāsim pilsētu kokaugu stādījumus. *Dārzs un Drava*, 10., 11: 20-22 un 19-21.
- Rowell, D. L. 1997.** Soil science. Methods and applications. Harlow.
- Ruge, U. 1978.** Physiologische Schäden durch Umweltfaktoren. *Bäume in der Stadt. Ulmer Fachbuch Landschafts-und Grünplanung*. Stuttgart, verlag Eugen Ulmer GmbH and Co, 12-66.
- Ruiz-Lozano, J. M., Azcón, R., Gómez, M. 1996.** Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal *Glomus* species in *Lactuca sativa* plants. *Physiology Plantarum*, 98: 767-722.
- Rupais, A. 1989.** Holandes liepa pilsētā. Rīga, Zinātne.
- Rupais, A., Kalniņa, V. 1979.** Krāšņumaugu aizsardzības rokasgrāmata. Rīga, Liesma.
- Saito, I., Ishihara, O., Katayama, T. 1990/91.** Study of effect of green areas on the thermal environment in an urban areas. *Energy and buildings*, 15-16, 493-498.
- Sandermann, H. Jr. 1996.** Ozone and Plant Health. *Annual Review of Phytopathology*, 34: 347-366.
- Sandermann, H., Wellburn, A. R., Heath, R. L. 1997.** Forest Decline and Ozone. *Comparison of Controlled Chamber and Field Experiments*. Berlin, Springer.

- Sansalone, J. J., Glenn, D. W. 2002.** Accretion of Pollutants in Snow Exposed to Urban Traffic and Winter Storm Maintenance Activities. I. *Journal of Environmental Engineering*, 128(2): 151-166.
- Schaub, M., Kräuchi, N., Skelly, J., Novak, K., Hug, C., Bleuler, P., Ferdinand, J., Bussotti, F. 2001.** Ozone air pollution and effects to native plants in Switzerland. Second Year Report to the Swiss Agency for the Environment, Forests and Landscape (SAEFL), Switzerland.
- Schaub, M., Novak, K., Skelly, J., Kräuchi, N., Hug, C., Landolt, W., Bleuler, P. 2002.** BUWAL Final Report 2000-2002. Ozone Air Pollution and Effects to native Plants in Switzerland. WSL publication.
- Schweingruber, F. H. 1996.** Tree rings and environment. *Dendroecology*. Bunde, Haupt.
- Scott, K. I., McPherson, E. G., Simpson, J. R. 1998.** Air pollutant uptake by Sacramento's urban forest. *Journal of Arboriculture*, 24: 224-234.
- Shigo, A. L. 1984.** Compartmentalization: a conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Annual Review of Phytopathology*, 22:189-214.
- Skelly, J. M., Innes, J. L., Savage, J. E., Snyder, K. R., VanderHeyden, D. J., Zhang, J. 2000.** Observation and confirmation of foliar ozone symptoms of native plant species of Switzerland and Southern Spain. *Water, Air and Soil Pollution*, 116: 227-234.
- Smith, W. 1990.** Air Pollution and Forests. New York.
- Somsak, I., Simurdova, B., Liptak, J., Kromka, M., Antoni, J. 2000.** Accumulation of heavy metals by some forest tree species (*Tilia cordata* mill., *Acer pseudoplatanus* L.). *Ekologia (Bratislava)*, 19: 324-330.
- Spollen, W. G., Sharp, R. E., Saab, I. N., Wu, Y. 1993.** Regulation of cell expansion in roots and shoots at low water potentials. *Water deficits*. Oxford, BIOS Scientific Publishers, 37-52.
- Street Trees for New York City. 2006.** City of New York parks and Recreation. Central Forestry. Atrodams: [http://nycgoparks.org/sub\\_your\\_park/trees\\_greenstreets/images/street\\_trees\\_for\\_nyc.pdf](http://nycgoparks.org/sub_your_park/trees_greenstreets/images/street_trees_for_nyc.pdf); skatīts 10.03.2006.
- Suuff, E. 1975.** Effects of deicing salts on woody plants along Minnesota roads. Minnesota Agricultural Experimental Station Technical Bulletin 303.
- Suplat, S. 1996.** Disturbances in tree leaf development as a reaction to an elevated chlorine content of tissues. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. III Krajowe Sympozjum Kornik, 23-26 maja 1994. Materiały, tom 2: 560-567.
- Taiz, L., Zeiger, E. 2002.** Plant physiology. Sunderland (MA), Sinauer Associates.
- Takagi, M., Sasaki, S., Gyokusen, K., Saito, A. 1997.** Stemflow chemistry of urban street trees. *Environmental Pollution*, 1: 107-109.
- Tenhunen, T. D., Matzner, E., Heindl, B., Chibo, Y., Manderscheid, B. 2001.** Assessing environmental influences on ecological function of a spruce forest catchment in the Fichtelgebirge. *Ecosystem approaches to landscape management in the Central Europe*. Berlin, 357-376.

