



## PAKELĖS ŽOLINĖS AUGMENIJOS AUGIMO INTENSYVUMO MATEMATINIS MODELIAVIMAS

Pranas Baltrėnas<sup>1</sup>, Jolita Zaveckytė<sup>2</sup>, Agnė Kazlauskienė<sup>3</sup>, Davidas Ščupakas<sup>4</sup>

Aplinkos apsaugos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11, LT-10223 Vilnius, Lietuva

El. paštas: <sup>1</sup>pbalt@ap.vtu.lt; <sup>2</sup>xmeridiana@yahoo.com; <sup>3</sup>agne.kazlauskiene@ap.vtu.lt; <sup>4</sup>vasc16@takas.lt

Iteikta 2006 05 15; priimta 2006 10 10

**Santrauka.** Lietuvos klimatinėmis sąlygomis būtina kelių ir gatvių priežiūra šaltuoju metų periodu. Dėl dažnų kritulių ir žemesnės nei nulio temperatūros naudojamos transporto priemonių bei pėsčiųjų saugumą užtikrinančios priemonės ir medžiagos. Valant nuo kelių sniegą ir ledą rudens bei žiemos sezonais barstoma techninė druska ( $K_4[Fe(CN)_6]$ ) pirmiausiai patenka ant važiujamosios kelio dalies bei jos kelkraščių ir tiesiogiai teršia sanitarinės apsaugos zonos šalia kelio dirvožemį. Barstant kelio dangas druska, galima ir netiesioginė aplinkos tarša. Atmosferos krituliai techninę druską išplauna iš kelio sanitarinės apsauginės zonos dirvožemio į netoli kelio esančius paviršinius ir gruntinius vandenius, ir druska iš dirvožemio ar vandens patenka į augalus. Cheminių medžiagų poveikio aplinkai pasekmės: kenkiama pakelių augmenijai, dirvožemiui, užteršiami paviršiniai ir gruntiniai vandenys, tai lemia neigiamą poveikį gyvūnijai ir žmonėms. Modeliavimo tikslas yra matematiniais skaičiavimais rasti koeficientus, kuriuos taikant būtų galima apskaičiuoti daugiametės svidrės, tikrojo eraičino ir pievinės miglės antžeminės dalies aukštį po tam tikro laiko, laikant, kad druskos koncentracija ištirpusiame sniege ir oro temperatūra tyrimo metu nekinta.

**Reikšminiai žodžiai:** svidrė, eraičinas, miglė, antžeminės dalies aukštis.

### 1. Įvadas

Atliekant žolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio tyrimus, pastebėta, kad druskos kiekis ištirpusiame sniege turi tiesioginės įtakos pakelės augmenijos antžeminės dalies aukščiui: kuo didesnė NaCl koncentracija, tuo antžeminė dalis žemesnė [1–11].

Pasirinktų žolinės augmenijos rūšių (daugiametės svidrės, tikrojo eraičino, pievinės miglės) antžeminės dalies aukščio 6 savaičių stebėjimų rezultatai pateikti 1 lentelėje. Tirta neužterštame ir 1 g/kg NaCl koncentracija užterštame dirvožemyje laistant.

Iš pateiktų rezultatų matyti, kad aukščiausia buvo svidrės antžeminė dalis.

Modeliuojant siekta matematiniais skaičiavimais rasti koeficientus, kuriuos taikant būtų galima apskaičiuoti pasirinktųjų žolinės augmenijos rūšių (daugiametės svidrės, tikrojo eraičino ir pievinės miglės) antžeminės dalies aukštį po tam tikro laiko, laikant, kad druskos koncentracija ištirpusiame sniege ir oro temperatūra tyrimo metu nekito.

### 2. Matematinio modeliavimo metodika

Modeliuojant naudota daugiametės svidrės, tikrojo eraičino ir pievinės miglės antžeminės dalies aukščio duomenys (1 lentelė), atlikus 6 savaičių stebėjimą, kai druskų koncentracija sniego tirpsmo vandenyje buvo 1 g/kg NaCl, nes esant didesnei NaCl koncentracijai,

augalai nesudygo. Palyginimui naudojami ir kontrolinių augalų NaCl neužterštame dirvožemyje antžeminės dalies aukščio duomenys.

Analizuojant tyrimų rezultatus pastebėta, kad augalų antžeminės dalies aukščiai, kintant laikui, tarpusavyje siejami eksponentine priklausomybe.

Matematiniam modeliavimui pasirinkamas *Phoenix* 3.5 programinės įrangos paketas, nes ši programa tinka įvairių priklausomybių kitimui įvairiose aplinkose nustatyti [12–15].

Augalų antžeminės dalies aukščio kitimo pagal laiką diferencialinė lygtis ir jos analizinis sprendinys pasirinkti pagal *Phoenix* 3.5 programinės įrangos 711 bibliotekinio uždavinio lygtį ir skaitinį analizinį sprendinį:

$$\bullet \text{ lygtis: } \frac{\partial F}{\partial t} = \alpha e^t - \alpha F; \quad (1)$$

$$\bullet \text{ sprendinys: } F = e^t + \beta e^{-\gamma t}, \quad (2)$$

čia  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  – koeficientai, rasti spėjimo būdu;  $t$  – savaičių skaičius;  $F$  – diferencialinės lygties analizinis sprendinys.

$\alpha$  koeficientas nustatant žolės aukštį neužterštame dirvožemyje (kontroliniame) ir dirvožemyje, užterštame 1 g/kg NaCl koncentracija laistant, pasirinktas skirtingas.  $\alpha$  kontrolinės reikšmės: 1,5; 2,0 ir 2,5; esant 1 g/kg NaCl koncentracijai – 0,6; 0,8 ir 1,0. Skaičiuojant stebėta, kaip kinta (didėja ar mažėja) sandaugos su koeficientu reikšmė.

