

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
BIOLOĢIJAS FAKULTĀTE
BOTĀNIKAS UN EKOLOĢIJAS KATEDRA

Skarainās ģipsenes *Gypsophila paniculata* L. ietekme uz kāpu augu sabiedrību struktūru

Maģistra darbs

Autors: Gita Rudzīte

Studenta apliecības nr.: biol 010063

Darba vadītājs: Dr. biol., prof. Guntis Brūmelis

Recenzentsi: Asoc. prof. Gaļina Pospelova

Katedras vadītājs: Dr. biol., prof. Guntis Brūmelis

Darba aizstāvēšanas datums: 12.06.2006.

RĪGA, 2006

Kopsavilkums

Gita Rudzīte, 2006. Maģistra darbs. Skarainās ģipsenes *Gypsophila paniculata* L. ietekme uz kāpu augu sabiedrību struktūru.

Bioloģiskās daudzveidības saglabāšana un lietderīga bioloģisko resursu izmantošana ir svarīgākās lietas ilgspējīgai cilvēces attīstībai. Bioloģiskā daudzveidība tiek apdraudēta dažādi, un viens no draudiem ir pieaugošais svešo invazīvo sugu skaits. Transporta, tūrisma un ekonomikas attīstība rada iespēju eksotiskām sugām šķērsot ģeogrāfiskās barjeras un tādējādi apdraudēt dabiskās sugas jaunajā vietā. Bieži svešās sugas agresīvo raksturu izrāda tikai pēc vairākiem gadu desmitiem. Svarīgi ir paredzēt invazīvo sugu draudus un ietekmi aizsargājamās teritorijās.

Skarainā ģipsene *Gypsophila paniculata* L. ir sveša suga Latvijas kāpās. Šis augs ir svešs un invazīvs Ziemeļamerikā un Lietuvā, taču Latvijā tas iekļauts Sarkanajā grāmatā. *G. paniculata* Latvijas teritorijā ieviesās 20. gadsimtā un šobrīd aug ruderālās vietās, blakus dzelzceļa uzbūrumiem un Baltijas jūras krasta kāpās.

Darba mērķis bija apsekot *G. paniculata* populācijas Latvijā un Lietuvā un aprakstīt šī auga ietekmi uz kāpu augu sabiedrībām. Četru gadu laikā izpētītas kāpas vairākās vietās un veikti pastāvīgi parauglaukumu novērojumi, lai raksturotu *G. paniculata* populāciju dinamiku un telpisko struktūru. Individuāls matriksa modelis apstiprina pieņēmumu, ka *G. paniculata* ir atradusi savu nišu kāpu augu sabiedrībās. Augu sabiedrību analīzē tiek izdalīts jauns, neregistrēts klases *Ammophiletea arenariae* Br.-Bl. Et R.Tx. sintaksons, ko veido *G. paniculata*, *Tortula ruralis*, *Artemisia campestris*, *Carex arenaria*, *Sedum acre*, *Leymus arenarius*, un kas raksturīgs traucētām pelēkām kāpām un kāpu pļavām.

Galvenais secinājums – augs, kas tiek uzskatīts par aizsargājamu, ietekmē kāpu augu sabiedrības, un priekšrocības konkurences cīņā, salīdzinot ar citiem tipiskiem kāpu augiem, ir *G. paniculata*. Turklāt *G. paniculata* turpina izplatīties uz ziemeļiem. Stabila degradējošā sukcesionālā stadija limitē *G. paniculata* nostiprināšanos jaunās teritorijās. Nepieciešams ņemt vērā, ka *G. paniculata* var apdraudēt kāpu bioloģisko daudzveidību un izmainīt kāpām tipisko augu sabiedrību struktūru, turklāt tās aizņemto teritoriju palielināšanās liecina par pieaugošu antropogēno slodzi.

Summary

Gita Rudzīte, 2006. Master Theses. Baby breath *Gypsophila paniculata* L. influence on the structure of plant communities of dunes.

The conservation of biodiversity and economical use of natural resources are main aspects of sustainable human development. There are many threats to biodiversity and one of them is a growing number of alien invasive species. Developing transport, tourism and economy leads to a problem that exotic species can get over geographic barriers and endanger native species and biotopes in new locations. Often exotic species become invasive after several decades. It is important to predict the threat and influence of invasive species in protected areas.

Baby breath *Gypsophila paniculata* L. is a exotic species in the dunes of Latvia. This plant is invasive and nonnative in North America and Lithuania, but it is included in the Red Data Book of Latvia. *G. paniculata* established in the territory of Latvia during the 20th century and nowadays it grows in ruderal areas, near railways and in the dunes of Baltic Sea seacoast.

The aim of the work was to study populations of *G. paniculata* in the Latvia and Lithuania and describe impact of this plant on plant communities of dunes. Several territories of dunes are investigated during four-year studies and permanent plots were established to describe the population dynamics and spatial structure of *G. paniculata*. Individual based matrix model confirms that *G. paniculata* has found its' niche in the dune communities. The new, no-officially registered taxa of plant communities class Ammophiletea arenariae Br.-Bl. Et R.Tx that is typical for disturbed grey dunes and dune grasslands, is described. The dominant species of taxa are *G. paniculata*, *Tortula ruralis*, *Artemisia campestris*, *Carex arenaria*, *Sedum acre*, *Leymus arenarius*.

The main conclusion is that the protected plant exerts an influence on the plant communities of dunes and *G. paniculata* has advantages in competition compared with other typical plants of dunes. *G. paniculata* can spread northwards. The only limitation factor for promoting the spread of *G. paniculata* is a stable degradational succesional stage. It is necessary to take in account that *G. paniculata* can endanger the biodiversity of dunes and change the structure of typical plant communities, besides growing number of territories with *G. paniculata* indicates about increasing anthropogenic stochasticity.

Saturs

Ievads.....	5
1. Literatūras apskats.....	6
1.1. Svešās invazīvās sugas	6
1.2. Skarainā ģipsene <i>Gypsophila paniculata</i> L.	10
1.3. Kāpu zonas raksturojums	16
1.4. Populācijas modeļi	19
2. Materiāls un metodes	20
3. Rezultāti	25
3.1. Sugu un parauglaukumu ordinācija	25
3.2. Augu sabiedrības	30
3.3. Papes piekrastes pastāvīgo parauglaukumu novērojumi	35
3.5. <i>G. paniculata</i> aizņemtās teritorijas	40
3.6. <i>G. paniculata</i> populācijas dinamikas modeļa izveide.....	42
4. Diskusija	45
4.1. <i>G. paniculata</i> aizņemto teritoriju un biotopu analīze	45
4.2. Novērojumi pastāvīgajos parauglaukumos	46
4.3. Modeļa analīze	49
4.4. <i>G. paniculata</i> ietekme uz kāpu augu sabiedrību struktūru	52
4.5. <i>G. paniculata</i> kā invazīva augs izvērtējums	54
Secinājumi.....	55
Pateicības.....	56
Literatūra	57
Pielikums	64

Ievads

Mūsdienās bioloģiskās daudzveidības saglabāšanu apdraud dažādu faktoru mijiedarbība - biotopu fragmentācija, dzīvotņu izzušana un svešās invazīvās jeb agresīvās sugas, kas izkonkurē vietējās dabiskās sugas un degradē biotopus. Visbiežāk eksotiska suga invazīvo raksturu jaunajā dzīvesvietā izrāda tikai pēc vairākiem gadu desmitiem. Eiropā introdukcijas vēsture ir sena, taču par daudzu sugu sākotnējo izplatību un ekoloģiju datu nav vai tie ir novecojuši. Šī iemesla dēļ var tikt pieņemti kļūdaini secinājumi par kādas sugas aizsardzības statusa piešķiršanu vai, gluži otrādi, iekļaušanu svešo invazīvo sugu sarakstā (de Klemm 1996).

G. paniculata ir suga, kas izraisa domstarpības botāniķu starpā, bet par kuras ekoloģiju Latvijā trūkst pētījumu. Latvijas teritorijā tā ieviesusies 19. gs. beigās, mūsdienās savvaļā sastopama galvenokārt Baltijas jūras piekrastē. Kāpās esošās populācijas iekļautas Latvijas Sarkanajā grāmatā (Anon. 2003), taču pastāv otrs uzskats, ka šī suga ir sveša un agresīva. Lietuvā, kur to introducēja kā kāpu nostiprinošu augu, šobrīd *G. paniculata* iekļauta invazīvo augu sarakstā (Gudžinskas 1999). Kāpas ir rets un jutīgs biotops, ko īsā laikā var degradēt dažādi faktori - arī invazīvās sugas, tādēļ jāapzinās iespējamie draudi.

Maģistra darba mērķis bija noskaidrot esošo un prognozēt turpmāko *G. paniculata* ietekmi uz kāpu augu sabiedrību struktūru.