- Terho, M., Hallaksela, A.M. 2005.** Potential hazard characteristics of *Tilia*, *Betula*, and *Acer* trees removed in the Helsinki City Area during 2001–2003. *Urban Forestry and Urban Greening*, 3: 113–120.
- Tsang, A., Maun, M.A. 1999.** Mycorrhizal fungi increase salt tolerance of *Strophostyles helvola* in coastal foredunes. *Plant Ecology*, 144: 159-166.
- Tsikritzis, L. I., Ganatsios, S. S., Duliu, O. D., Sawidis, T. D. 2002.** Heavy metals distributions in some lichens, mosses, and trees in the vicinity of lignite power plants from west Macedonia, Greece. *Journal of trace and microbe techniques*, 20(3): 395-413.
- Turtola, S. 2005.** The effects of drought stress and enhanced UV-B radiation on the growth and secondary chemistry of boreal conifer and willow seedlings. PhD Dissertations in Biology Nr.39, Joensuu.
- Upmanis, H., Eliasson, I., Lindqvist, S. 1998.** The influence of green areas on nocturnal temperature in a high latitude city (Göteborg, Sweden). *International Journal of Climatology*, 18: 681-700.
- VanderHeyden, D., Skelly, J., Innes, J., Hug, C., Zhang, J., Landolt, W., Bleuler, P. 2001.** Ozone exposure thresholds and foliar injury on forest plants in Switzerland. *Environmental Pollution*, 111: 321-331.
- Viklander, M. 1999.** Substances in urban snow. A comparison of the contamination of snow in different parts of the city of Luleå, Sweden. *Water, Air and Soil Pollution*, 114: 377-394.
- Viklander, M. 1998.** Snow quality in the city of Luleå, Sweden – time – variation of lead, zinc, copper and phosphorus. *The Science of the Total Environment*, 216: 103-112.
- Wałęza, W., Zaráś-Januszkiewicz, E. M., Pomarkiewicz, K. 2002.** The application of the lime trees as street-trees in city conditions on example Aleje Ujazdowskie in Warsaw. *Annals of Warsaw Agricultural University-SGGW, Horticulture, Landscape Architecture*, 23: 65-78.
- Wallin, G., Karlsson, P. E., Selldén, G., Ottosson, S., Medin, E. L., Pleijel, H., Skärby, L. 2002.** Impact of four years exposure to different levels of ozone, phosphorus and drought on chlorophyll, mineral nutrients, and stem volume of Norway spruce, *Picea abies*. *Physiologia Plantarum*, 114 (2): 192-206.
- Weissenhorn, I. 2002.** Mycorrhiza and Salt Tolerance of Trees. EU-project MYCOREM (QLK3-1999-00097). The Use of Mycorrhizal Fungi in Phytoremediation Projects. Final Report of Partner 9. January 2000 - December 2002. Atrodams: <http://www.coriza.nl/download/MycoremReport.pdf>; skatīts 18.10.2005.
- Whitlow, T. H., Bassuk, N. L., Reichert, D. L. 1992.** A 3-year study of water relations of urban street trees. *Journal of Applied Ecology*, 29: 436-450.
- Wilson, J.S., Harrell, M.O. 2001.** Environmental Stresses and Tree Health. The Board of Regents of the University of Nebraska on behalf of the University of Nebraska-Lincoln Extension. Atrodams: <http://www.ianrpubs.unl.edu/epublic/pages/publicationD.jsp?publicationId=27>; skatīts 15.03.2006.

- Zeidaks, A. 1932.** Pilsētas atklātie dārzi un apstādījumi. *Rīga kā Latvijas galvaspilsēta*. Rakstu krājums Latvijas Republikas 10 gadu pastāvēšanas atcerei. Rīgas pilsētas valdes izdevums. T. Liventāla un V. Sadovska redakcija, 475-484.
- Zekunda, A., Bičevska, I., Keidāne, D., Spricis, A. 2006.** Characteristics of pollution of snow precipitation in Riga. *EcoBalt'2006, May 11-12*, Riga, Poster presentation.
- Zvirgzds, A. 1986.** Koks pilsētā. Rīga, Zinātne.
- Битюцкий, Н.П. 2005.** Необходимые микроэлементы растений. СанктПетербург, ДЕАН.
- Василенко, В. Н., Назаров, И. М., Фридман, Ш. Д. 1985.** Мониторинг загрязнения снежного покрова. Ленинград, Гидрометеиздат.
- Владимиров, В. В., Микулина, Е. М., Яргина, З. Н. 1986.** Город и ландшафт. Москва, Мысль.
- Горышина, Т. К. 1979.** Экология растений. Москва.
- Двораковский, Д. 1983.** Экология растений. Москва.
- Кабата-Пендиас, А., Пендиас, Х. 1989.** Микроэлементы в почвах и растениях. Москва, Мир.
- Капаклис, А. 1952.** Рижские городские сады и парки. Рига, Латвийское государственное издательство.
- Кошелева, Н. Е., Макарова, М. Г., Новикова, О. В. 2005.** Тяжелые металлы в лисьях древесных пород городских ландшафтов. *Вестник Московского Университета. Сер. 5. География*, 3: 74-81.
- Кузнецов, В. В., Дмитриева, Г. А. 2005.** Физиология растений. Москва, Высшая школа.
- Мауринь, А. М., Раман, К. К. 1988.** Окружающая среда крупного города. Ленинград, Наука.
- Никодемус, О., Раман, К., Шарковский, П. 1986.** Влияние обрезки кроны липы на ее хемотолерантность. *Экологические и физиологические аспекты антропоустойчивости растений*, Таллин, 110-111.
- Новиков, Ю. В. 2005.** Экология, окружающая среда и человек. Москва, ФАИР-ПРЕСС.
- Полевой, В. В. 1989.** Физиология растений. Москва, Высшая школа.
- Разработка технологии и сохранения зелёных насаждений в условиях загрязнения окружающей среды г. Москвы. 1998.** Москва, Договор N 119/97 от 20 июня. Институт физиологии растений им. К.А. Тимирязева.
- Ринькис, Г. Я., Рамане, Х. К., Куницкая, Т. А. 1987.** Методы анализа почв и растений. Рига, Зинатне.
- Шевякова, Н., Кузнецов, Д. 2000.** Причины и механизмы гибели зелёных насаждений при действии техногенных факторов городской среды и создание стресс-устойчивых фитоценозов. *Лесной вестник*, 6(15): 25-33.

**1. pielikums. Rīgas centra pirmās pastāvīgās sniega kārtas ūdens (26.11.2004., 4.12.2004.) ķīmiskais sastāvs**

Appendix 1. Chemical composition of the first snow sheet in the central part of Riga (26.11.2004., 4.12.2004.)