**1 lentelė.** Tiriamųjų augalų antžeminės dalies aukščiai (cm)

**Table 1.** Length (cm) of overground part of plants

Tyrimo savaitė	Žolinės augmenijos antžeminės dalies aukščiai (cm)					
	daugiametė svėdrė		tikrasis eraičinas		pievinė miglė	
	NaCl neužterštame dirvožemyje	dirvožemyje, užterštame 1 g/kg NaCl koncentracija	NaCl neužterštame dirvožemyje	dirvožemyje, užterštame 1 g/kg NaCl koncentracija	NaCl neužterštame dirvožemyje	dirvožemyje, užterštame 1 g/kg NaCl koncentracija
1	1,8	0,7	0,5	0,2	0	0
2	13,2	9,4	11,5	5,6	2,8	1,3
3	20,3	14,7	13,8	8,7	6,4	2,5
4	23,4	14,8	17,2	10,3	7,6	3,7
5	24,6	15,2	18,3	11,5	7,9	4,1
6	25,8	15,9	18,9	12,3	8,5	4,9

Pasirinkta, kad analizinis sprendinys turi būti vienas abiem atvejais (kontrolinio ir dirvožemio, kuriame 1 g/kg NaCl koncentracija). Pasirinktosios koeficiento  $\beta$  reikšmės – 6,0; 6,5 ir 7,0. Skaičiuojant stebėta, kaip kinta (didėja ar mažėja) išraiškos  $e^{-\beta t}$  reikšmė.

Pasirinktosios koeficiento  $\gamma$  reikšmės: 1,0; 1,5 ir 2,0. Skaičiuojant stebėta, kaip kinta (didėja ar mažėja) sandaugos su koeficientu reikšmė.

Koeficientų reikšmių skaičiavimai atlikti tokia seka:  $\gamma$ ,  $\beta$  ir  $\alpha$ .

Ieškant tinkamų koeficientų reikšmių svarbu stebėti pasirinktųjų koeficientų kitimą.

Pastebėta, kad diferencialinės lygties išraiškai dar trūksta koeficiento, kuris priklausytų nuo laiko (savaičių skaičiaus). Gauta tokia lygtis:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = At + \alpha e^t - \alpha F, \quad (3)$$

čia  $A$  – koeficientas, rastas spėjimo būdu.

Apskaičiavus  $\alpha$ ,  $\beta$  ir  $\gamma$ , bandyta rasti koeficientą  $A$ . Jis kiekvienai augmenijos rūšiai ir skirtingai NaCl koncentracijai dirvožemyje taikomas skirtingas.

Nustatant koeficientą  $A$  lygtyje (3) pasirenkamos vidurinėsios spėjamų koeficientų reikšmės ( $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,5$ ;  $\gamma = 1,5$ ). Pirmiausia bandyta apskaičiuoti svėdrės kontrolinės augmenijos, sėtos 1 g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, koeficientą, tada – eraičino bei miglės. Svėdrės kontrolinei augmenijai pasirinktos šios koeficiento  $A$  reikšmės: 1,0; 3,0; 5,0.

Gavus galutines reikšmes, pastebėta, kad koeficientus reikėtų šiek tiek koreguoti. Koeficientas  $\beta$  pasirinktas 6,7, o  $\gamma$  – 1,8.

Pagal sumodeliuotą diferencialinę lygtį bei jos analizinį sprendinį svėdrės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščiui apskaičiuoti randami koeficientai  $A$ , taikytini kitiems augalams.

Radus visus koeficientus ir pagal gautas lygtis nustatytas reikšmes, apskaičiuotos santykinės gautų reikšmių paklaidos:

$$\sigma = \frac{\left| \frac{\partial F}{\partial t} - x \right|}{\frac{\partial F}{\partial t}(x)} 100\%, \quad (4)$$

čia  $\frac{\partial F}{\partial t}$  – antžeminės dalies aukštis (cm), apskaičiuotas pagal sumodeliuotą formulę;  $x$  – antžeminės dalies aukštis (cm), gautas eksperimentų metu;  $\frac{\partial F}{\partial t}(x)$  – didesnis antžeminės dalies aukštis (cm) (apskaičiuotas arba gautas).

Radus realias antžeminės dalies aukščio reikšmes geriausiai atitinkančius koeficientus, buvo skaičiuojamos vidutinės santykinės paklaidos:

$$\sigma_{\text{vid}} = \frac{\Sigma \sigma}{6}, \quad (5)$$

čia  $\Sigma \sigma$  – santykinų paklaidų suma.

Sumodeliavus formules, sudaryti realių (tyrimo) duomenų ir reikšmių, gautų pagal formules, grafikai.

### 3. Modeliavimo rezultatai ir analizė

Ieškant tinkamų koeficientų reikšmių, pirmiausia apskaičiuojamos įvairios sandaugos su pasirinktinomis koeficientų reikšmėmis ir žiūrima, kaip kinta rezultatas didinant koeficientus.

Kaip minėta metodikoje, ieškoti koeficientų pradama nuo koeficiento  $\gamma$ , todėl pirmiausia įvertinamas sandaugos  $\gamma t$  kitimas. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 2 lentelėje.

**2 lentelė.** Sandaugos su koeficientu ( $\gamma t$ ) skaičiavimo rezultatai

**Table 2.** Calculation results of product with coefficient ( $\gamma t$ )

Savaičių skaičius, $t$	$\gamma = 1,0$	$\gamma t$	$\gamma = 1,5$	$\gamma t$	$\gamma = 2,0$	$\gamma t$
1	1	1	1,5	1,5	2	2
2		2		3		4
3		3		4,5		6
4		4		6		8
5		5		7,5		10
6		6		9		12

Kaip matyti iš pateiktų skaičiavimo rezultatų (2 lentelė), sandauga su koeficientu, laikui kintant ir didėjant koeficiento  $\gamma$  reikšmei, didėja.

Išraiškos  $\beta e^{-\gamma t}$  skaičiavimo rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

**3 lentelė.** Išraiškų  $\beta e^{-\gamma t}$  skaičiavimo rezultatai

**Table 3.** Calculation results of expression  $\beta e^{-\gamma t}$

t	β	βe <sup>-γt</sup> , kai			β	βe <sup>-γt</sup> , kai			β	βe <sup>-γt</sup> , kai		
		γ = 1,0	γ = 1,5	γ = 2,0		γ = 1,0	γ = 1,5	γ = 2,0		γ = 1,0	γ = 1,5	γ = 2,0
1	6,0	2,20728	1,33878	0,81201	6,5	2,39122	1,45035	0,87968	7,0	2,57516	1,56191	0,94735
2		0,81201	0,29872	0,10989		0,87968	0,32362	0,11905		0,94735	0,34851	0,12821
3		0,29872	0,06665	0,01487		0,32362	0,07221	0,01611		0,34851	0,07776	0,01735
4		0,10989	0,01487	0,00201		0,11905	0,01611	0,00218		0,12821	0,01735	0,00235
5		0,04043	0,00332	0,00027		0,04380	0,00360	0,00030		0,04717	0,00387	0,00032
6		0,01487	0,00074	0,00004		0,01611	0,00080	0,00004		0,01735	0,00086	0,00004