Mērķa īstenošanai tika izvirzīti vairāki uzdevumi:

1. noskaidrot *G. paniculata* sastopamību dažādos biotopos Latvijā un Lietuvā;
2. novērtēt *G. paniculata* populācijas blīvuma un aizņemto teritoriju izmaiņas posmā no Latvijas-Lietuvas robežas līdz Priediengalcimam;
3. veikt augu sabiedrību aprakstus un ilglaicīgus novērojumus populācijas dinamikas un telpiskās struktūras raksturošanai;
4. modelēt *G. paniculata* populācijas dinamikas izmaiņas nākotnē;
5. izvērtēt *G. paniculata* ietekmi uz kāpu augu sabiedrību struktūru.

1. Literatūras apskats

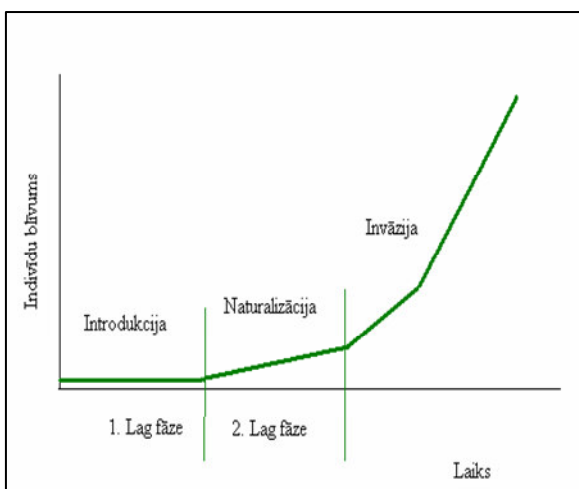
1.1. Svešās invazīvās sugas

1.1.1. Introdukcijas loma invazīvo sugu izplatībā

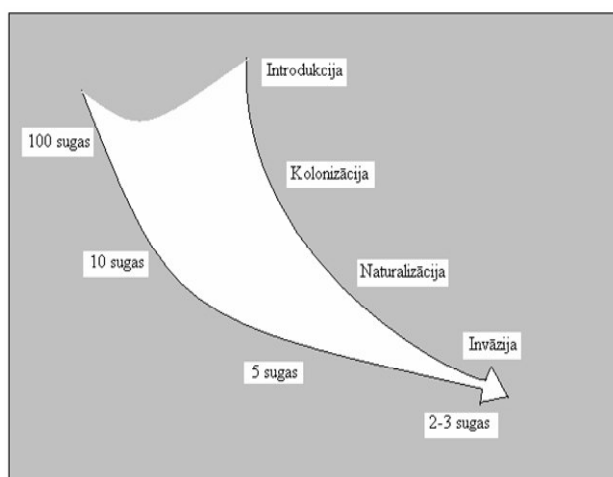
Paaugstinoties dzīves līmenim, palielinās introducēto sugu skaits. Introdukcija ir svešas sugas, pasugas vai zemāka taksona transportēšana pār galvenajiem ģeogrāfiskajiem šķēršļiem ar cilvēka palīdzību. Pēc tā, cik dabiski vai sveši ir augi esošajā ekosistēmā, ir izveidoti vairāki iedalījumi. Sugas raksturošanai, kas neatrodas tai raksturīgā ekosistēmā, tiek lietoti vairāki sinonīmi, piem., nedabiska, sveša, eksotiska (Anon. 2001; de Klemm 1996; Kornaš 1982).

Visus svešo sugu izplatības veidus var iedalīt plānotā vai neplānotā introdukcijā. Plānotas introdukcijas gadījumā svešas sugas tiek ieviestas produktīvās bioloģiskajās sistēmās, dārzos un parkos vai arī turētas nožogojumā, gūstā. Neplānota introdukcija notiek, organismus pārvietojot nejauši ar transporta, tūrisma un tirdzniecības palīdzību. Introducētās svešās sugas īsā laikā var iet bojā vai arī saglabāties platībās, kurās pirmo reizi introducētas, un neizplatīties ārpus esošās ekosistēmas. Daļa svešo sugu aklimatizējas un agresivitāti izrāda ātri, bet daļai sugu ir viena gara vai vairākas īsas „Lag” fāzes eksponenciālās populācijas augšanas laikā. Dažādu apstākļu ietekmē Lag fāze var tikt pārtraukta un populācijas var strauji pieaugt (1.1.Aatt.). Svarīgi aprēķināt potenciāli invazīvo sugu izplatīšanās ātrumu, lai nākotnē paredzētu iespējamās problēmas. Lai gan no simts introducētām sugām vidēji piecas spēj naturalizēties, bet tikai divas līdz trīs kļūst invazīvas, jebkura sveša suga jāuzskata par potenciāli invazīvu, kamēr nav pierādīts pretējais (Anon. 2001; Andow 1997; de Klemm 1996; di Castri et.al. 1990; Kowarik et.al. 2001; Madera 1998;McNeely et.al. 2001; Shine et.al. 2000; Wangen et.al. 2006).

Analizējot Eiropā introducēto augu vēsturi, saskatāmas likumsakarības – vispirms augi tieši vai netieši nokļūst jaunā dzīvesvietā un parādās pirmie indivīdi, tad nostabilizējas teritorijā ar lieliem traucējumiem, pamazām apgūst teritorijas ar mazākiem traucējumiem, kamēr jau sāk izsēties un vairoties arī netraucētā biotopā. Biotiskie faktori un klimats ietekmē to, ka katra nākamā fāze ir grūtāk sasniedzama, tādēļ tikai neliela daļa imigrantu spēj invadēt dabiskos biotopus (1.1.B att.) (di Castri et.al. 1990; de Klemm 1996; Kornaš 1990).



A



B

1.1.att. Sugu invāzijas shēmas

A - pārzīmēts no Andow 1997; B - pārzīmēts no Di Castri et.al. 1990

Fig.1.1. Patterns of species invasion

A - redrawn from Andow 1997; B - redrawn from Di Castri et.al. 1990

1.1.2. Invazīvo sugu raksturojums

Svešās invazīvās sugas, kas kļūst noturīgas dabiskās vai pusdabiskās ekosistēmās, liecina par pārmaiņām ekosistēmas struktūrā, apdraud dabas daudzveidību un traucē sukcesiju dabisko norisi, ierosinot nosacītu klimaksa stadiju. Ekosistēmās ar vidējiem traucējumiem ir lielāka bioloģiskā daudzveidība un piemērotāki apstākļi dažādu sugu koeksistencei, taču ja traucējumi ir telpiski regulāri, konkurencē uzvar stiprākās, tai skaitā invazīvās sugas. Tās sevišķi ietekmē degradētus un jutīgus apgabalus (piemēram, urbanizētas zonas), teritorijas, kurās sukcesijas nomainās periodiski vai ir spēcīgi ietekmētas, un kurās dabiskie un antropogēnie faktori jūtami visvairāk. Globālās klimata pārmaiņas paātrina svešo invazīvo sugu izplatīšanos, kas, krustojoties ar radniecīgajām vietējajām sugām, rada gēnu dreifu ar neparedzamām sekām. Invazīvos augus var uzskatīt par „ekosistēmu inženieriem”, kas izmaina ekosistēmu dažādos veidos, limitējot dabiskos augus dažādos to dzīves cikla posmos (Anon. 2001; di Castri et.al. 1990; Kowarik et.al. 2001; McNeely et.al. 2001; MacDougall et.al. 2006; Madera, 1998; Minchinton et.al. 2006; Takasu et.al. 1997).

Apkopojot literatūrā esošo informāciju, var izdalīt potenciāli invazīvo sugu īpašības:

- iespējamība sugai kļūt invazīvai pieaug reizē ar introducētās sugas sākuma populācijas lielumu, tādējādi - jo ilgāk kāda suga ir mērķtiecīgi introducēta un kultivēta, jo ilgāks laiks tai dots nostiprināties;

- sugām ar lielāku dabisko izplatību ir lielākas iespējas kļūt invazīvām;
- ja suga jau ir invazīva kādā valstī, tā jāuzskata par potenciāli invazīvu citās valstīs ar līdzīgu ģeogrāfisko stāvokli un klimatu;
- invazīvu sugu parādīšanās jaunā dzīvesvietā parasti liecina par šīs vietas īpašības maiņām, sevišķi klimata maiņu.