Paraug-Vieta Site	26.11.2004.							04.12.2004.						
	pH	EC, mS·cm <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>					pH	EC, mS·cm <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>				
			Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>			Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
V1	6,60	0,03	5,44	1,91	0,45	0,93	0,27	5,44	0,02	1,40	0,70	1,00	2,40	0,48
V2	6,69	0,03	5,81	1,83	0,44	0,94	0,27	5,69	0,02	1,20	0,70	0,90	2,60	0,52
V3	6,44	0,04	6,02	2,04	0,44	0,90	0,29	5,72	0,03	1,50	0,80	0,70	2,60	0,54
H1.1	7,64	9,02	3180,13	1796,00	4,64	27,14	2,77	7,00	0,10	12,40	7,80	0,90	7,20	1,42
H1.2	7,48	3,30	1033,79	639,00	4,40	19,06	3,22	7,08	0,18	43,80	35,10	1,20	9,40	0,82
H 1.3	7,56	4,52	1228,00	832,00	4,40	22,32	3,10	7,08	0,19	39,00	31,30	1,00	9,20	0,90
H2.1	7,40	1,96	598,73	372,00	2,17	11,81	1,42	6,54	0,06	5,00	3,50	0,30	7,20	0,67
H 2.2	7,49	2,10	640,56	443,00	4,22	15,54	1,80	6,60	0,06	5,80	3,90	0,60	7,60	0,70
H2.3	7,52	2,06	629,60	422,00	3,53	13,85	1,32	6,64	0,06	6,00	3,90	0,40	7,80	0,70
E1	7,35	3,96	1282,67	765,00	4,10	14,88	1,58	6,52	0,08	10,40	6,40	1,00	7,20	0,76
E2	7,17	6,63	2181,40	1303,00	3,49	14,18	1,35	6,44	0,13	28,60	18,00	0,40	6,00	0,50
E3	6,95	0,44	214,80	115,00	0,87	4,28	0,74	6,68	0,06	7,20	4,60	0,30	7,00	0,58
E4	7,46	11,02	3385,29	2195,00	5,11	23,88	1,71	6,52	0,20	52,40	34,10	2,80	6,60	1,06
E5	6,90	0,42	200,22	101,00	0,80	4,60	0,77	6,25	0,07	7,00	4,00	0,40	8,20	0,72
K1	7,46	1,92	624,29	370,00	2,18	12,98	1,59	6,12	0,06	2,00	4,10	0,80	5,80	0,68
K2	7,34	0,45	447,11	272,00	1,79	14,53	1,48	6,85	0,16	34,00	21,00	0,80	10,40	0,90
K3	7,52	0,84	197,55	131,00	2,20	12,29	1,62	6,06	0,06	7,40	5,10	0,50	5,20	0,62
S1.1	7,61	4,22	1285,22	881,00	31,88	16,11	1,80	6,67	0,09	15,00	10,20	1,10	8,30	0,67
S1.2	7,58	4,06	1165,63	789,00	26,99	15,32	1,60	6,56	0,08	11,00	6,80	1,00	8,20	0,58
S1.3	7,05	2,18	767,87	418,00	10,93	13,98	1,24	6,52	0,07	6,40	4,20	0,80	7,00	0,84
S2.1	7,44	1,85	563,68	357,00	1,83	14,64	1,39	6,77	0,07	1,80	4,00	0,60	9,60	0,76
S2.2	7,55	7,02	2675,20	1555,00	4,42	30,55	3,50	6,73	0,09	10,40	7,00	0,70	9,60	0,80
S2.3	7,39	5,92	1487,40	1170,00	5,79	21,46	2,46	6,42	0,08	2,40	3,40	0,70	10,40	0,92
S2.4	7,57	7,72	2557,93	1504,00	4,53	30,51	3,50	6,49	0,08	9,00	4,90	0,60	9,40	0,90
B1.1	7,42	0,32	121,22	85,00	1,94	20,20	1,74	5,51	0,03	1,42	1,90	0,60	3,20	0,54
B1.2	7,10	0,24	58,11	40,00	1,49	6,70	0,89	5,42	0,02	1,05	1,40	0,40	2,40	0,46
B1.3	7,15	0,27	65,92	43,00	1,51	6,73	0,87	5,43	0,02	1,00	1,50	0,30	2,40	0,46
B2.1	7,73	3,38	952,00	554,00	5,30	29,37	2,63	6,11	0,14	22,30	15,20	1,00	6,30	0,87
B2.2	7,59	3,25	709,00	479,00	4,20	36,33	3,49	5,77	0,09	15,40	10,10	0,80	4,60	0,71
B2.3	7,56	3,21	692,24	426,00	4,50	26,11	2,40	5,95	0,11	17,90	12,80	0,80	5,70	0,73

**2. pielikums. Rīgas centra otrās pastāvīgās sniega kārtas ūdens (28.12.2004.) ķīmiskais sastāvs**

Appendix 2. Chemical composition of the second snow sheet in the central part of Riga (28.12.2004.)

Paraugvieta Site	pH	EC, mS·cm <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>				
			Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
V1	6,35	0,04	1,60	4,00	1,40	2,90	0,74
V2	6,34	0,04	1,58	3,90	1,40	3,10	0,75
V3	6,37	0,05	1,65	4,30	1,22	4,30	1,02
H1.1	7,81	0,63	140,00	96,00	1,40	20,70	1,86
H1.2	7,72	0,35	46,00	38,00	3,40	25,70	4,26
H 1.3	7,77	0,69	121,22	81,30	1,40	22,10	3,77
H2.1	7,50	0,47	54,00	48,00	3,40	26,70	4,66
H 2.2	7,51	0,63	140,44	82,00	2,40	23,50	3,22
H2.3	7,58	0,75	156,00	99,00	2,60	23,70	2,46
E1	7,20	0,12	8,00	5,50	1,00	11,50	1,04
E2	7,30	0,13	8,80	5,70	0,60	10,70	1,06
E3	7,20	0,09	2,00	2,20	0,50	10,30	0,92
E4	7,25	0,46	90,00	60,00	1,30	17,30	1,50
E5	7,22	0,32	52,00	32,00	1,00	13,30	1,10
K1	7,39	0,27	14,90	13,10	2,50	24,70	3,46
K2	7,37	0,26	15,01	12,90	2,30	24,20	3,33
K3	7,42	0,25	20,00	13,60	1,40	22,70	1,60
S1.1	7,69	0,31	17,75	15,20	2,50	26,70	4,06
S1.2	6,92	0,09	1,80	1,80	0,50	8,30	1,56
S1.3	7,24	0,20	16,40	11,50	2,10	14,90	1,68
S2.1	7,32	0,18	13,60	9,20	0,70	19,10	1,22
S2.2	7,40	0,25	3,20	4,30	1,70	24,70	3,06
S2.3	7,43	0,31	19,20	12,50	1,70	24,80	3,15
S2.4	7,42	0,28	7,20	5,10	1,90	25,10	3,20
B1.1	7,30	0,47	72,22	64,00	2,60	12,50	1,64
B1.2	6,96	0,18	31,20	19,00	2,00	6,10	1,58
B1.3	6,72	0,31	64,00	44,00	3,50	4,70	1,42
B2.1	7,30	0,76	180,00	117,00	1,50	20,50	1,84
B2.2	7,33	0,77	182,50	110,00	1,40	22,20	1,80
B2.3	7,48	0,80	200,00	123,00	1,60	22,80	1,86

**3. pielikums. Rīgas centra trešās pastāvīgās sniega kārtas ūdens (11.02.2005., 22.03.2005.) ķīmiskais sastāvs**  
Appendix 3. Chemical composition of the third snow sheet in the central part of Riga (11.02.2005., 22.03.2005.)