**4 lentelė.** Analizinio sprendinio (F) skaičiavimo pagal pasirinktus koeficientus rezultatai

**Table 4.** Calculation results of analytical solution by chosen coefficients

t	F, kai								
	β = 6,0			β = 6,5			β = 7,0		
	γ = 1,0	γ = 1,5	γ = 2,0	γ = 1,0	γ = 1,5	γ = 2,0	γ = 1,0	γ = 1,5	γ = 2,0
1	4,93	4,06	3,53	5,11	4,17	3,60	5,29	4,28	3,67
2	8,20	7,69	7,50	8,27	7,71	7,51	8,34	7,74	7,52
3	20,38	20,15	20,10	20,41	20,16	20,10	20,43	20,16	20,10
4	54,71	54,61	54,60	54,72	54,61	54,60	54,73	54,62	54,60
5	148,45	148,42	148,41	148,46	148,42	148,41	148,46	148,42	148,41
6	403,44	403,43	403,43	403,44	403,43	403,43	403,45	403,43	403,43

Kaip matyti iš pateiktų skaičiavimo rezultatų (3 lentelė), išraiškų  $\beta e^{-\gamma t}$  reikšmė, didėjant koeficientams β ir γ bei kintant laikui, mažėja. Kai didėja tik koeficientas β, o γ nekinta, išraiškų  $\beta e^{-\gamma t}$  reikšmė didėja. Kai didėja tik koeficientas γ, o β nekinta, išraiškų  $\beta e^{-\gamma t}$  reikšmė mažėja.

Analizinis sprendinys (F) skaičiuojamas pagal (2) formulę, o jo skaičiavimo pagal pasirinktus koeficientus rezultatai pateikiami 4 lentelėje.

Kaip matyti iš pateiktų skaičiavimo rezultatų (4 lentelė), analizinio sprendinio reikšmė, didėjant koeficientams β ir γ bei kintant laikui, mažėja. Kai didėja tik koeficientas β, o γ nekinta, analizinio sprendinio reikšmė didėja. Kai didėja tik koeficientas γ, o β nekinta, analizinio sprendinio reikšmė mažėja.

Pagal diferencialinės lygties (1) išraišką skaičiuojamas antžeminės dalies aukštis. Kontrolinių augalų skaičiavimo rezultatai pateikiami 5 lentelėje, o augalų, sėtų į 1 g/kg NaCl užterštą dirvožemį, – 6 lentelėje.

Iš pateiktų rezultatų (5 lentelė) matyti, kad kontrolinės augalų antžeminės dalies aukštis, skaičiuojant pagal (1) formulę, yra neigiamas ir didėja didėjant koeficientui α.

Iš pateiktų rezultatų (6 lentelė) matyti, kad žolės, sėtos į 1 g/kg NaCl užterštą dirvožemį, antžeminės dalies aukštis, skaičiuojant pagal (1) formulę, yra neigiamas ir didėja didėjant koeficientui α.

Svidrės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio skaičiavimo rezultatai, pasirinkus koeficiento A bei viduriniąsias spėjamų koeficientų reikšmes (α = 2,0; β = 6,5; γ = 1,5), pateikiami 7 lentelėje.

Pagal gautus rezultatus (7 lentelė) matyti, kad koeficiento A reikšmė turėtų būti tarp 3,0 ir 5,0, kai α = 2,0; β = 6,5; γ = 1,5.

Bandoma keisti koeficiento β reikšmę – skaičiuoti taikant šias koeficientų reikšmes: α = 2,0; β = 6,7; γ = 1,5, o A – 3,0; 4,0; 5,0. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 8 lentelėje.

Iš gautų rezultatų (8 lentelė) matyti, kad koeficiento A reikšmė turėtų būti tarp 4,0 ir 5,0, kai α = 2,0; β = 6,7; γ = 1,5.

Bandoma keisti koeficiento γ reikšmę – skaičiuoti taikant šias koeficientų reikšmes: α = 2,0; β = 6,7; γ = 1,8, o A – 4,0; 4,5; 5,0. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 9 lentelėje.

Iš gautų rezultatų (9 lentelė) matyti, kad koeficiento A reikšmė turėtų būti tarp 4,0 ir 4,5, kai α = 2,0; β = 6,7; γ = 1,8.

Bandoma keisti koeficiento A reikšmę – skaičiuoti taikant šias koeficientų reikšmes: α = 2,0; β = 6,7; γ = 1,8, o A – 4,25. Taip pat apskaičiuojamos ir santykinės bei vidutinės santykinės paklaidos. Skaičiavimo rezultatai pateikiami 10 lentelėje.

Iš pateiktų rezultatų (10 lentelė) matyti, kad labiausiai sumodeliuotosios formulės neatitinka augmenijos aukščiai antrąją ir trečiąją savaitę.

Nustatant svidrės, sėtos 1 g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukštį, pasirenkamos tokios koeficientų reikšmės: α = 0,8; β = 6,7; γ = 1,8, o A – 2,0; 3,0; 4,0. Skaičiavimo rezultatai ir tinkamiausių rezultatų paklaidos pateikiama 11 lentelėje.

Iš pateiktų rezultatų (11 lentelė) matyti, kad labiausiai apskaičiuotasis antžeminės dalies aukštis atitinka tikrąjį, kai A = 3,0. Nors pirmosios savaitės tyrimų santykinė neatitikimo paklaida – 66,89 %, tačiau vidutinė santykinė paklaida neviršija 30 %, todėl galima laikyti, kad koeficientai tinka. Eliminavus pirmosios savaitės rezultata, vidutinė santykinė paklaida sumažėja iki 21,72 %.