Invazīvo sugu izplatīšanās ātrums ir atkarīgs no sugas reprodukcijas spējām. Invadējošās sugas izplatīšanās ātrumu var novērtēt divos veidos – empīriski vai detāli ar matemātiskiem modeļiem. Empīriskais novērtējums ir piemērots invazīvām sugām ar lēnu izplatību un balstās uz datiem par to, kā suga izplatījies iepriekšējos gados. Šī metode ir piemērota, lai radītu skēršļus sugas tālākai izplatībai. Individuāli, detalizēti matemātiski modeļi vairāk piemēroti sugām, kas izplatās ātri. Uzskata, ka konkurētspējīgākas ir sugas, kas spēj vairoties arī veģetatīvi, ir ar mazu sēklu masu, dīgšanas iespējām daudzveidīgā vidē, īsu juvenilo periodu un īsu laika posmu starp sēklu izsējām, lielu populācijas pieaugumu, plašu sēklu izplatību laikā un telpā, pašapputi vai vējapputi, bet ja tās nav, tad vienkāršu zieda uzbūvi, un ka taksoni, kas radniecīgi dabiskajām sugām, retāk kļūst invazīvi nekā sveši taksoni ar attālu līdzību. (Andow 1997; Jacques 1990; McNeely et.al. 2001).

Introducētās vai ievazātās sugas labākai kontrolei iesaka iedalīt sarakstos, izdalot jau esošās invazīvās sugas, kuru introdukcija nebūtu vēlama, un sugas ar zemu iespēju kļūt invazīvām. Atsevišķā sarakstā apvienojamas sugas, kas nav pietiekami izpētītas, lai tās sauktu par invazīvām (McNeely et.al. 2001 cit. pēc Wittenberg et.al.; Shine et.al. 2000).

1.1.3. Invazīvo sugu ierobežošana

Lielākā daļa invazīvo sugu problēmu ir starptautiskas, un to risināšanai slēdz starpvalstu līgumus, informē sabiedrību un veic praktiskus pasākumus. Pilnīgi iznīcināt invazīvās sugas ir sarežģīti, jo jāapvieno dažādas metodes, taču apkarošanas pasākumi nepieļauj šo sugu populāciju nekontrolētu pieaugumu. Šobrīd vairāki desmiti starptautisku un reģionālu lēmumu un likumprojektu kontrolē introdukciju, svešo sugu kontroli un izskaušanu. Tiek apkopota informācija par svešām sugām – to izplatība, nodarītie zaudējumi, populāciju lielumi. Nozīmīga ir “agrā trauksme” – iespēja paredzēt invazīvās sugas jauno dzīvesvietu vai jaunu invazīvo sugu kādā reģionā (Hansen et.al. 2006; McNeely et.al. 2001).

Latvijas valdība nav izstrādājusi vienotu likumdošanu attiecībā uz invazīvajām augu sugām. Ir ratificēta Riodežaneiro Konvencija par bioloģisko daudzveidību (Anon. 1996) un

izstrādāta Bioloģiskās daudzveidības nacionālā programma, kurās kā viens no mērķiem ir nodrošināt ilgpējīgu attīstību un starptautisko saistību izpildi dabas aizsardzības jomā, tas nozīmē – arī invazīvo sugu ierobežošanā. Sugu introdukciju un reintrodukciju regulē Sugu un biotopu aizsardzības likums (Anon.² 2000) un MK noteikumi Nr.34 „Nemedījamo sugu indivīdu iegūšanas, Latvijas dabai neraksturīgo savvaļas dzīvnieku ieviešanas (introdukcijas), kā arī dzīvnieku populācijas atjaunošanas dabā (reintrodukcijas) atļauju izsniegšanas kārtība” (Anon.² 2001) (Anon. 2000; Anon. 2002; Hallanaro et.al. 2001).

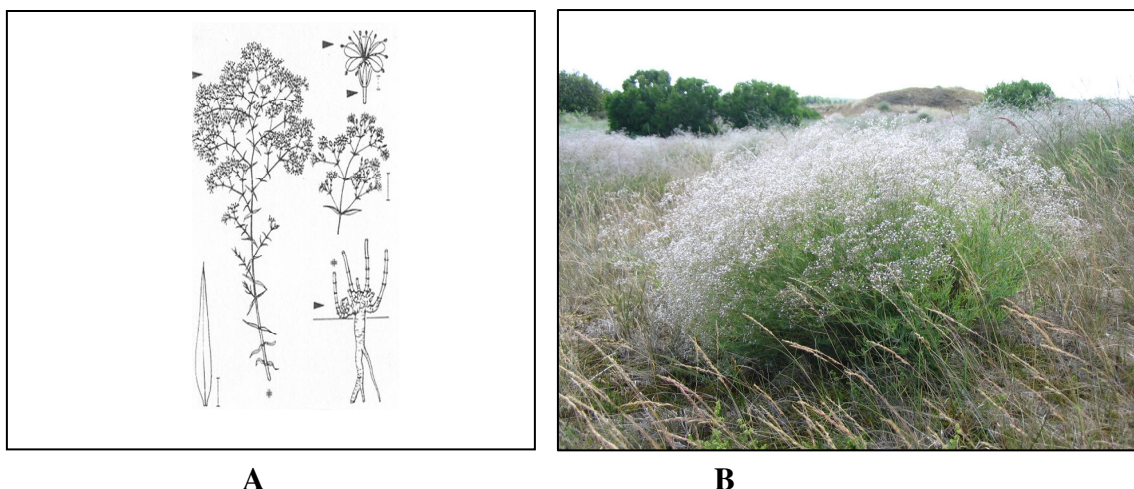
Latvijā 33 % no paparžaugu un sēkļaugu floras veido citzemju sugas, no kurām daļa kļuvušas invazīvas, piemēram, lokveida zvērene *Barbarea arcuata*, uzpūstais dižtītenis *Calystegia inflata*. Lai gan šobrīd notiek tikai invazīvo sugu apzināšana, dažas no agresīvākajām sugām jau cenšas apkarot, piemēram, Sosnovska latvāni *Heracleum sosnowskii* un krokaino rozi *Rosa rugosa*. Galvenās datu bāzes par svešajām sugām atrodas LU Bioloģijas institūtā un LU Bioloģijas fakultātē (Rasiņš 1985; Laiviņš 1985; Gavrilova u.c. 1999; Anon. 2002).

1.2. Skarainā ģipsene *Gypsophila paniculata* L.

1.2.1. Sugas morfoloģiskais apraksts

Skarainā ģipsene *Gypsophila paniculata* pieder pie sēklaugu *Spermatophyta* segsēkļu nodalījuma *Magnoliophyta*, divdīgļlapju klases *Magnoliopsida*, nelķu rindas *Caryophyllales*, nelķu dzimtas *Caryophyllaceae*, ģipseņu ģints *Gypsophila* (1.2.att.) (Pētersone u.c. 1958; Gavrilova u.c. 1999). Tas ir 50-90 (40–100) cm augsts daudzgadīgs lakstaugs ar zilganu apsarmi. Nav noteikts *G. paniculata* dzīves ilgums, taču zinot, ka radniecīgā ložņu ģipsene *G. repens* var sasniegt 21 gada vecumu, var pieņemt, ka skarainā ģipsene sasniedz vēl lielāku vecumu. Sakne resna, vertikāla, vairākus metrus gara. Stublājs stāvs, pie pamata četršķautnains, augšdaļā – veltnisks, kails, reti ar dziedzermatiņiem, bieži purpurviolets. Stublājs parasti zarots, bieži veido apaļu krūmu. Zari plaši izpletušies, līdz ar lapām kaili, retāk apakšējā daļā ar dziedzerainiem matiņiem (var. *subglandulosa* Lipsky). Lapas šauri olveidīgi lancetiskas vai lineāri lancetiskas, sēdošas, ar labi attīstītu vidus dzīslu un vāji izteiktām sānu dzīslām, 2–5 (-7) cm garas, 5–10 (2.5–8) mm platas, nosmailotu galu, pie pamata saaugušas īsā makstī (Bumbure u.c. 1957; Darwent 1975; Gavrilova 1999; Pott 1995; Schweingruber et.al. 2005).

G. paniculata ir divmājniece. Ziedi poligāmi, sakārtoti dihāzijā; ziedkopa ļoti plaša, lodveidīga, bagātīgi zarota; ziedkopas asis kailas, reti, galvenokārt, apakšdaļā ar dziedzermatiņiem. Ziedu kātiņi 2–6 mm gari. Kauss brūni violets, plati zvanveida, 1.5–2 mm garš, dziļi šķelts 5 strupās, ieapaļās, taisnās daivās, kas gar malu bāli plēvainas. Apakšējās seglapas zālainas, stublāja lapām līdzīgas; augšējās seglapas plēvjainas, gaišas, vidū ar purpurvioletu joslu. Vainaglapas baltas vai gaiši sārtas, ķīļveidīgas līdz lineāras, gals noapaļots vai ar seklu jomu. Vainaglapas divreiz garākas par kausu. Putekšņlapas 10, kopā ar irbuli pārsniedz vainagu. Sēklotne ar 4 sēklaizmetņiem. Pogaļa lodveidīga, nedaudz garāka par kausu, plati otrādi olveida, apmēram 2 mm caurmērā. Sēklas melnas, plakanas, ar iegareniem pauguriņiem radiālās rindās, apmēram 1 mm garas. Zied jūlijā, augustā. *G. paniculata* diploīdo hromosomu skaits Centrāleiropā ir 28 un 34 (Bumbure u.c. 1957; Darwent 1975; Darwent et.al. 1966; Eichwald et.al. 1971; Gavrilova 1999).