Paraug- Vieta Site	11.02.2005.							22.03.2005.						
	pH	EC, mS·cm <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>				pH	EC, mS·cm <sup>-1</sup>	mg·l <sup>-1</sup>					
			Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>			Mg <sup>2+</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>
V1	6,25	0,07	7,50	4,00	0,80	6,70	1,29	5,80	0,07	9,30	5,10	2,40	4,20	1,00
V2	6,21	0,07	7,50	3,00	0,90	6,60	1,25	5,81	0,08	9,20	5,30	2,20	4,60	1,02
V3	6,29	0,09	8,30	5,20	1,10	7,70	1,51	5,84	0,08	10,90	6,40	2,00	5,00	1,06
H1.1	7,74	1,42	365,00	243,00	7,50	48,70	6,09	7,29	0,31	44,50	29,10	1,90	23,80	3,26
H1.2	7,51	0,94	225,00	134,00	2,90	48,70	3,29	7,14	0,15	13,60	8,80	1,20	20,80	2,66
H 1.3	7,54	1,11	278,00	182,00	4,30	50,10	3,11	7,10	0,19	29,20	16,90	1,30	19,10	2,10
H2.1	7,36	1,84	536,00	340,00	3,40	50,70	4,49	6,96	1,00	277,50	165,00	2,30	20,80	3,16
H 2.2	7,30	1,80	502,00	319,00	3,10	49,22	4,11	7,10	2,29	622,00	399,00	4,20	25,30	4,22
H2.3	7,34	1,26	353,00	206,00	2,40	44,70	2,69	7,14	3,14	735,00	510,00	5,00	26,80	4,86
E1	7,53	2,98	855,00	511,00	4,60	48,70	3,29	7,11	1,66	550,00	400,00	4,40	21,80	2,56
E2	7,40	1,25	368,00	226,00	1,90	42,70	1,55	7,03	0,76	207,50	123,00	2,20	16,80	2,26
E3	7,43	1,74	560,00	351,00	2,20	42,70	1,61	7,12	0,90	267,50	157,00	1,60	17,80	1,96
E4	7,35	0,82	218,00	124,00	1,60	15,30	1,39	7,34	3,45	850,00	580,00	3,70	20,80	2,76
E5	7,37	0,67	160,00	90,00	2,20	44,70	2,09	6,90	0,58	152,00	94,00	1,80	15,80	2,36
K1	7,52	3,33	965,00	591,00	5,10	56,70	4,89	7,42	0,93	265,00	173,00	2,60	18,80	3,06
K2	7,57	3,00	870,00	531,00	5,20	56,70	5,49	7,20	0,69	185,00	112,00	1,90	19,80	2,76
K3	7,69	1,53	495,00	271,00	3,80	52,70	4,69	7,23	0,96	265,00	169,00	2,40	19,80	2,96
S1.1	7,46	1,66	500,00	291,00	8,70	19,70	3,69	7,26	1,12	350,00	204,00	2,20	19,80	2,66
S1.2	7,50	0,62	93,75	51,00	2,60	8,50	2,29	7,28	0,60	153,00	94,00	4,60	17,80	2,76
S1.3	7,60	1,73	537,50	330,00	24,00	15,10	3,09	7,35	0,53	121,00	76,00	3,30	20,80	2,76
S2.1	7,68	1,04	295,00	173,00	3,90	50,70	3,09	7,26	1,15	357,50	214,00	3,40	20,80	2,66
S2.2	7,49	3,81	675,00	711,00	13,00	48,70	8,29	7,18	0,92	263,00	163,00	1,70	19,80	2,56
S2.3	7,41	1,30	375,00	211,00	4,30	48,70	4,09	7,04	0,87	251,00	149,00	4,30	19,80	2,66
S2.4	7,43	1,52	435,00	250,00	5,80	48,70	4,49	7,01	0,58	130,00	81,00	10,30	18,80	2,96
B1.1	7,79	2,26	400,00	264,00	5,40	52,70	5,49	7,16	0,47	103,00	64,00	4,80	20,80	3,26
B1.2	7,51	1,06	287,50	162,00	3,20	48,70	4,69	7,00	0,16	22,60	17,00	1,00	18,80	2,56
B1.3	7,56	0,83	118,75	57,00	30,10	13,90	2,69	7,02	0,18	51,60	34,00	1,60	19,80	2,86
B2.1	7,36	0,29	52,50	33,00	2,50	22,10	2,49	7,14	0,44	105,00	63,00	2,30	19,80	3,36
B2.2	7,41	0,31	90,11	48,00	2,60	31,20	4,01	7,19	0,51	120,00	74,00	3,10	21,20	3,91
B2.3	7,34	0,57	115,00	70,00	4,00	50,70	4,09	7,14	0,27	55,60	35,00	1,70	19,80	3,36

**4. pielikums. Ķīmisko elementu koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pH un elektrovadītspēja (EC) Rīgas centra augšņu paraugos (30.03.2005.)**  
Appendix 4. Concentration of chemical elements ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pH and electrical conductivity (EC) in soil samples of the central part of Riga (30.03.2005.)