**5 lentelė.** Kontrolinės žolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai**Table 5.** Calculation results of length (cm) of overground part for control plants

t	$\beta = 6,0$			$\beta = 6,5$			$\beta = 7,0$		
	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,5$	$\gamma = 2,0$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,5$	$\gamma = 2,0$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,5$	$\gamma = 2,0$
<b><math>\alpha = 1,5</math></b>									
1	-3,3109	-2,0082	-1,2180	-3,5868	-2,1755	-1,3195	-3,8627	-2,3429	-1,4210
2	-1,2180	-0,4481	-0,1648	-1,3195	-0,4854	-0,1786	-1,4210	-0,5228	-0,1923
3	-0,4481	-0,1000	-0,0223	-0,4854	-0,1083	-0,0242	-0,5228	-0,1166	-0,0260
4	-0,1648	-0,0223	-0,0030	-0,1786	-0,0242	-0,0033	-0,1923	-0,0260	-0,0035
5	-0,0606	-0,0050	-0,0004	-0,0657	-0,0054	-0,0004	-0,0707	-0,0058	-0,0005
6	-0,0223	-0,0011	-0,0001	-0,0242	-0,0012	-0,0001	-0,0260	-0,0013	-0,0001
<b><math>\alpha = 2,0</math></b>									
1	-4,4146	-2,6776	-1,6240	-4,7824	-2,9007	-1,7594	-5,1503	-3,1238	-1,8947
2	-1,6240	-0,5974	-0,2198	-1,7594	-0,6472	-0,2381	-1,8947	-0,6970	-0,2564
3	-0,5974	-0,1333	-0,0297	-0,6472	-0,1444	-0,0322	-0,6970	-0,1555	-0,0347
4	-0,2198	-0,0297	-0,0040	-0,2381	-0,0322	-0,0044	-0,2564	-0,0347	-0,0047
5	-0,0809	-0,0066	-0,0005	-0,0876	-0,0072	-0,0006	-0,0943	-0,0077	-0,0006
6	-0,0297	-0,0015	-0,0001	-0,0322	-0,0016	-0,0001	-0,0347	-0,0017	-0,0001
<b><math>\alpha = 2,5</math></b>									
1	-5,5182	-3,3470	-2,0300	-5,9780	-3,6259	-2,1992	-6,4379	-3,9048	-2,3684
2	-2,0300	-0,7468	-0,2747	-2,1992	-0,8090	-0,2976	-2,3684	-0,8713	-0,3205
3	-0,7468	-0,1666	-0,0372	-0,8090	-0,1805	-0,0403	-0,8713	-0,1944	-0,0434
4	-0,2747	-0,0372	-0,0050	-0,2976	-0,0403	-0,0055	-0,3205	-0,0434	-0,0059
5	-0,1011	-0,0083	-0,0007	-0,1095	-0,0090	-0,0007	-0,1179	-0,0097	-0,0008
6	-0,0372	-0,0019	-0,0001	-0,0403	-0,0020	-0,0001	-0,0434	-0,0022	-0,0001

**6 lentelė.** Žolinės augmenijos, sėtos į 1 g/kg NaCl užterštą dirvožemį, antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai**Table 6.** Calculation results of length (cm) of overground part for plants growing in soil with 1 g/kg of NaCl

t	$\beta = 6,0$			$\beta = 6,5$			$\beta = 7,0$		
	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,5$	$\gamma = 2,0$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,5$	$\gamma = 2,0$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,5$	$\gamma = 2,0$
<b><math>\alpha = 0,6</math></b>									
1	-1,3244	-0,8033	-0,4872	-1,4347	-0,8702	-0,5278	-1,5451	-0,9371	-0,5684
2	-0,4872	-0,1792	-0,0659	-0,5278	-0,1942	-0,0714	-0,5684	-0,2091	-0,0769
3	-0,1792	-0,0400	-0,0089	-0,1942	-0,0433	-0,0097	-0,2091	-0,0467	-0,0104
4	-0,0659	-0,0089	-0,0012	-0,0714	-0,0097	-0,0013	-0,0769	-0,0104	-0,0014
5	-0,0243	-0,0020	-0,0002	-0,0263	-0,0022	-0,0002	-0,0283	-0,0023	-0,0002
6	-0,0089	-0,0004	0,0000	-0,0097	-0,0005	0,0000	-0,0104	-0,0005	0,0000
<b><math>\alpha = 0,8</math></b>									
1	-1,7658	-1,0710	-0,6496	-1,9130	-1,1603	-0,7037	-2,0601	-1,2495	-0,7579
2	-0,6496	-0,2390	-0,0879	-0,7037	-0,2589	-0,0952	-0,7579	-0,2788	-0,1026
3	-0,2390	-0,0533	-0,0119	-0,2589	-0,0578	-0,0129	-0,2788	-0,0622	-0,0139
4	-0,0879	-0,0119	-0,0016	-0,0952	-0,0129	-0,0017	-0,1026	-0,0139	-0,0019
5	-0,0323	-0,0027	-0,0002	-0,0350	-0,0029	-0,0002	-0,0377	-0,0031	-0,0003
6	-0,0119	-0,0006	0,0000	-0,0129	-0,0006	0,0000	-0,0139	-0,0007	0,0000
<b><math>\alpha = 1,0</math></b>									
1	-2,2073	-1,3388	-0,8120	-2,3912	-1,4503	-0,8797	-2,5752	-1,5619	-0,9473
2	-0,8120	-0,2987	-0,1099	-0,8797	-0,3236	-0,1191	-0,9473	-0,3485	-0,1282
3	-0,2987	-0,0667	-0,0149	-0,3236	-0,0722	-0,0161	-0,3485	-0,0778	-0,0174
4	-0,1099	-0,0149	-0,0020	-0,1191	-0,0161	-0,0022	-0,1282	-0,0174	-0,0023
5	-0,0404	-0,0033	-0,0003	-0,0438	-0,0036	-0,0003	-0,0472	-0,0039	-0,0003
6	-0,0149	-0,0007	0,0000	-0,0161	-0,0008	0,0000	-0,0174	-0,0009	0,0000

**7 lentelė.** Svidrės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,5$ ;  $\gamma = 1,5$

**Table 7.** Calculation results of length (cm) of overground part for ryegrass control plants when  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,5$ ;  $\gamma = 1,5$

t	2e <sup>t</sup> - 2F	Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm), kai			Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu
		A = 1,0	A = 3,0	A = 5,0	
1	-2,9007	-1,90	0,10	2,10	1,8
2	-0,6472	1,35	5,35	9,35	13,2
3	-0,1444	2,86	8,86	14,86	20,3
4	-0,0322	3,97	11,97	19,97	23,4
5	-0,0072	4,99	14,99	24,99	24,6
6	-0,0016	6,00	18,00	30,00	25,8

**8 lentelė.** Svidrės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,5$

**Table 8.** Calculation results of length (cm) of overground part for ryegrass control plants when  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,5$

t	2e <sup>t</sup> - 2F	Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm), kai			Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu
		A = 3,0	A = 4,0	A = 5,0	
1	-2,9899	0,01	1,01	2,01	1,8
2	-0,6671	5,33	7,33	9,33	13,2
3	-0,1489	8,85	11,85	14,85	20,3
4	-0,0332	11,97	15,97	19,97	23,4
5	-0,0074	14,99	19,99	24,99	24,6
6	-0,0017	18,00	24,00	30,00	25,8