1.2. att. *Gypsophila paniculata*

A – detalizēts *G. paniculata* attēls (pēc Rothmaler 1987); B – *G. paniculata* pelēkajās kāpās Papē (autores foto).

Fig.1.2. *Gypsophila paniculata*

A – detailed picture of *G. paniculata* (by Rothmaler 1987); B – *G. paniculata* on the grey dunes of Pape (photo by author)

1.2.2. Augšanas apstākļi un attīstība

Viens *G. paniculata* augs spēj producēt ap 13700 sēklām, kas izsējas kilometriem tālu, vējam pārnēsājot augu daļas ar sēklu pogaļām, kas neatveras vienlaicīgi. Sēklu veidošanās, nobriešana un izsēja ilgst no jūlija vidus līdz veģetācijas sezonas beigām. Sēklu miera periods ir īss vai tāda nav. Eksperimentos novērots, ka 10-28⁰ C t^o sēklu dīgtspēja variē no 91–97%, gaisma sēklu attīstību neietekmē, bet smilts un smilšmāla augsnē dīgtspēja pieaug, jo auglīgas augsnes kavē sakņu attīstību. 91–94% sēklu dīgst iesētas 0,25 cm dziļumā vai seklāk, bet palielinoties iesējas dziļumam, sēklu dīgtspēja samazinās. Juvenīlie augi attīstās no sēklām agri maijā, bet tikai viens dzinums no katra jaunā auga turpina attīstību pirmajā gadā. Ziedēt sāk trešajā gadā (Tutin et.al. 1964; Darwent et.al. 1966; Darwent 1975).

G. paniculata nelabvēlīgos apstākļos izdzīvo pateicoties stabilajai sakņu sistēmai. Sakņu augšana strauji noris pirmajos divos auga attīstības gados. Vidējais sakņu garums *G. paniculata* pirmā attīstības gada laikā sasniedz ap 60 cm, virszemes dzinumu garumam attiecīgi nepārsniedzot 12 cm garumu. Nostabilizējušies *G. paniculata* īpatņi ir daudzgadīgi, taču nelabvēlīgos apstākļos augsta mirstība (līdz pat 98%) konstatēta nenobriedušiem īpatņiem līdz divu gadu vecumam. Nobriedušo augu augšanu un jauno dīgstu attīstību no sēklām traucē regulāra slodze, sevišķi antropogēnā (tūristu pieplūdums) vai biotiskā (noganīšana, pļaušana). Samazinot atpūtnieku plūsmu Lietuvā teritorijās, kur sastopama *G. paniculata*, šo augu skaits

vairākkāršojās un pieauga veģetācijas projektīvais segums. Augsta, blīva veģetācija un krūmu klātbūtne veicina *G. paniculata* skaita palielināšanos. Novērota likumsakarība, ka vietās ar 0 - 60% veģetācijas projektīvo segumu, *G. paniculata* blīvums var samazināties, bet vietās ar veģetācijas projektīvo segumu no 70 -100% *G. paniculata* blīvumi ir stabili un palielinās. Lai gan atsevišķos pētījumos norādīts, ka regulāra slodze samazina *G. paniculata* audžu blīvumus, tomēr Ziemeļamerikā izstrādātajos ieteikumos *G. paniculata* apkarošanai iesaka īpašas metodes, jo vienkārša pļaušana, dedzināšana vai ganīšana nesamazina *G. paniculata* blīvumu (Darwent 1975; Gudžinskas 1999; McGowan-Stinski et.al. 2006).

Nokalnēs un nelielās ieplakās, smilšmāla un mālsmilts augsnes novērots lielāks *G. paniculata* blīvums. Lietuvā konstatēts, ka *G. paniculata* aug smilšainās augsnēs, kuru auglīgā virskārta nepārsniedz 2 – 5 cm, augsnes pH ir 4 – 5.3 un humusa saturs augsnē sastāda 0.7 – 0.9%, turklāt neorganisko vielu saturs ir ļoti zems (Olšauskas 1995), savukārt J. Stankevičiūtes (2000) dati liecina, ka *G. paniculata* aug augsnē, kuras humusa sastāvs sastāda 0.06-0.4%, NO₃-0.01-0.03%, P₂O₅ – 0.01-0.6%, bet pH – 6.2-6.6.

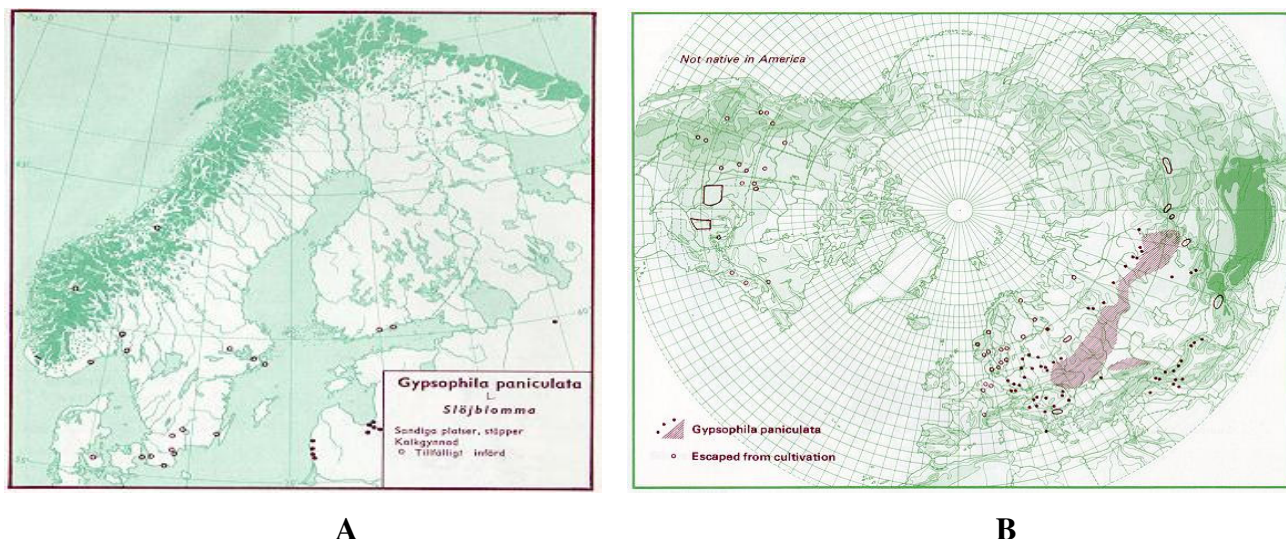
G. paniculata piemērojas dažādām temperatūras un mitruma svārstībām. Kanādā, kur gada vidējā gaisa temperatūra ir 5,6⁰C, bet vidējais nokrišņu daudzums ir 25–112 cm gadā, *G. paniculata* ir agresīvāka teritorijās ar zemu nokrišņu daudzumu, taču Lietuvā un Latvijā tā aug teritorijās ar subatlantisko klimatu. Lietuvas piekrastē gada vidējā t⁰ vidēji ir +7⁰C, janvārī - 1⁰C, bet jūlijā +17⁰C, nokrišņu daudzums 673-711 mm, vidējais vēja ātrums 5,6 m/s. Latvijā pēc Latvijas vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas aģentūras datiem – vidēji Latvijā janvāra t⁰ ir - 2⁰C, jūlijā - +16 - +18⁰C. (Darwent 1975; АНОН. 1986; Olšauskas 1995; Stankevičiūte 2000).

1.2.3. *Gypsophila paniculata* izplatība

Izplatība pasaulē

G. paniculata tiek uzskatīta par Eirosibīrijas sugu, kas sastopama Krievijas Eiropas daļā, Viduseiropā (reti), Kaukāzā, Rietumsibīrijā, Vidusāzijā, Ziemeļmongolijā, Rietumķīnā, Skandināvijā. Izplatības rietumu robeža Eiropā - Centrālā Austrija, dienvidos – Bulgārija, ziemeļos 57. paralēle Krievijā (1.3. att.). *G. paniculata* kā sveša, savvaļā pārgājusi suga raksturīga Ziemeļamerikai un Atlantiskajai Eiropai. Pamatareālā tā aug stepes pļavās, norās, smilšainos upju krastos, bet Eiropā un Ziemeļamerikā - biotopos ar skraju veģetāciju. Baltijas jūras piekrastē *G. paniculata* veido retinātas audzes. Par invazīviem tiek uzskatīti dzelzceļu

tuvumā augošie īpatņi (Васильченко и др. 1936; Bumbure u.c.1957; Агеева и др. 1960; Tutin et.al. 1964; Eichwald et.al. 1971; Garcke 1972; Darwent 1975; Gleason et.al. 1993; Laasimer et.al. 1993; Jonsell et.al. 2001).