Paraug- vieta Site	pH <sub>KCl</sub>	EC, $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$	Cl <sup>-</sup>	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Pb	Mn
V1	6,56	0,62	6,22	28,59	385,38	6852,93	2020,14	1951,77	17,40	62,16	43,51	292,14
V2	6,28	0,69	5,13	29,77	369,61	6943,02	1796,71	1822,38	17,97	71,87	54,93	225,87
V3	6,57	0,69	6,52	30,99	326,23	8427,58	2446,72	1919,31	22,84	108,74	81,56	271,86
H1.1	7,24	2,29	124,21	1006,13	169,76	20702,22	8280,89	1536,10	40,16	285,69	67,90	157,34
H1.2	7,31	5,00	744,86	1568,14	258,74	14701,27	5978,52	1689,67	35,28	360,67	77,23	243,06
H 1.3	7,29	2,46	209,46	1316,80	96,26	15401,20	6353,00	1343,75	30,80	215,62	63,53	180,96
H2.1	7,52	1,48	93,37	489,82	172,20	23917,04	8897,14	1534,52	37,88	99,49	35,97	99,49
H 2.2	7,63	1,33	110,81	402,25	212,51	26491,35	9031,57	1684,88	38,33	94,87	37,19	117,64
H2.3	7,66	0,88	29,87	365,94	168,04	27072,44	10268,86	1534,73	37,71	93,35	37,34	123,23
E1	7,35	1,88	102,15	1139,40	196,45	13849,60	4223,64	1398,71	23,57	176,80	93,51	235,74
E2	6,87	1,45	195,20	1015,03	278,16	10979,89	3049,97	1185,83	16,59	117,12	58,07	151,28
E3	6,96	0,92	26,16	654,11	196,23	13627,25	4360,72	1181,75	23,98	161,35	82,42	143,90
E4	6,63	1,10	96,63	1442,94	280,75	16322,80	5060,07	1769,39	23,50	176,29	77,04	104,47
E5	6,81	2,27	68,49	954,01	305,77	21404,11	5809,69	1834,64	26,91	550,39	75,22	177,35
K1	7,67	0,92	79,64	283,93	124,65	19909,97	7704,29	1159,97	53,67	93,49	53,67	103,88
K2	7,52	1,08	45,51	552,07	138,02	23313,94	8952,55	1305,58	63,41	126,83	58,56	119,37
K3	7,26	1,94	204,66	742,33	171,95	17824,19	7024,83	1337,86	92,27	88,07	55,78	92,27
S1.1	7,61	2,55	108,79	1450,59	145,06	10766,09	3059,84	897,55	14,05	54,40	39,89	63,46
S1.2	6,74	1,75	98,80	1041,26	164,66	8717,55	2179,39	837,85	9,69	58,12	41,17	40,68
S1.3	6,94	1,66	111,57	1040,09	141,83	7682,49	1891,07	817,89	8,04	56,73	39,71	35,46
S2.1	7,64	2,12	248,40	603,26	138,40	26614,62	7984,39	1337,83	36,55	283,89	53,23	124,20
S2.2	7,50	1,20	55,80	226,70	111,61	21013,53	5580,36	798,69	23,37	181,36	40,11	80,22
S2.3	7,23	5,33	340,26	527,33	127,02	22228,64	6254,81	839,11	25,79	184,76	43,88	92,38
S2.4	7,28	1,75	68,26	731,95	125,15	14316,60	4456,16	1259,10	22,38	109,98	38,30	87,23
B1.1	6,79	1,63	115,13	279,61	328,95	12037,42	3700,66	2471,22	55,10	78,13	41,12	148,03
B1.2	6,56	1,95	71,79	158,12	329,06	9732,91	2777,78	1794,87	59,40	47,01	29,06	106,84
B1.3	6,28	1,17	60,46	132,25	316,46	8395,52	1889,29	1936,52	72,27	42,04	28,81	108,63
B2.1	7,08	1,27	51,40	689,25	171,34	8674,07	3017,91	2024,92	22,59	42,83	19,08	194,70
B2.2	6,91	1,11	58,70	582,91	146,75	8336,05	3110,22	1866,95	18,75	40,76	20,38	187,51
B2.3	6,87	0,776	33,12	442,95	157,31	6944,44	2173,37	1697,30	18,2149	40,16	23,18	186,29



**5. pielikums. Ķīmisko elementu koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pH un elektrovadītspēja (EC) Rīgas centra augšņu paraugos (06.06.2005.)**  
Appendix 5. Concentration of chemical elements ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pH and electrical conductivity (EC) in soil samples of the central part of Riga (06.06.2005.)

Parauga- vieta Site	pH <sub>KCl</sub>	EC, mS·cm <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Pb	Mn
V1	6,56	0,60	4,64	24,59	162,37	4882,63	1739,65	1401,00	12,53	42,68	33,87	269,07
V2	6,31	0,58	4,97	26,32	228,40	6839,62	2110,23	1469,71	17,38	69,51	62,56	223,44
V3	6,64	0,54	5,92	31,08	187,45	8398,28	2959,75	1415,75	21,70	103,59	90,27	261,44
H1.1	7,21	2,93	378,15	1092,44	138,66	14810,92	5882,35	1810,92	32,77	260,50	74,37	142,86
H1.2	6,96	2,63	466,03	840,59	130,66	8721,69	3266,55	1655,05	28,75	304,88	64,46	178,57
H 1.3	7,18	2,79	432,88	1037,20	128,58	12249,27	5130,29	1718,67	25,29	291,45	71,58	167,15
H2.1	7,16	1,41	24,61	516,73	159,94	16506,73	6254,10	1140,09	27,48	90,22	56,59	114,83
H 2.2	7,28	1,16	17,43	356,58	142,63	16600,63	6335,18	1125,20	27,73	87,16	47,54	118,86
H2.3	7,31	1,09	3,90	319,41	132,44	16652,38	6816,77	1153,01	26,88	70,12	43,63	132,44
E1	6,94	1,33	22,82	930,31	144,81	8568,11	2632,96	978,59	17,55	114,10	78,11	144,81
E2	6,79	0,88	13,94	388,37	169,29	10841,96	2987,45	1005,78	16,43	124,48	74,69	109,54
E3	6,71	0,76	5,39	462,96	121,36	9787,40	3033,98	1033,80	17,08	134,84	75,51	148,33
E4	6,32	1,22	26,47	1091,75	137,85	8008,93	2619,10	1295,77	12,68	93,74	58,45	143,36
E5	6,91	1,11	5,77	211,58	115,41	12153,78	3606,46	1211,77	13,46	158,68	53,38	163,49
K1	7,60	0,48	3,40	81,51	71,32	13670,02	4924,60	821,90	39,40	88,30	49,93	74,72
K2	7,47	0,74	4,15	152,25	83,04	11332,18	3979,24	878,89	47,40	89,97	57,09	72,66
K3	7,07	1,26	26,87	403,01	116,42	15683,77	4813,72	841,84	44,33	53,73	37,61	67,17
S1.1	6,31	2,26	78,84	524,10	246,37	6170,49	1903,78	739,11	6,72	58,23	34,94	34,49
S1.2	5,93	1,02	41,28	361,16	93,81	3764,07	996,72	727,02	4,69	32,83	32,36	21,11
S1.3	5,47	1,53	95,35	405,23	104,88	2872,33	643,59	777,08	3,34	38,14	32,42	17,16
S2.1	6,89	0,90	4,49	209,58	112,28	15063,62	4678,14	1092,81	26,20	336,83	55,39	93,56
S2.2	7,05	1,03	4,80	363,94	103,98	15097,58	4499,28	1131,82	25,60	139,98	47,19	83,99
S2.3	7,06	1,11	4,71	368,74	101,99	14808,57	4805,43	1125,84	19,22	113,76	42,76	90,22
S2.4	7,20	1,21	20,52	422,32	106,57	14899,75	4736,34	1148,56	23,68	126,30	53,28	82,89
B1.1	6,80	1,06	4,84	145,18	237,94	10798,11	2923,86	1899,50	63,32	56,46	41,14	116,95
B1.2	6,66	0,78	4,75	91,04	178,12	10993,90	2869,70	1424,95	53,04	32,46	29,69	95,00
B1.3	6,51	0,86	6,91	120,90	254,75	8322,54	2050,95	1774,61	69,08	39,72	30,66	94,99
B2.1	7,02	0,55	4,32	126,14	97,30	4874,23	1801,93	1549,66	11,89	28,83	15,86	126,14
B2.2	7,04	0,68	5,80	323,22	116,03	5810,96	2482,18	2196,25	20,30	40,61	19,89	207,19
B2.3	7,06	0,90	6,04	392,85	129,51	7997,32	2806,08	1985,84	23,74	43,17	31,95	202,90

**6. pielikums. Ķīmisko elementu koncentrācija ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pH un elektrovadītspēja (EC) Rīgas centra augšņu paraugos (06.07.2005.)**  
Appendix 6. Concentration of chemical elements ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), pH and electrical conductivity (EC) in soil samples of the central part of Riga (06.07.2005.)