**9 lentelė.** Svidrės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

**Table 9.** Calculation results of length (cm) of overground part for ryegrass control plants when  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

t	2e <sup>t</sup> - 2F	Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm), kai			Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu
		A = 4,0	A = 4,5	A = 5,0	
1	-2,2150	1,78	2,28	2,78	1,8
2	-0,3661	7,63	8,63	9,63	13,2
3	-0,0605	11,94	13,44	14,94	20,3
4	-0,0100	15,99	17,99	19,99	23,4
5	-0,0017	20,00	22,50	25,00	24,6
6	-0,0003	24,00	27,00	30,00	25,8

**10 lentelė.** Svidrės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

**Table 10.** Calculation results of length (cm) of overground part for ryegrass control plants when  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

t	2e <sup>t</sup> - 2F	Apskaičiuotasis svidrės antžeminės dalies aukštis (cm)	Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu	Santykinė paklaida, %	Vidutinė santykinė paklaida, %
1	-2,2150	2,03	1,8	11,55	21,60
2	-0,3661	8,13	13,2	38,38	
3	-0,0605	12,69	20,3	37,49	
4	-0,0100	16,99	23,4	27,39	
5	-0,0017	21,25	24,6	13,62	
6	-0,0003	25,50	25,8	1,16	

Tiriant svidrės augimą gautos tokios lygtys ir analiziniai sprendiniai:

kontrolinių:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = 4,25t + 2e^t - 2F; \tag{6}$$

$$F = e^t + 6,7e^{-1,8t}, \tag{7}$$

sėtų užterštame dirvožemyje (NaCl koncentracija – 1 g/kg):

$$\frac{\partial F}{\partial t} = 3,0t + 0,8e^t - 0,8F; \tag{8}$$

$$F = e^t + 6,7e^{-1,8t}. \tag{9}$$

Kadangi nuspręsta, jog koeficientai  $\alpha$ ,  $\beta$  ir  $\gamma$  bus vienodi, tai skirsis tik koeficiento A reikšmė.

Apskaičiuojant eraičino kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukštį pasirenkamos tokios koeficientų reikšmės:  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$ , o A – 3,1; 3,6; 4,0. Skaičiavimo rezultatai ir tinkamiausių rezultatų paklaidos pateikiama 12 lentelėje.

Iš pateiktų rezultatų (12 lentelė) matyti, kad labiausiai apskaičiuotasis antžeminės dalies aukštis atitinka tikrąjį, kai A = 3,6. Nors pirmosios savaitės tyrimų santykinė neatitikimo paklaida – 63,90 %, tačiau vidutinė santykinė paklaida neviršija 30 %, todėl galima laikyti, kad

koeficientai tinka. Eliminavus pirmosios savaitės rezultata, vidutinė santykinė paklaida sumažėja iki 18,65 %.

Eraičino, sėto 1 g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukščiui apskaičiuoti pasirenkamos šios koeficientų reikšmės:  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$ , o  $A = 1,6$ ; 2,1; 3,0. Skaičiavimo rezultatai ir tinkamiausių rezultatų paklaidos pateikiama 13 lentelėje.

Iš pateiktų rezultatų (13 lentelė) matyti, kad labiausiai apskaičiuotasis antžeminės dalies aukštis atitinka tikrąjį, kai  $A = 2,1$ . Nors pirmosios savaitės santykinė neatitikimo paklaida net 83,53 %, tačiau vidutinė santykinė paklaida neviršija 30 %, todėl galima laikyti, kad koeficientai tinka. Eliminuoiant pirmosios savaitės rezultata, vidutinė santykinė paklaida sumažėja iki 17,01 %.

Tiriant eraičino augimą, gautos tokios lygtys ir analiziniai sprendiniai:

kontrolinių:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = 3,6t + 2e^t - 2F; \quad (10)$$

$$F = e^t + 6,7e^{-1,8t}, \quad (11)$$

sėtų užterštame dirvožemyje (NaCl koncentracija 1 g/kg):

$$\frac{\partial F}{\partial t} = 2,1t + 0,8e^t - 0,8F; \quad (12)$$

$$F = e^t + 6,7e^{-1,8t}. \quad (13)$$

Apskaičiuojant miglės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukštį pasirenkamos šios koeficientų reikšmės:  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$ , o  $A = 1,0$ ; 1,5; 2,0. Skaičiavimo rezultatai ir tinkamiausių rezultatų paklaidos pateikiama 14 lentelėje.

**11 lentelė.** Svidrės, sėtos 1 g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

**Table 11.** Calculation results of length (cm) of overground part for ryegrass plants growing in soil with 1 g/kg of NaCl when  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

t	$2e^t - 2F$	Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm)			Svidrės antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu	Santykinė paklaida, %	Vidutinė santykinė paklaida, %
		A = 2,0	A = 3,0	A = 4,0			
1	-0,8860	1,11	2,11	3,11	0,7	66,89	29,25
2	-0,1465	8,35	5,85	7,85	9,4	37,73	
3	-0,0242	12,73	8,98	11,98	14,7	38,94	
4	-0,0040	17,00	12,00	16,00	14,8	18,95	
5	-0,0007	21,25	15,00	20,00	15,2	1,32	
6	-0,0001	25,50	18,00	24,00	15,9	11,67	

**12 lentelė.** Eraičino kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

**Table 12.** Calculation results of length (cm) of overground part for fescue grass control plants when  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

t	$2e^t - 2F$	Eraičino antžeminės dalies aukštis (cm)			Eraičino antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu	Santykinė paklaida, %	Vidutinė santykinė paklaida, %
		A = 3,1	A = 3,6	A = 4,0			
1	-2,2150	0,88	1,38	1,78	0,5	63,90	26,19
2	-0,3661	5,83	6,83	7,63	11,5	40,58	
3	-0,0605	9,24	10,74	11,94	13,8	22,18	
4	-0,0100	12,39	14,39	15,99	17,2	16,34	
5	-0,0017	15,50	18,00	20,00	18,3	1,65	
6	-0,0003	18,60	21,60	24,00	18,9	12,50	