1.3. att. *Gypsophila paniculata* izplatība

A - izplatība Holarktikā (pēc Hulten et.al. 1986); B – izplatība Ziemeļeiropā (pēc Hulten et.al. 1986)

Fig.1.3. Distribution of *Gypsophila paniculata*

A – distribution in the Holarctic (by Hulten et.al. 1986); B - distribution in the Northern Europe (by Hulten et.al. 1986)

Izplatība Latvijā

Pirmā ticamā informācija par *G. paniculata* sastopamību Latvijā ir kopš 1882. gada, kad to pirmoreiz konstatēja Daugavpils apkārtnē, bet 1888. gadā ievāca pirmo herbārija materiālu. Uzskata, ka Daugavpilī *G. paniculata* tika ievazāta - sēklas ievada nejauši kopā ar labību no Sibīrijas. Pēc dažiem gadiem *G. paniculata* bija izplatījusies 3 – 4 jūdzes tālāk no sākotnējās atradnes Daugavpilī un ar transporta starpniecību nokļuvusi arī Rīgā, bet 19.gs. beigās to audzēja kā krāšņumaugu (Lehman 1895; Lehman 1896). 20.gs. 50-to gadu literatūrā *G. paniculata* savvaļā aprakstīta kā reti sastopama ruderālās vietās, ielu un dzelzceļu malās, norās, atmatās un rudzu laukos Vecvirlaukā, Jelgavā, Rīgā, Ogrē, Jaunlīvē, Daugavpilī (Bumbure u.c. 1957; Pētersone u.c. 1958; Агеева и др. 1960).

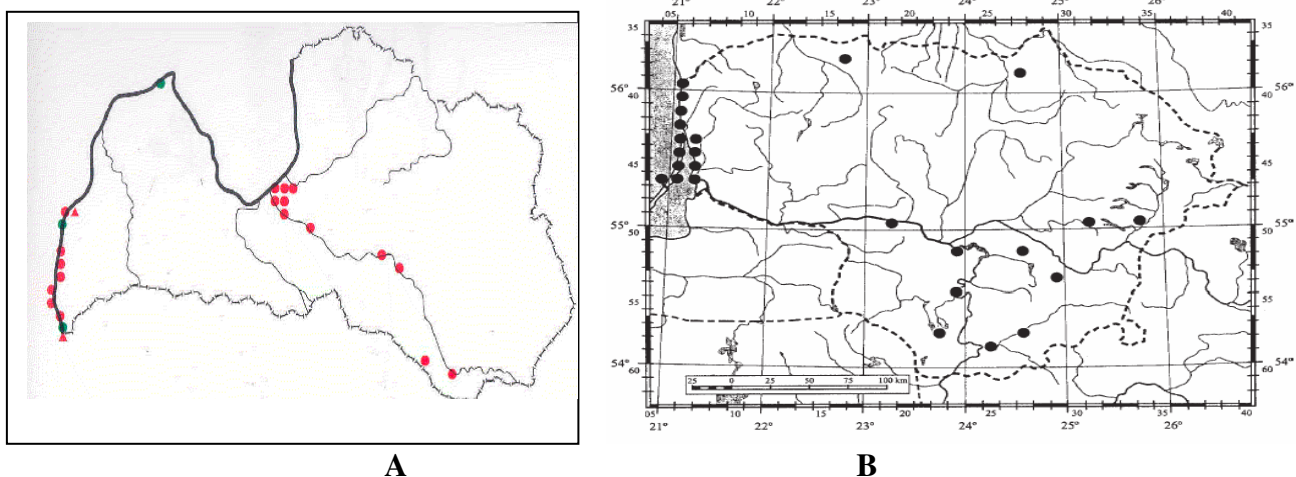
L. Tabaka (Табака 1988) un viņas kolēģi raksta, ka *G. paniculata* satopama reti, tikai Baltijas jūras piekrastē Liepājas apkārtnē, bet kā adventīva suga konstatēta Rīgā, Daugavpilī un citur. Jaunākajā literatūrā minēts, ka Baltijas jūras piekrastē *G. paniculata* ir autohtona, bet iekšzemē dārzeņbēglis vai neofīts. Izplatība raksturota reta, nevienmērīga: galvenokārt Baltijas jūras krasta kāpās uz dienvidiem no Pāvilostas, ruderālās vietās Rīgā un tās apkārtnē, Ogrē, Alotenē, Krustpilī, Eglainē, Daugavpilī (1.4.A att.). Ģ. Gavrilova un V. Šulcs (1999) tai

piešķirušī divējādu floristisko statusu – adventīva un vietēja, reta suga. Tā iekļauta Latvijas Sarkanajā grāmatā kā otrās kategorijas suga – jutīga suga (Anon. 2003).

Ģ. Gavrilova (1999) uzskata, ka *G. paniculata* Latvijā sasniedz areāla ziemeļu, ziemeļrietumu robežu.

Izplatība Lietuvā

G. paniculata Lietuvā tika introducēta 19. gs. beigās kāpu nostiprināšanai. Vairāku gadu desmitu laikā šis augs patstāvīgi izplatījās Kuršu kāpā un visā Lietuvas piekrastes joslā (1.4.B att.), bet 1981. gadā atsevišķi augi tika konstatēti Papes apkārtnē Latvijā. Z. Gudžinskas (1999) norāda, ka Lietuvas piekrastes ziemeļu daļā šis augs sastopams bieži. Šobrīd *G. paniculata* Lietuvā ir naturalizējusies un sastopama Baltijas jūras piekrastē un rudērālās vietās iekšzemē. 20. gs. 90-to gadu vidū *G. paniculata* populācijas Baltijas jūras piekrastē Lietuvas teritorijā tika uzskatītas par dabiskām un aizsargājamām, bet šobrīd tās tiek uzskatītas par invazīvām (Olšauskas 1995; Gudžinskas 1999).



1.4. att. *Gypsophila paniculata* izplatība Latvijas un Lietuvas teritorijā

A – izplatība Latvijas teritorijā (pēc Anon. 2003); B – izplatība Lietuvas teritorijā (pēc Gudžinskas 1999)

Fig.1.4. Distribution of *Gypsophila paniculata* in the territory of Latvia and Lithuania

A – distribution in the territory of Latvia (by Anon. 2003); B – distribution in the territory of Lithuania (by Gudžinskas 1999)

1.2.4. Augu sabiedrības ar *G. paniculata*

Ziemeļamerikā *G. paniculata* aug maz noganītās dabiskās kāpu pļavās, ceļmalās, pļautās pļavās un ganībās augu sabiedrībās ar bezakotu lāčuzu *Bromus inermis* un pavārpatas sugu *Agropyron cristatum*, mazkultivētos laukos ar parastajiem rudziem *Secale cereale*, pamestos laukos un ruderālās vietās ar viengadīgiem augiem, birztaļās ar Amerikas apsi *Populus tremuloides* (Darwent 1975).

Eirāzijā *G. paniculata* tiek raksturots kā obligāts psammofīts augu sabiedrībās Koelerion glaucae, Plantagini – Festucion (Hejny et.al. 1990).

V. Motiekaityte (2000) Lietuvas piekrastes pelēko kāpu zemas rekreācijas intensitātes zonā izdala atsevišķu fitocenozi *Gypsophila paniculatae* – festucetosum sabulosae, kuru veido kāpu auzene *Festuca sabulosa*, *Gypsophila paniculata*, zilganā kelērija *Koeleria glauca*, īstā madara *Gallium verum*. Autore atkarībā no sukcesijas stāvokļa izdala sākotnējo (ar pūkaino plostbārdi *Tragopogon heterospermus*, jūrmalas dedestiņu *Lathyrus maritimus*, Gmelina alisi *Alyssum gmelini*, smiltāju ciesu *Calamagrostis epigeios*) un optimālo (ar mazo mārslu *Thymus serpyllum*, kodīgo laimiņu *Sedum acre*) fāzi. Virzienā uz iekšzemi, kur pelēkās kāpas pāriet stipri traucētās sausajās pļavās, veidojas dažādu stratēģiju augu sabiedrības ar *G. paniculata*, smiltāju kāpukviesi *Leymus arenarius*, *Festuca sabulosa*, parasto vērmeli *Artemisia absinthium* un parasto biškrēsliņu *Tanacetum vulgare*.

Lietuvas piekrastes baltajās kāpās J. Stankevičiūte (2000) izdala asociāciju Elymo-Ammophiletum petasitetosum Bandžiulienne ex Stankevičiūte subas. Nova, kuru veido apmēram 22 sugas ar kopējo veģetācijas projektīvo segumu 40-60%. Tai raksturīgās sugas - neīstā tūsklape *Petasites spurius*, *G. paniculata*, smilts grāslis *Carex arenaria* un *Tragopogon heterospermus*.