Paraug- vieta Site	pH <sub>KCl</sub>	EC, mS·cm <sup>-1</sup>	Cl <sup>-</sup>	Na	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Pb	Mn
V1	6,53	0,51	4,60	20,70	165,56	4598,97	1379,69	1710,82	12,42	42,77	32,65	252,94
V2	6,56	0,66	6,25	21,35	177,08	6901,04	1822,92	1557,29	20,31	62,50	53,65	151,04
V3	6,79	0,61	5,52	34,03	193,16	7128,40	2184,51	1388,89	19,32	78,18	67,14	239,15
H1.1	7,25	1,55	65,36	535,13	114,38	16033,50	6147,88	1409,31	35,95	199,35	65,36	116,83
H1.2	7,27	1,74	219,74	663,46	126,77	12994,42	4331,47	1356,49	21,13	169,03	57,05	152,13
H1.3	7,25	1,71	172,62	635,74	117,88	15341,87	5334,29	1397,78	25,26	197,88	65,68	147,36
H2.1	7,23	0,85	8,89	47,58	191,21	15675,03	5669,69	1400,75	28,01	102,28	53,81	124,51
H2.2	7,29	0,78	7,22	149,16	176,42	18444,27	8376,10	1307,14	26,46	80,19	42,90	116,28
H2.3	7,43	0,64	6,82	178,00	170,43	23670,66	9278,90	1420,24	28,40	87,11	37,49	121,19
E1	7,03	0,62	5,47	152,32	136,70	13474,46	4393,84	1284,96	23,04	152,32	114,83	183,57
E2	6,93	0,58	35,31	302,66	141,24	9584,34	2396,09	1008,88	13,62	95,84	53,97	90,80
E3	6,92	0,48	4,71	129,49	113,80	9711,98	3335,43	949,62	13,73	102,02	58,86	113,80
E4	5,89	0,62	11,33	1060,56	153,82	6679,08	1760,85	1562,50	10,52	59,10	42,10	89,05
E5	7,12	0,46	5,74	95,69	110,05	13516,75	2990,43	1306,22	14,83	129,19	54,55	119,62
K1	7,34	0,67	24,52	259,39	94,32	13322,96	3702,13	669,68	3,54	26,88	27,82	19,81
K2	7,64	0,58	7,42	161,97	60,74	11388,18	4302,20	867,19	38,80	70,86	62,42	60,74
K3	7,34	0,78	20,47	255,91	102,36	13493,39	3722,32	767,73	38,15	41,41	23,73	51,18
S1.1	7,64	0,56	6,18	106,50	58,40	10735,88	3521,37	903,53	47,07	89,32	77,30	58,40
S1.2	5,99	1,81	52,26	517,81	164,54	3992,45	895,28	682,35	4,11	34,84	32,91	22,26
S1.3	5,8	0,80	12,90	302,70	84,36	2605,20	471,42	650,06	2,88	24,81	27,79	14,89
S2.1	7,03	0,62	6,63	139,95	110,49	19335,59	5524,45	1152,77	23,20	184,15	47,88	81,03
S2.2	7,24	1,13	5,99	262,05	86,10	17595,09	5241,09	1179,25	23,96	134,77	48,67	74,87
S2.3	7,26	0,96	11,47	335,96	94,23	15363,82	4199,44	1401,18	22,12	102,43	40,97	77,84
S2.4	7,41	2,29	22,45	660,62	123,37	17709,33	5074,02	1384,91	22,68	111,43	43,78	79,59
B1.1	6,7	0,65	9,46	107,50	266,60	7524,94	2042,48	2412,28	52,89	64,50	41,28	116,10
B1.2	6,72	0,62	6,60	61,88	259,90	9075,91	2681,52	3259,08	63,53	78,38	48,43	123,76
B1.3	6,71	0,71	6,93	82,32	290,29	9315,42	2166,38	2209,71	67,16	56,33	56,76	125,65
B2.1	7,52	1,24	4,87	660,36	118,17	6864,31	2693,59	3023,77	23,63	34,76	22,59	288,47
B2.2	7,33	0,60	6,93	169,67	124,65	6804,02	2666,20	2908,59	24,24	43,63	33,24	259,70
B2.3	7,12	0,49	10,31	140,93	130,62	6616,94	2578,03	2853,02	28,19	41,25	34,03	233,74

**7. pielikums. Ķīmisko elementu koncentrācija Rīgas centra liepu lapās (06.06.2005.)**  
 Appendix 7. Concentration of chemical elements in lime leaves from the central part of Riga  
 (06.06.2005.)