**13 lentelė.** Eraičino, sėto 1 g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

**Table 13.** Calculation results of length (cm) of overground part for fescue grass plants growing in soil with 1 g/kg of NaCl when  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

t	$2e^t - 2F$	Eraičino antžeminės dalies aukštis (cm)			Eraičino antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu	Santykinė paklaida, %	Vidutinė santykinė paklaida, %
		A = 1,6	A = 2,1	A = 3,0			
1	-0,8860	0,71	1,21	2,11	0,2	83,53	28,10
2	-0,1465	3,05	4,05	5,85	5,6	27,62	
3	-0,0242	4,78	6,28	8,98	8,7	27,86	
4	-0,0040	6,40	8,40	12,00	10,3	18,49	
5	-0,0007	8,00	10,50	15,00	11,5	8,70	
6	-0,0001	9,60	12,60	18,00	12,3	2,38	

**14 lentelė.** Miglės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

**Table 14.** Calculation results of length (cm) of overground part for meadow-grass control plants when  $\alpha = 2,0$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

t	2e <sup>t</sup> - 2F	Miglės antžeminės dalies aukštis (cm)			Miglės antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu	Santykinė paklaida, %	Vidutinė santykinė paklaida, %
		A = 1,0	A = 1,5	A = 2,0			
1	-2,2150	0,00	0,00	0,00	0	0,00	11,40
2	-0,3661	1,63	2,63	3,63	2,8	5,93	
3	-0,0605	2,94	4,44	5,94	6,4	30,63	
4	-0,0100	3,99	5,99	7,99	7,6	21,18	
5	-0,0017	5,00	7,50	10,00	7,9	5,08	
6	-0,0003	6,00	9,00	12,00	8,5	5,55	

**15 lentelė.** Miglės, sėtos 1 g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukščio (cm) skaičiavimo rezultatai, kai  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

**Table 15.** Calculation results of length (cm) of overground part for meadow-grass plants growing in soil with 1 g/kg of NaCl when  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$

t	2e <sup>t</sup> - 2F	Miglės antžeminės dalies aukštis (cm)			Miglės antžeminės dalies aukštis (cm) eksperimento metu	Santykinė paklaida, %	Vidutinė santykinė paklaida, %
		A = 0,5	A = 0,7	A = 0,9			
1	-0,8860	0,00	0,00	0,00	0	0,00	12,32
2	-0,1465	0,85	1,25	1,65	1,3	3,57	
3	-0,0242	1,48	2,08	2,68	2,5	16,97	
4	-0,0040	2,00	2,80	3,60	3,7	24,43	
5	-0,0007	2,50	3,50	4,50	4,1	14,65	
6	-0,0001	3,00	4,20	5,40	4,9	14,29	

Iš pateiktų rezultatų (14 lentelė) matyti, kad labiausiai apskaičiuotasis antžeminės dalies aukštis atitinka tikrąjį, kai  $A = 1,5$ . Trečiosios savaitės apskaičiuotieji rezultatai labiausiai neatitiko tikrųjų dydžių. Vidutinė santykinė paklaida neviršija 30 %, todėl galima laikyti, kad koeficientai tinka.

Apskaičiuojant miglės, sėtos 1 g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukštį, pasirenkamos tokios koeficientų reikšmės:  $\alpha = 0,8$ ;  $\beta = 6,7$ ;  $\gamma = 1,8$ , o  $A = 0,5$ ;  $0,7$ ;  $0,9$ . Skaičiavimo rezultatai ir tinkamiausių rezultatų paklaidos pateikiama 15 lentelėje.

Iš pateiktų rezultatų (15 lentelė) matyti, kad labiausiai apskaičiuotasis antžeminės dalies aukštis atitinka tikrąjį, kai  $A = 0,7$ . Ketvirtosios savaitės apskaičiuotieji rezultatai labiausiai neatitiko tikrųjų dydžių. Vidutinė santykinė paklaida neviršija 30 %, todėl galima laikyti, kad koeficientai tinka.

Gautos tokios lygtys ir analiziniai sprendiniai miglės aukščiui skaičiuoti:

kontrolinių:

$$\frac{\partial F}{\partial t} = 1,5t + 2e^t - 2F; \tag{14}$$

$$F = e^t + 6,7e^{-1,8t}, \tag{15}$$

sėtų užterštame dirvožemyje (NaCl koncentracija 1 g/kg):

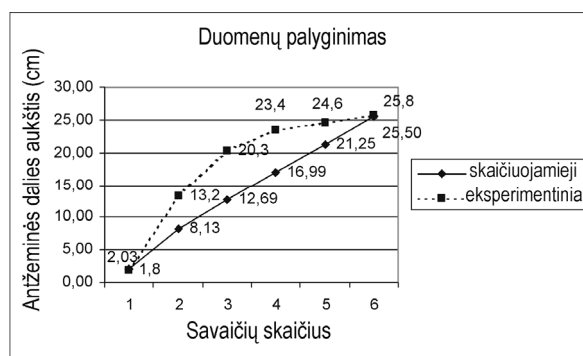
$$\frac{\partial F}{\partial t} = 0,7t + 0,8e^t - 0,8F; \tag{16}$$

$$F = e^t + 6,7e^{-1,8t}. \tag{17}$$

Pagal sumodeliuotas lygtis braižomi grafikai ir palyginami su tyrimų duomenimis.

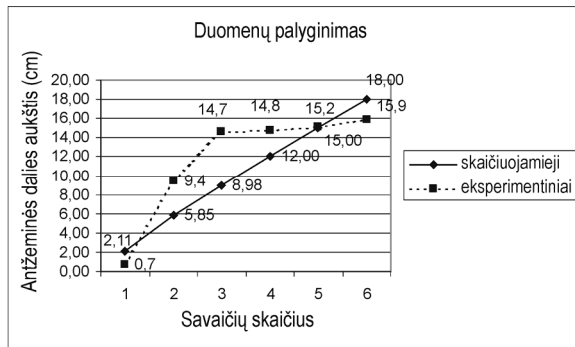
Iš 1 pav. matyti, kad didžiausias kontrolinės svidrės antžeminės dalies aukščio skirtumas (cm) yra trečiają savaitę – 7,61 cm.

Iš 2 pav. matyti, kad didžiausias svidrės, sėtos NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukščio skirtumas (cm) yra trečiają savaitę – 5,72 cm.