Latvijā skarainā ģipsene sastopama augu sabiedrībās ar tipiskiem priekškāpu un pelēko kāpu augiem. Tā sastopama priekškāpu augu sabiedrību klasē Ammophiletea Br. Bl. et Tx., savienībā Ammophilion arenariae Br. Bl. em.R.Tx., asociācijā Elymo-Ammophiletum arenariae. Ģipsene kāpās veido lielas audzes un laika gaitā var pavirzīties uz ziemeļiem, jo suga ir dominanta augu sabiedrībās un neviens augs to nespēj izkonkurēt (Ofkante 2001).

1.3. Kāpu zonas raksturojums

1.3.1. Kāpas

Kāpas ir šaura, pauguraina smilšu josla piekrastē, kas veidojusies vējam nesot smiltis dziļāk kontinentā un sastopoties ar šķērsli. Kāpas iedala divās lielās grupās: primārās (jūrai vistuvāk esošās, reta veģetācija, sīkāk iedala embrionālajās un priekš- kāpās) un sekundārās (augāju veido sūnas, ķērpji, lakstaugi, atsevišķi koki vai krūmi, sīkāk iedala pelēkajās, brūnajās vai melnajās kāpās). Pelēkajās kāpās aktīva smilšu pārnese vairs nenotiek vai notiek ļoti maz. Šīm kāpām raksturīgs nosacīti stabils augājs ar sūnām, ķērpjiem un lakstaugiem. Latvijā, ņemot vērā koku un krūmu īpatsvaru, izdala atklātas pelēkās kāpas, pelēkās kāpas ar sīkkrūmiem un krūmiem, pelēkās kāpas ar kokiem (Fatare 1975; Kabucis 1995; Laime 2000; Laime 2001).

Kāpām raksturīga primārā sukcesija, kuras laikā veidojas augsne, uzkrājas nitrāti un organiskās vielas, kā arī rodas sēkļu banka. Primārās sukcesijas laikā notiek sugu migrācija uz brīvajām teritorijām un nišu apgūšana. Augu nišas var izskaidrot autekoloģiskos vai sinekoloģiskos pētījumos. Nišu un sugu daudzveidību ietekmē vairāki faktori, piemēram, tolerance pret ekstrēmiem apstākļiem, telpiskā struktūra, ko rada dominējošās sugas, ilgdzīvojoša sēkļu banka, zālēdāju rezistence pret vienu vai otru augu formu, sezonālā attīstība, garš mūža ilgums vai atsevišķu augu pastiprināta reprodukcija, turklāt piemēroti augšanas nosacījumi vienai sugai var būt nepiemēroti citām. Pelēkajās kāpās sāk veidoties plāns humusa un augsnes slānītis, ūdens saturs kāpu smiltīs nepārsniedz 30%, bet gruntsūdens augiem ir grūti pieejams, tādēļ kāpām raksturīgs neliels sugu skaits un mazs projektīvais segums. Telpisko struktūru visbiežāk raksturo alfa un beta daudzveidība. Grupveida telpiskai struktūrai kāpās raksturīga augstāka beta daudzveidība. Vietās ar zemu beta daudzveidību veģetācija ir telpiski monotona (Crawley 1986; Kabucis 2000).

Vietās, kur notiek aktīva smilšu pārpūšana (galvenokārt priekškāpā), dominē psammofītiski augi, piemēram, *Leymus arenarius*. Atkarībā no attāluma no jūras, sastopami dažādu ekoloģisko grupu augi – efemeru, kserofītu, halofītu, mezofītu. Smilšu mobilitātes dēļ kāpas vairāk piemērotas stresstolerantiem augiem. Baltijas jūras piekrastē balto un pelēko kāpu augu sabiedrības visbiežāk veido *Petasites spurius*, *Carex arenaria*, *Calamagrostis epigeios*, lauka vībotne *Artemisia campestris*, madaras *Gallium* sp., kosas *Equisetum* sp., čemurainā mauraga *Hieracium umbelatum*, *Koeleria glauca*, *Sedum acre*, *Festuca sabulosa*, smiltāju nelķe

Dianthus arenarius spp. *arenarius*, ķērpji *Cetraria aculeata*, *Cladonia glauca*, *Cladonia gracilis*, *Cladonia rangiformis* u.c. Kāpu un meža ekotonā sastopamas mežam raksturīgās sugas, apdzīvoto vietu tuvumā - sinantropās sugas (Fatara 1975; Fatara 1992; Kabucis 1995; Laime 2000; Kabucis 2000; Laime 2001; Motiekaityte 2000; Stankevičiūte 2000; Φarape 1974).

1.3.2. Kāpu raksturojums Latvijas un Lietuvas teritorijā

Kāpu augu sabiedrības Lietuvā

Augu sabiedrības Baltijas jūras piekrastē pieder plašai sintaksonu grupai (1.piel.). Smilšaino vietu sabiedrības Lietuvā veido 194 augu un 24 ķērpju sugas. Biežāk pārstāvētās dzimtas – graudzāļu *Poaceae*, asteru *Asteraceae*, tauriņziežu *Fabaceae*. Lietuvas piekrastē par apdraudētām tiek uzskatītas *Airetum praecocis* Krausch, *Leymo-Ammophiletum* Br.-Bl., de Leeuw, *Hieracio-Festucetum arenaria* (Regel) Pass., *Atriplicetum litoralis* Tx., *Cakiletum maritimae* Nordh., *Hieracio-Festucetum sabulosae* Bandžiulienē asociācijas (Balevičiene et.al. 1994; Motiekaityte 2000; Stankevičiūte² 2000).

Baltijās kāpās pārstāvēta *Ammophiletea arenariae* Br.-Bl. et R.Tx klase. Apvidos ar augstu rekreācijas slodzi novērojams, ka priekšējās sugu daudzveidība samazinās un dominē trīs līdz četras sugas – smiltāju kāpuniedre *Ammophila arenaria*, smiltāju auzene *Festuca arenaria*, *Leymus arenarius*, *Calamagrostis epigeios*, *G. paniculata*.. Rekreācijas ietekmē izzūd *Lathyrus maritimus*, *Tragopogon heterospermus*, Lēzeļa vircele *Linaria loeselii*, *Hieracium umbellatum* (Montiekaityte 2000; Stankevičiūte 2000).

Pelēkajām kāpām raksturīgi *Koelerio-Corynephoretea* Klika et Novak klases sintaksoni. V. Motiekaityte (2000) atkarībā no sukcesijas stāvokļa pelēkajām kāpām raksturīgajām asociācijām izdala trīs fāzes: sākotnējo, optimālo un degradējošo. Sākotnējās fāzēs parasti dominē vaskulārie augi, optimālajās fāzēs veģetācijas projektīvais segums ir lielāks un ieviešas sūnas vai ķērpji, bet degradējošajās fāzēs vienādu proporciju veido vaskulāro un sūnu, ķērpju sugas (Банджюлене 1977; Stankevičiūte² 2000).

Kāpu pētījumi Latvijā

Kāpu josla Latvijas teritorijā ir bijusi izpētes objekts jau no 19.gs. beigām. Ja sākotnēji kāpu aizņemtās teritorijas bija mērāmas tūkstošos hektāru, tad 20.gs. beigās lielākā daļa kāpu jau bija apmežotas, bet šobrīd kāpas veido vien šauru josliņu. Salīdzinot 20.gs. vidus pētījumus

ar mūsdienu kāpu aprakstiem, būtiskas izmaiņas nav notikušas: esošajās kāpu teritorijās dominē *Ammophiletea arenariae* Br.-Bl. et R.Tx un *Koelerio-Coryneporetea Klika* in Klika et Nowak klašu sintaksoni, vienīgi palielinājušās apmežoto kāpu teritorijas (Emsis 1975; Ore 1956; Zariņa 1996).

Kāpu apdraudētība un aizsardzība Latvijā

Būtiskākie piekrasti ietekmējošie faktori ir izbraukāšana, tūrisma attīstība, informācijas trūkums, apbūve kāpu zonā, piesārņojums un svešo agresīvo sugu izplatīšanās pelēkajās kāpās un piekrastes mežos (Anon. 2002; Laime 2000; Laime 2001).

Latvijā ir noteikta Baltijas jūras un Rīgas jūras līča piekrastes aizsargjosla, kas ieviesta, lai samazinātu Baltijas jūras piesārņojumu, aizsargātu ainavas, kavētu kāpu eroziju, saglabātu un aizsargātu piekrastes resursus (Anon. 1997).