Paraug- vieta Site	%					mg·kg <sup>-1</sup>				
	Cl	Na	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Zn	Pb	Mn
V1	0,10	0,03	1,68	0,31	0,82	207,50	9,50	21,00	3,75	60,00
V2	0,10	0,03	1,28	0,31	0,83	137,50	9,25	20,00	4,50	16,00
V3	0,10	0,04	1,33	0,32	0,83	172,50	9,50	20,25	3,75	14,50
H1.1	0,75	0,07	1,33	0,39	1,01	290,00	8,50	27,50	7,00	14,50
H1.2	0,35	0,24	1,18	0,33	0,70	247,50	7,75	22,50	3,75	20,75
H 1.3	0,95	0,31	1,08	0,33	0,73	275,00	8,25	24,00	5,00	16,00
H2.1	0,58	0,09	1,90	0,39	0,70	212,50	7,00	23,75	7,50	15,50
H 2.2	0,85	0,07	1,72	0,39	0,64	240,00	6,75	23,25	7,00	14,00
H2.3	1,15	0,08	1,88	0,36	0,64	317,50	6,25	22,50	3,75	15,50
E1	0,66	0,13	1,80	0,34	0,55	177,50	7,00	19,25	2,00	17,50
E2	2,90	0,04	2,88	0,50	1,08	235,00	10,50	27,50	3,75	19,50
E3	0,48	0,07	1,60	0,30	0,54	177,50	7,25	19,25	1,25	18,50
E4	0,38	0,02	1,38	0,26	0,61	160,00	6,25	21,25	2,50	17,50
E5	0,39	0,01	1,93	0,25	0,54	112,50	4,50	17,00	2,50	12,00
S1.1	1,08	0,38	2,10	0,28	0,83	232,50	8,50	32,50	5,00	16,25
S1.2	1,13	0,23	2,50	0,27	0,70	180,00	8,75	21,00	3,75	19,50
S1.3	1,16	0,48	2,13	0,15	0,61	167,50	7,50	23,00	3,75	25,00
S2.1	0,36	0,44	1,35	0,11	0,32	267,50	5,25	17,00	3,00	16,00
S2.2	1,55	0,90	1,73	0,19	0,44	112,50	4,50	18,50	5,00	17,00
S2.3	0,48	0,12	1,80	0,13	0,70	142,50	6,75	16,25	2,50	20,00
S2.4	0,91	0,35	1,54	0,12	0,42	150,50	6,25	17,00	6,00	15,00
B1.1	0,25	0,05	1,55	0,34	0,83	365,00	11,25	19,50	2,50	24,50
B1.2	0,19	0,02	1,45	0,31	0,89	335,00	10,50	19,75	1,25	20,50
B1.3	0,18	0,01	1,28	0,29	0,70	260,00	8,75	16,25	1,50	17,50

**8. pielikums. Ķīmisko elementu koncentrācija Rīgas centra liepu lapās (06.07.2005.)**  
 Appendix 8. Concentration of chemical elements in lime leaves from the central part of Riga  
 (06.07.2005.)

Paraug- vieta Site	%					mg·kg <sup>-1</sup>				
	Cl	Na	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Zn	Pb	Mn
V1	0,12	0,03	1,23	0,30	1,06	170,00	9,25	20,00	3,75	87,50
V2	0,12	0,02	1,08	0,37	1,19	217,50	8,50	21,50	5,25	22,25
V3	0,09	0,04	0,95	0,38	1,19	285,00	10,00	21,75	7,00	17,50
H1.1	1,85	1,25	0,65	0,41	1,25	502,50	11,25	35,00	12,50	16,50
H1.2	1,45	0,70	1,05	0,39	1,13	575,00	11,00	35,00	9,25	27,50
H 1.3	1,77	1,13	0,75	0,38	1,05	525,00	10,00	30,00	10,50	18,00
H2.1	0,58	0,17	1,35	0,43	0,75	305,00	6,25	24,50	5,00	17,50
H 2.2	1,15	0,29	1,21	0,40	1,02	290,00	6,50	25,25	6,50	14,50
H2.3	1,34	0,35	1,35	0,39	1,13	250,00	7,00	26,00	8,75	12,75
E1	1,25	0,32	1,48	0,42	1,00	237,50	7,50	22,25	8,75	17,25
E2	3,00	0,26	2,40	0,47	1,38	475,00	12,50	37,50	13,50	21,00
E3	1,20	0,75	1,25	0,29	0,63	245,00	6,25	17,75	5,00	17,00
E4	0,40	0,02	1,08	0,28	0,69	257,50	5,75	20,00	2,50	18,75
E5	0,32	0,02	1,30	0,28	0,75	187,50	5,50	19,00	4,75	13,75
K1	0,82	0,88	1,23	0,36	1,69	375,00	9,25	25,00	12,50	35,00
K2	0,82	0,95	1,73	0,15	1,06	252,50	13,00	25,00	10,00	15,75
K3	0,67	0,04	1,90	0,23	1,00	305,00	10,00	27,50	8,50	17,50
S1.1	1,22	1,38	0,80	0,31	0,81	400,00	10,50	32,50	12,50	32,50
S1.2	1,17	1,55	0,93	0,29	0,81	450,00	10,00	24,25	12,50	23,75
S1.3	1,38	0,48	1,48	0,19	0,52	185,00	6,25	17,50	6,25	14,50
S2.1	0,54	0,39	1,15	0,13	0,56	307,50	5,00	19,00	7,50	25,00
S2.2	2,41	1,50	0,80	0,17	0,48	260,00	4,75	18,00	5,00	20,25
S2.3	0,48	0,14	1,25	0,15	0,94	187,50	6,00	20,50	5,00	30,00
S2.4	1,33	1,03	0,95	0,19	0,56	215,00	6,25	17,00	11,25	18,50
B1.1	0,33	0,03	1,10	0,35	1,13	1075,00	13,00	19,75	7,50	35,00
B1.2	0,26	0,03	1,43	0,42	1,25	825,00	13,50	23,75	8,75	32,50
B1.3	0,25	0,02	1,38	0,42	1,06	650,00	11,00	20,00	5,00	30,00
B2.1	1,50	1,53	0,95	0,63	1,88	550,00	11,75	25,00	17,50	27,50
B2.2	1,32	1,05	0,83	0,73	2,01	520,00	10,50	22,00	16,00	28,00
B2.3	0,73	0,31	0,78	0,81	2,25	475,00	7,00	21,00	17,50	32,50

**9. pielikums. Ķīmisko elementu koncentrācija (%) Rīgas centra liepu lapās (28.08.2005.)**

Appendix 9. Concentration of chemical elements in lime leaves from the central part of Riga (28.08.2005.)

Paraugvieta Site	Cl	Na	K
V1	0,16	0,04	1,03
V2	0,16	0,03	1,05
V3	0,14	0,03	0,95
H1.1	1,60	0,75	0,39
H1.2	1,40	0,95	0,27
H 1.3	1,85	0,96	0,29
H2.1	0,64	0,28	0,78
H 2.2	1,24	0,44	0,66
H2.3	1,58	0,55	0,68
E1	1,30	0,51	0,80
E2	2,95	0,38	1,65
E3	1,50	0,98	0,65
E4	0,53	0,09	0,73
E5	0,39	0,04	0,95
K1	1,30	1,20	0,85
K2	0,85	0,80	0,75
K3	0,65	0,14	0,88
S1.1	0,88	0,78	0,60
S1.2	0,85	1,00	0,58
S1.3	1,13	0,83	0,36
S2.1	0,68	0,60	0,41
S2.2	1,60	1,05	0,15
S2.3	0,50	0,16	1,25
S2.4	0,80	0,85	0,36
B1.1	0,60	0,18	1,23
B1.2	0,44	0,05	0,93
B1.3	0,62	0,05	1,30
B2.1	2,45	1,93	0,34
B2.2	2,08	1,55	0,34
B2.3	1,80	1,23	0,36

**10. pielikums. Na un Cl koncentrācija (mg·kg<sup>-1</sup>) Rīgas centra liepu mizā (30.03.2005.)**

Appendix 10. Concentrations of Na and Cl (mg·kg<sup>-1</sup>) in lime bark from the central part of Riga (30.03.2005.)