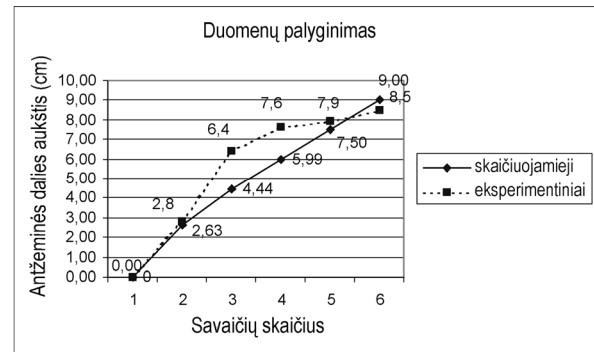
**1 pav.** Svidrės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukštis (cm)

**Fig 1.** Length (cm) of overground part of ryegrass control plants



**2 pav.** Svidrės, sėtos 1g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukštis (cm)

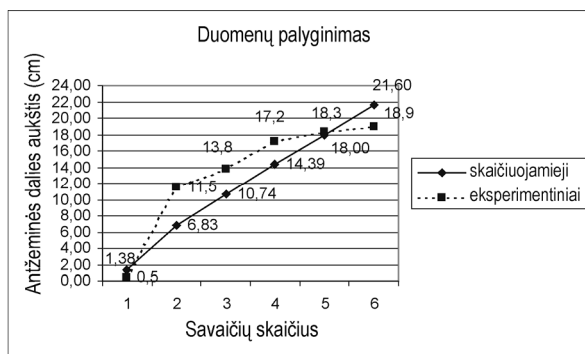
**Fig 2.** Length (cm) of overground part for ryegrass plants growing in soil with 1 g/kg of NaCl



**5 pav.** Miglės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukštis (cm)

**Fig 5.** Length (cm) of overground part of meadow-grass control plants

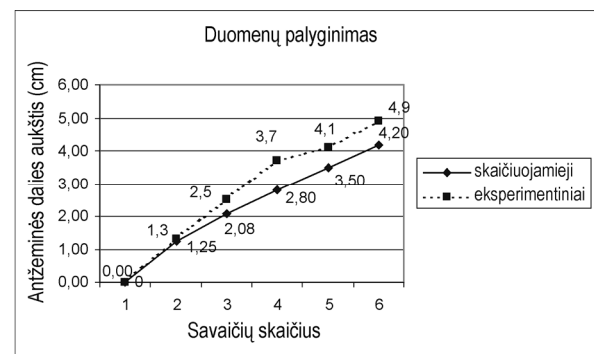
Iš 5 pav. matyti, kad didžiausias miglės kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio skirtumas (cm) yra trečiąją savaitę – 1,96 cm.



**3 pav.** Eraičio kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukštis (cm)

**Fig 3.** Length (cm) of overground part of fescue grass control plants

Iš 3 pav. matyti, kad didžiausias eraičio kontrolinės augmenijos antžeminės dalies aukščio skirtumas (cm) yra antrąją savaitę – 4,67 cm.



**6 pav.** Miglės, sėtos 1g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukštis (cm)

**Fig 6.** Length (cm) of overground part for meadow-grass plants growing in soil with 1 g/kg of NaCl

Iš 6 pav. matyti, kad didžiausias miglės, sėtos NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukščio skirtumas (cm) yra ketvirtąją savaitę – 0,90 cm.

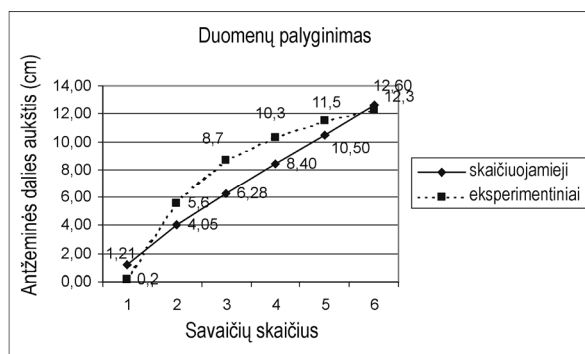
Palyginus rezultatus matyti, kad, taikant sumodeliuotus koeficientus, realius žolės antžeminės dalies aukščius geriausiai atitinka miglės, blogiausiai – eraičio aukščiai.

#### 4. Išvados

1. Tiriamosios žolinės augmenijos rūšių, sėtų neužterštame dirvožemyje ir dirvožemyje, užterštame 1 g/kg natrio chloridu (NaCl), laiko ir antžeminės dalies aukščio (cm) priklausomybė yra eksponentinė.

2. Sumodeliuotos antžeminės dalies aukščio skaičiavimo formulės  $\frac{\partial F}{\partial t} = At + \alpha e^t - \alpha F$  koeficientas  $A$  didžiausias tiriant svidrės augimą (4,25), mažiausias – miglės (0,7).

3. Skaičiuojant antžeminės dalies aukštį (cm) pagal sumodeliuotą lygtį, pirmosios savaitės rezultatai labiausiai neatitiko tikrojo antžeminės dalies aukščio (cm) (iki 83,53 %).



**4 pav.** Eraičio, sėto 1g/kg NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukštis (cm)

**Fig 4.** Length (cm) of overground part for fescue grass plants growing in soil with 1 g/kg of NaCl

Iš 4 pav. matyti, kad didžiausias eraičio, sėto NaCl užterštame dirvožemyje, antžeminės dalies aukščio skirtumas (cm) yra trečiąją savaitę – 2,42 cm.



4. Mažiausios tikrojo ir apskaičiuotojo antžeminės dalies aukščio (cm) paklaidos nustatytos tiriant miglę (11,40 % kontrolinių ir 12,32 % 1 g/kg NaCl koncentracijos dirvožemyje), didžiausios – eraičiną (26,19 % kontrolinių ir 28,10 % 1 g/kg NaCl koncentracijos dirvožemyje).