Pludmales un primāro kāpu augājā sastopamas 24 Latvijas Sarkanajā grāmatā iekļautās augu sugas. Pelēkajās kāpās atrastas 16 Latvijas Sarkanās grāmatas paparžaugu un sēkļaugu sugas (tipiskas pelēko kāpu sugas ir 11) un 7 ķērpju sugas, starp tām arī *G. paniculata*, kas minēta Sarkanās grāmatas II kategorijā kā sarūkoša suga (Anon. 2003). Eiropas nozīmes biotopiem - ar lakstaugiem klātām pelēkām kāpām un pelēkām kāpām ar sīkrūmu audzēm aizsardzības statusu nosaka Ministru Kabineta noteikumi Nr.153 „Noteikumi par Latvijā sastopamo Eiropas Savienības prioritāro sugu un biotopu sarakstu” (Anon. 2006). Šie biotopi un arī pelēkās kāpas ar ložņu kārklu *Salix repens* atrodas MK noteikumu Nr.421 „Noteikumi par īpaši aizsargājamo biotopu veidu sarakstu” pielikumā (Anon.⁴ 2000), bet MK noteikumu Nr.396 „Noteikumi par īpaši aizsargājamo sugu un ierobežoti izmantojamo īpaši aizsargājamo sugu sarakstu” pielikumā atrodas tādas kāpu sugas kā *Alyssum gmelinii*, *Lathyrus maritimus*, *Linaria loeselii* u.c (Anon.³ 2000). MK noteikumi Nr.45. „Mikroliegumu izveidošanas, aizsardzības un apsaimniekošanas noteikumi” paredz veidot mikroliegumus tādām kāpu sugām kā *Linaria loeselii* un sīkziedu plaukšķenei *Silene borysthena* (Anon.³ 2001). Jūrmalas zilpodze *Eryngium maritimum* un *Lathyrus maritimus* iekļauta MK noteikumu Nr.117 „Noteikumi par zaudējumu atlīdzību par īpaši aizsargājamo sugu indivīdu un biotopu iznīcināšanu vai bojāšanu” 2. pielikumā (Anon.⁴ 2001). Daudzviet jūras piekrastē jau izveidotas īpaši aizsargājamās dabas teritorijas, lai saglabātu kāpu ekosistēmas, bet līdzīgas teritorijas plānots ierīkot arī nākotnē (Laime 2000; Laime 2001).

1.4. Populācijas modeļi

Ekoloģijā nozīmīgāki kļūst matemātiski modeļi klimata izmaiņu, sugu izplatības, biotopu fragmentācijas un citu lietu paredzēšanai. Modeļus veido, lai pārbaudītu hipotēzes, pētītu scenārijus, u.c. Uz procesiem balstītus telpiskus modeļus izmanto dabas apsaimniekošanā, piemēram, novērtējot invazīvo sugu izplatību. Modeļos ietver informāciju par, piemēram, auglību, izplatīšanās spējām, dzimstību, mirstību, migrāciju, vides traucējumiem vai telpisko struktūru. Iekļautie parametri savā starpā ir saistīti, bet iekšsugas konkurences parametra iekļaušana paredzējumus padara ticamākus (Clark et.al. 1995; Higgins et.al. 2001; Morgan et.al. 2005; Tufto et.al. 1997).

Izdala lauka (izmanto vidējos populācijas parametrus, parametri – atsevišķi lielumi), individuālos (analizē individuālu īpatņu lielumu izmaiņas, parametri - vektori) un struktūras modeļus (parametri – matriksi). Individuālie modeļi ir sarežģīti veidojami, grūti parametrizējami un analizējami, taču to paredzējumi ir būtiskāki, jo paredz, kā vide ietekmē indivīdus, kā indivīdi mijiedarbojas ar vidi un piemērojas vides apstākļiem. Lai gan klasiskie (lauka un struktūras) modeļi tiek kritizēti, tos izmanto biežāk, jo kombinācijā dod viegli iegūstamus, analizējamus un ticamus rezultātus. Plaši tiek izmantoti Leslī un Lefkoviča struktūras matriksa modeļi. Modeļi var būt dinamiski (mainās noteiktā laikā, atspoguļo populāciju un evolūcijas dinamiku), statiski (nav atkarīgi no laika, parametrizē rezultātus), laikā ilgstoši (mainās laikā, pamatā diferencētie vienādojumi, simulācijai nepieciešama skaitliska integrācija) un laikā diskrēti (mainās kādā laika posmā, pamatā diferencētie vienādojumi) (Berger et.al. 2002; Kaitala et.al. 2005; Ramula 2005)

Ticamu modeļu izstrādi kavē neprecīzi empīriskie dati. Augiem populāciju dinamikas modeļus konstruēt ir vieglāk, tomēr problēmas rada uzskaites brīdī neesoša vasa vai sēklu banka. Lai iegūstu precīzākus demogrāfiskos datus, vēlams novērot atsevišķus augus nevis patstāvīgus parauglukumus. Turklāt, veidojot modeli maza mēroga telpiskajā skalā, nosakošā būs biotiskā mijiedarbība, kas zaudēs nozīmi plašākā mērogā. Telpiskā skala kā parametrs modeļiem piešķir dinamiskumu un lielāku būtiskumu. A. Matthew un viņa kolēģu (2005) konstruētais, telpiskais un laikā diskrētais modelis savvaļas kabača *Brassica oleracea* spp. *oleracea* izplatības paredzēšanai piekrastes joslā, kurā tiek izmantoti dati par sastopamību un vecumstruktūru, kalpo par labu piemēru veiksmīgam populācijas dinamikas modelim (Kery et.al. 2004; Law et.al. 2000; Munzbergova et.al. 2005; Silvertown et.al. 2001).

2. Materiāls un metodes

Pētījuma laiks un vieta

Izpētes darbi Baltijas jūras piekrastē veikti Latvijas un Lietuvas Republikas teritorijās laika posmā no 2002. līdz 2005. gadam (2.piel.). Lietuvā apsektas teritorijas Palangas, Klaipēdas un Nidas apkārtnē, bet Latvijā – Liepājas rajona piekrastes joslā no Lietuvas-Latvijas robežas līdz Priediengalciemam, Liepājā, Ziemeļpē, Pāvilostā un iekšzemē Rīgā, Daugavpilī (2.1.att.). Apsekojot LU Bioloģijas institūta herbārijā minētās atradnes Rīgā un Daugavpilī (4.piel.), *G. paniculata* savvaļā netika atrasta.



2.1. att. Apsektās *G. paniculata* atradnes (atzīmēts ar zilu krāsu) Latvijas un Lietuvas teritorijās (karte no www.chessandlena.com)

Fig. 2.1. Observed territories with *G. paniculata* (marked with blue) in territory of Latvia and Lithuania (map from www.chessandlena.com)

Pētījuma vietu fizikāli – ģeogrāfiskais raksturojums

Izpētes vietai Liepājas rajona Pāvilostas apkārtnē raksturīga plata pludmales zona, daži balto kāpu vaļņi un šaura pelēko kāpu josla, kas robežojas ar silu. *G. paniculata* blīvākās audzes veido mola tuvumā. Antropogēnā slodze neliela.

Piekrastes joslā Liepājas rajonā no Lietuvas – Latvijas robežas līdz Priediengalciemam kāpu joslas platums variē no dažiem līdz pat simtiem metru. *G. paniculata* sastopama visos

biotopu veidos, blīvākās audzes veidojot Papes bākas tuvumā, kur aiz augstiem priekškāpu vaļņiem plešas pelēko kāpu pļavas.

Kuršu kāpai Nidas apkārtnē Lietuvā raksturīgs augsts, noskalots priekškāpu valnis, aiz kura plešas pelēko kāpu pļava, kas robežojas ar mežu. Parauglaukumi ierīkoti vietā ar neregulāru antropogēno slodzi.

Lauka metodes

Veģetācijas parauglaukumi

- Parauglaukumi veģetācijas aprakstīšanai ierīkoti baltajās un pelēkajās kāpās ar salīdzinoši mazāku antropogēno slodzi un blīvākām *G. paniculata* audzēm – Nidā (Kuršu kāpā Lietuvā), posmā no Lietuvas – Latvijas robežas līdz Priediengalciemam un Pāvilostas piekrastē no Sakas upes virzienā uz Liepāju. 2002. gadā veģetācijas aprakstīšanai posmā no Latvijas-Lietuvas robežas līdz Priediengalciemam tika ierīkoti 143 parauglaukumi, 2005. gadā – 300. Pāvilostā veģetācijas aprakstīšanai izveidoti 28 parauglaukumi, bet Nidā - 60.
- Parauglaukumi izvietoti līnijās no jūras uz sauszemi pēc katriem 400 - 500 metriem. Atkarībā no kāpu joslas platuma parauglaukums veģetācijas aprakstīšanai ierīkots ik pēc viena vai trim metriem. Vienā līnijā ierīkoto parauglaukumu skaits - 10 – 20.
- Katra parauglaukuma platībā - vienā m² - noteikts augu projektīvais segums procentos.
- Darbā pieminētie augu nosaukumi un to saīsinājumi datu apstrādes metodēs apkopoti tabulā (5. piel.).
- Nepazīstamo vaskulāro augu sugu noteikšanai izmantots A. Pētersones un K. Bikmanes “Latvijas PSR augu noteicējs” (1980), bet sēnēm, sūnām un ķērpjiem, kā arī daļai vaskulāro augu ievākti herbāriji, ko noteica un apstrādāja LU Bioloģijas fakultātes Botānikas un ekoloģijas katedras speciālisti – E. Vimba, A. Piterāns, I. Berga.