Paraugvieta Site	Cl	Na
V1	125	475
V2	113	375
V3	63	675
H1.1	3000	4075
H1.2	6250	7750
H 1.3	4290	6665
H2.1	2544	3900
H 2.2	2990	4115
H2.3	3425	4600
E1	1625	4475
E2	2000	3325
E3	300	750
E4	300	1000
E5	250	600
K1	1700	5525
K2	1750	5550
K3	1450	4500
S1.1	1300	2875
S1.2	900	2025
S1.3	550	1675
S2.1	1750	2625
S2.2	875	1925
S2.3	1400	1100
S2.4	700	1925
B1.1	1050	1225
B1.2	200	400
B1.3	225	525
B2.1	2050	4150
B2.2	1990	3820
B2.3	1225	3100

**11. pielikums. Liepu lapu nekrozes novērtējums (%) Rīgas centra apstādījumos  
2005. gadā**

Appendix 11. Assessment of lime leaf necrosis (%) in greenery of the central part of Riga during 2005

Paraug- vieta Site	06.06.2005.	20.06.2005.	06.07.2005.	20.07.2005.	06.08.2005.	28.08.2005.
V1	0	0	0	0	0	0
V2	0	0	0	0	0	0
V3	0	0	0	0	0	0
H1.1	5	5	10	25	35	45
H1.2	5	5	10	20	30	60
H 1.3	5	5	10	25	40	65
H2.1	0	0	5	5	5	10
H 2.2	5	5	5	5	10	15
H2.3	5	5	5	10	15	30
E1	5	5	10	15	20	35
E2	30	35	80	40	50	85
E3	0	5	10	10	15	35
E4	0	0	0	0	5	10
E 5	0	0	0	0	0	0
K1	0	0	5	20	15	40
K2	0	0	5	5	20	60
K3	0	5	5	5	5	10
S1.1	5	5	15	20	20	20
S1.2	5	5	5	10	30	50
S1.3	5	5	5	10	15	15
S2.1	5	5	10	15	25	40
S2.2	5	10	15	25	50	65
S2.3	0	0	5	5	5	5
S2.4	5	5	5	10	20	45
B1.1	0	0	0	0	0	0
B1.2	0	0	0	0	0	0
B1.3	0	0	0	0	0	0
B2.1	5	5	30	30	50	85
B2.2	5	5	25	30	45	80
B2.3	5	5	15	15	35	70

**12. pielikums. Rīgas centra liepu vainaga nekrozes novērtējums (%)**  
**2005. gada vasarā**

Appendix 12. Assessment of lime crown necrosis (%) during summer 2005

Paraug- vieta Site	06.06.2005.	20.06.2005.	06.07.2005.	20.07.2005.	06.08.2005.	28.08.2005.
V1	0	0	0	0	0	0
V2	0	0	0	0	0	0
V3	0	0	0	0	0	0
H1.1	40	50	50	70	90	100
H1.2	30	40	40	40	90	100
H 1.3	40	50	55	75	95	100
H2.1	0	0	10	10	30	50
H 2.2	10	15	20	25	40	55
H2.3	20	25	25	30	40	70
E1	35	60	70	70	95	100
E2	100	100	60	85	90	90
E3	30	60	45	65	90	100
E4	0	0	0	0	7	15
E 5	0	0	0	0	0	0
K1	0	0	20	30	25	100
K2	0	0	40	45	75	100
K3	0	10	30	40	50	80
S1.1	20	20	20	50	65	100
S1.2	20	15	20	30	100	100
S1.3	10	10	20	35	70	100
S2.1	60	65	80	95	95	100
S2.2	80	80	90	100	100	100
S2.3	0	0	7	15	25	40
S2.4	60	70	70	75	80	100
B1.1	0	0	0	0	0	0
B1.2	0	0	0	0	0	0
B1.3	0	0	0	0	0	0
B2.1	40	55	65	75	90	95
B2.2	40	50	60	75	85	90
B2.3	30	40	50	50	60	65

**13. pielikums. Rīgas centra apstādījumu objektu liepu lapu nekrozes standartklūdas  
2005. gada vasarā**

Appendix 13. Standart errors of lime leaf necrosis for studied greenery objects of the central part of Riga during summer 2005

Paraugobjekts Studied object	6.06.2005.	20.06.2005.	6.07.2005.	20.07.2005.	6.08.2005.	28.08.2005.
Hanzas 1	0,000	0,000	0,000	1,667	2,887	6,009
Hanzas 2	1,667	1,667	0,000	1,667	2,887	6,009
Elizabetes	6,423	7,159	7,746	7,610	8,660	14,068
Kr. Valdemāra	0,000	1,667	0,000	5,000	4,410	14,530
Stabu 1	0,000	0,000	3,333	3,333	4,410	10,929
Stabu 2	1,250	2,041	2,394	4,270	9,354	12,479
Basteja 2	0,000	0,000	4,410	5,000	4,410	4,410

**14. pielikums. Rīgas centra apstādījumu objektu liepu vainaga nekrozes  
standartklūdas 2005. gada vasarā**

Appendix 13. Standart errors of lime crown necrosis for studied greenery objects of the central part of Riga during summer 2005

Paraugobjekts Studied object	6.06.2005	20.06.2005	6.07.2005	20.07.2005	6.08.2005	28.08.2005
Hanzas 1	3,333	3,333	4,410	10,929	1,667	0,000
Hanzas 2	5,774	7,265	4,410	6,009	3,333	6,009
Elizabetes	21,085	19,105	13,829	16,833	18,961	18,383
Kr. Valdemāra	0,000	3,333	5,774	4,410	14,434	6,667
Stabu 1	3,333	2,887	0,000	6,009	10,929	0,000
Stabu 2	17,321	18,186	18,701	19,512	17,200	15,000
Basteja 2	3,333	4,410	4,410	8,333	9,280	9,280