### Literatūra

1. Baltrėnas, P.; Kazlauskienė, A.; Zaveckytė, J. Experimental investigation into toxic impact of road maintenance salt on grass vegetation. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XIV, No 2, 2006, p 83–88.
2. Storprištytė, I.; Kazlauskienė, A.; Ščupakas, D. Chloridų koncentracijos sniego dangoje intensyvaus eismo Lietuvos kelių pakelėse tyrimai. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XII, Supplement 2, 2004, p 60–66.
3. Laurinavičius, A.; Čygas, D. Cheminės medžiagos automobilių kelių ir gatvių dangų priežiūrai žiemą. *Aplinkos inžinerija*, Nr. 2(6), 1996, p 60–65.
4. Oškiniš, V.; Kasperovičius, T. Impact of road maintenance salts on water ecosystems according to diatom flora investigation. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XIII, No 1, 2005, p 51–55.
5. Kayama, M. et al. Effects of deicing salt on the vitality and health of two spruce species, *Picea abies* Karst, and *Picea glehnii* Masters planted along roadsides in northern Japan. *Environmental Pollution*, 124, 2003, p 127–137.
6. Zhu, J. K. Plant salt tolerance. *Trends in Plant Science*, Vol 6, No 2, 2001, p 66–71.
7. Homero-Aranda R. et al. Physiological and anatomical disturbances induced by chloride salts in sensitive and to-
- lerant citrus: beneficial and detrimental effects of cations. *Plant, Cell and Environment*, 21, 1998, p 1243–1253.
8. Wilcox, D. A. The effects of NaCl deicing salts on *Sphagnum recurvum* P. beauv. *Environmental and Experimental Botany*, Vol 24, Issue 4, 1984, p 295–301.
9. Lundmark, A. Predicting environmental impact of deicing salt – a modelling approach. Dept of Land and Water Resources Engineering, KTH, Report, 2003. 33 p.
10. Yokoi, S.; Brestan, R. A.; Hasewaga, P. M. Salt Stress Tolerance of Plants. In: JIRCAS Working Report, 2002, p 25–33.
11. Blomqvist, G. De-icing salt and roadside environment: Air-borne exposure, damage to Norway spruce and system monitoring. PhD thesis summary. Stockholm, VTI, 2001. 5 p.
12. Baltrėnas, P.; Vaiškūnaitė, R.; Špakauskas, V. Experimental study and mathematical modelling of biofilter aerodynamic resistance. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XII, No 3, 2004, p 79–84.
13. Baltrėnas, P.; Vaiškūnaitė, R.; Špakauskas, V. Eksperimentiniai tyrimai ir lakiųjų organinių junginių mišinių biofiltracijos procesų biofiltre matematinis modeliavimas. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XI, No 3, 2003, p 79–84.
14. Burinskienė, M.; Rudzkiene, V. Modelling and forecasting of country tourism development in Lithuania. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, Vol XIII, No 3, 2005, p 116–120.
15. PHOENICS Overview. [žiūrėta 2006-05-09]. Prieiga per internetą: [http://www.cham.co.uk/phoenics/d\\_polis/d\\_docs/tr001/tr001.htm](http://www.cham.co.uk/phoenics/d_polis/d_docs/tr001/tr001.htm)

### MATHEMATICAL MODELLING OF GROWTH INTENSITY OF ROADSIDE PLANTS

P. Baltrėnas, J. Zaveckytė, A. Kazlauskienė, D. Ščupakas

#### Abstract

To maintain safety during winter, deicing salt (sodium chloride) is sprinkled over roads. Snow, mixed with highway salt, is then cleared by snowplows and usually ends up on roadsides where trees are planted. On conifers, adversely affected by deicing salt, needle shedding is accelerated. Undesirable results for the environment, caused by road maintenance chemical, are damaged vegetation, soil, polluted surface and groundwater, therefore, fauna, and people are also negatively impacted. The aim of modelling is to find a coefficient for calculating ryegrass, fescue grass and meadow-grass length of overground part after some time, accepting that the concentration of salt in melting snow and air temperature will be the same during investigation.

**Keywords:** ryegrass, fescue grass, meadow-grass, length of overground part.

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕНСИВНОСТИ РОСТА ПРИДОРОЖНОЙ ТРАВЯНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

П. Балтрėнас, И. Завяцките, А. Казлаускене, Д. Шчюпакас

#### Резюме

В климатических условиях Литвы в зимний период необходим уход за дорогами и улицами. Из-за частых осадков и отрицательной температуры применяются средства и материалы, обеспечивающие безопасность пешеходов и транспортных средств. Посыпаемая в осенне-зимний период при уборке снега и льда техническая соль прежде всего попадает на проезжую часть дороги, ее обочины и загрязняет почву придорожной санитарно-охранной зоны. Наносимая на дорожное покрытие соль может оказать окружающей среде и опосредованный вред. Атмосферные осадки вымывают техническую соль из почвы санитарно-охранной зоны, откуда она попадает в ближайшие к дороге поверхностные и грунтовые воды. Затем соль из почвы и воды попадает в растения. Возможными последствиями влияния химических веществ на окружающую среду является вред, наносимый придорожной растительности, почве, загрязнение поверхностных и грунтовых вод, что в свою очередь

отрицательно сказывается на людях и животных. Целью математического моделирования было найти коэффициенты, с помощью которых можно было бы рассчитать высоту надземной части многолетних трав: плевела, овсяницы, мятлика спустя определенное время, принимая, что концентрация соли в растаявшем снеге и температура воздуха во время эксперимента остаются неизменными.

**Ключевые слова:** плевел, овсяница, мятлик, высота надземной части растений.

*Scientific research is funded under implementation of the COST program activity No 859 “Phytotechnologies to promote sustainable land use and improve food safety” and the project “Contaminants in the system “soil–plants”: contaminants transport, accumulation and soil remediation” funded by Lithuanian State Science and Studies Foundation.*

**Pranas BATRĖNAS.** Dr Habil, Prof and head of Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU). Doctor Habil of Science (air pollution), Leningrad Civil Engineering Institute (Russia), 1989. Doctor of Science (air pollution), Ivanov Textile Institute (Russia), 1975. Employment: Professor (1990), Associate Professor (1985), senior lecturer (1975), Vilnius Civil Engineering Institute (VISI, now VGTU). Publications: author of 13 monographs, 24 study-guides, over 320 research papers and 67 inventions. Honorary awards and membership: prize-winner of the Republic of Lithuania (1994), a corresponding Member of the Ukrainian Academy of Technological Cybernetics, a full Member of International Academy of Ecology and Life Protection. Probation in Germany and Finland. Research interests: air pollution, pollutant properties, pollution control equipment and methods.

**Jolita ZAVECKYTĖ.** Master student (since 2004), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Bachelor of Science (environmental engineering), 2004, VGTU. Research interests: environmental pollution with road maintenance salt.

**Agnė KAZLAUSKIENĖ.** Master, doctoral student (since 2003), Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Master of Science (environmental protection engineering), 2002. Bachelor of Science (environmental engineering), 2000, VGTU. Research interests: environmental protection, environmental pollution with road maintenance salt.

**Davidas ŠČUPAKAS.** Dr, Assoc Prof, Dept of Environmental Protection, Vilnius Gediminas Technical University (VGTU).

Doctor of Science (public health), Vilnius University, 1962, Employment: Assoc Prof, Dept of Environmental Protection, VGTU, since 1999; Hygiene Research Institute, 1964–1970; State Environmental Health Centre, since 1990. Publications: author of 35 research papers. Research interests: environmental health.