***G. paniculata* aizņemto platību raksturošana**

- Vietas ar lielu *G. paniculata* projektīvo segumu aprakstītas joslu veidā posmā no Latvijas-Lietuvas robežas līdz Priediengalciemam. (6., 7. piel.).
- Katrai joslai ar GPS Garmin’ 12 GX noteiktas sākuma un beigu koordinātes, joslas aptuvenais platums metros, aizņemtie biotopi, joslas teritorijā atrastās aizsargājamās sugas un *G. paniculata* vidējais projektīvais segums procentos, kas aprēķināts izmantojot līniju metodi (Krebs, 1999) – „line intercept method”. Mainoties aizņemto

teritoriju platumam vai *G. paniculata* projektīvajam segumam, tika reģistrēta jauna josla.

- Kartogrāfiskā materiāla ieguve un apstrāde veikta, izmantojot programmu Arts view 9.1

Parauglaukumi ilglaicīgiem novērojumiem

- Papes apkārtnē tika izveidoti seši parauglaukumi ar izmēru 20×20 metri, kuros no 2003. gada līdz 2005. gadam atzīmētas visu ziedošo *G. paniculata* augu koordinātas un to krūmu diametri.
- Augi tika uzskaitīti, lietojot vairākas paralēli un perpendikulāri nostieptas 20 m garas mērlentes (2.2. att.)
- Parauglaukumiem raksturīgs dažāds attālums no jūras un mikroreljefa un mikroklimata nosacījumi. Visi parauglaukumi izvietoti pelēko kāpu pļavās vai priekškāpu nogāzēs ar stabilu veģētāciju. Antropogēnā slodze izpētes teritorijā neliela, taču palielinās tūrisma attīstības ietekmē. Nelabvēlīgo laika apstākļu dēļ 2004. gadā trešais un ceturtais parauglaukums netika pilnībā nokartēti un nepilnīgie dati darbā netiek ņemti vērā.
- Pirmais parauglaukums tika ierīkots pelēko kāpu pļavā, ko ieskāva koki, radot aizvēju. Otrais parauglaukums tika ierīkots teritorijā ar lielu *G. paniculata* un *Leymus arenarius* dominanci aiz priekškāpu vaļņa pelēko kāpu pļavā. Trešais un ceturtais parauglaukums ierīkoti priekškāpu nogāzēs, kas pāriet pelēkajās kāpās. Piektais parauglaukums ierīkots kāpu pļavā apmēram 400 metrus aiz priekškāpu vaļņa, bet sestais parauglaukums tika izveidots pārejas joslā starp priekškāpu valni un pelēkajām kāpām, kuru veģētāciju 2002. gadā ietekmējis ugunsgrēks.



2.2. att. Lauka darbi pastāvīgajos parauglaukumos Papē (autores foto)

Fig. 2.2. Field work in the fixed plots in Pape (photo by author)

Datu apstrādes metodes

Ievāktie lauka dati apstrādāti periodiski līdz 2006. gada jūnijam, izmantojot:

- MSOffice programmu kopas programmas – MSEXcel, MSWord datu ievadīšanai un apstrādei. MSEXcel izmantots, lai attainotu izmaiņas pastāvīgo novērojumu parauglaukumos, aprēķinātu ziedošo un izzudušo augu koeficientu, apkopotu datus tabulās vai grafikos u.c. Attēli un pielikumi veidoti, izmantojot MSWord vai Paint programmas.
- PC-ORD programmu kopas TWINSpan analīze izmantota augu sabiedrību iedalījuma veidošanai un noteikšanai. Augu sabiedrības Pāvilostā tika izdalītas trijos iedalījuma līmeņos, Nidā un Papes 2005. gada parauglaukumos – četros iedalījuma līmeņos, bet Papes 2002. gada parauglaukumi – piecos iedalījuma līmeņos (Kent&Coker 1994).
- Ar Passage 1.0 programmas leņķu attālumu metodi veikta *G. paniculata* telpiskās struktūras noskaidrošana, izmantojot datus no pastāvīgajiem novērojumu parauglaukumiem (Rosenberg 2001).
- Canoco for Windows 4.5 programmu kopa izmantota, veicot sugu vai parauglaukumu ordināciju un novērtējot dažādu biotisku faktoru ietekmi uz *G. paniculata*. Pāvilostas, Nidas un Papes sugu un parauglaukumu ordinācijā izmantota DCA metode. 2002. gada Papes parauglaukumos, izmantojot DCA metodi, veikta korelācija ar veģetācijas segumu (*veget.se*), sugu skaitu (*sugu ska*) un kāpu veidu (*k1p* – priekškāpa, *k2* – pelēkā kāpa ar lakstaugu veģetāciju, *k2k* – pelēkā kāpa ar kokiem vai krūmiem, *km* – mitra vieta kāpās). 2005. gada Papes parauglaukumos ar Canoco GLM metodi pārbaudīta vides faktoru korelācija ar veģetācijas parametriem. GLM (generalized linear model) ir papildinājums daudzfaktoru regresijas analīzei, kas atļauj izmantot dažādus teorētiskos sadalījumus, un piedāvā neatkarīgo faktoru vērtību attēlojumu līkņu veidā divdimensiju telpā. Kā pseudofaktori analīzē izmantoti sekojoši lielumi - sūnu procentuālā seguma proporcija no kopējā veģetācijas seguma (*sunas%*), kopējais veģetācijas projektīvais segums bez *G. paniculata* īpatsvara (*vegetācijas segums*), *G. paniculata* projektīvais segums procentos (*G. paniculata*), lakstaugu īpatsvars veģetācijas projektīvajā segumā (*lakstaugi*) un brīvās smilts daudzums aprakstītajos parauglaukumos (*smilts%*). DCA analīzē novērtēta *G. paniculata* loma augu ordinācijā kāpās (Braak et.al. 2002).
- Ar datorprogrammas Matlab 7.04.365 (R14) (Marchand 1999; Martinez et.al. 2001) palīdzību izveidots teorētisks *G. paniculata* populācijas dinamikas modelis, kas, ņemot

vērā apkārtējās vides, *G. paniculata* izplatīšanās spējas un populācijas blīvuma ietekmi uz populācijas pieaugumu un augu spēju izdzīvot nākamajā paaudzē un iespējamību dot pēcnācējus, paredz turpmāko populācijas dinamiku nākamajiem 30 gadiem.

Modeļa pamatā ir formula:

$$n(t+1) = A * n(t)$$

kurā n – vektors ar vecuma klasēm specifisku populācijas blīvumu, bet A – matriks ar augu izdzīvošanas iespējamību nākamajās paaudzēs un iespēju dot pēcnācējus:

$$A = \begin{pmatrix} F_1 & F_2 & F_3 \\ P_1 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & 0 \end{pmatrix} \quad n = \begin{pmatrix} n_1 \\ n_2 \\ n_3 \end{pmatrix} \quad \left| \begin{array}{l} n_1 - \text{sēklas} \\ n_2 - \text{juvenilie augi} \\ n_3 - \text{ziedošie augi} \\ F_1, F_2, F_3 - \text{iespēja dot pēcnācējus, auglība} \\ P_1 P_2 - \text{iespēja izdzīvot nākamajā paaudzē} \end{array} \right.$$

Modelī esošajiem lielumiem vērtības iegūtas, kombinējot literatūras datus (izdzīvošanas spēja, dīgtspēja, vecums, no kura augs sāk ražot sēklas) un lauka pētījumus. Lai iekļautu telpiskumu un migrāciju, modelī izdalīti seši laukumi (koordinātes apzīmētas ar x un y), starp kuriem attālums i un j tiek aprēķināts pēc formulas:

$$D_{ij} = \text{sqrt}((x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2)$$

Tā kā 3. vecuma klasei raksturīga augšanas atkarība no populācijas blīvuma, tad matricai A tiek pievienota formula, kas to paredz:

$$A = \begin{pmatrix} F_1 & F_2 & F_3 * \exp(-a * n A(3, t)) \\ P_1 & 0 & 0 \\ 0 & P_2 & 0 \end{pmatrix}$$

Apkārtējās vides ietekme uz populācijas dinamiku tiek aprakstīta ar parametru z , populācijas pieaugums labvēlīgā gadā - R_{good} , bet nelabvēlīgā - R_{bad} . Matlab modeļa kods ievietots 8.pielikumā.

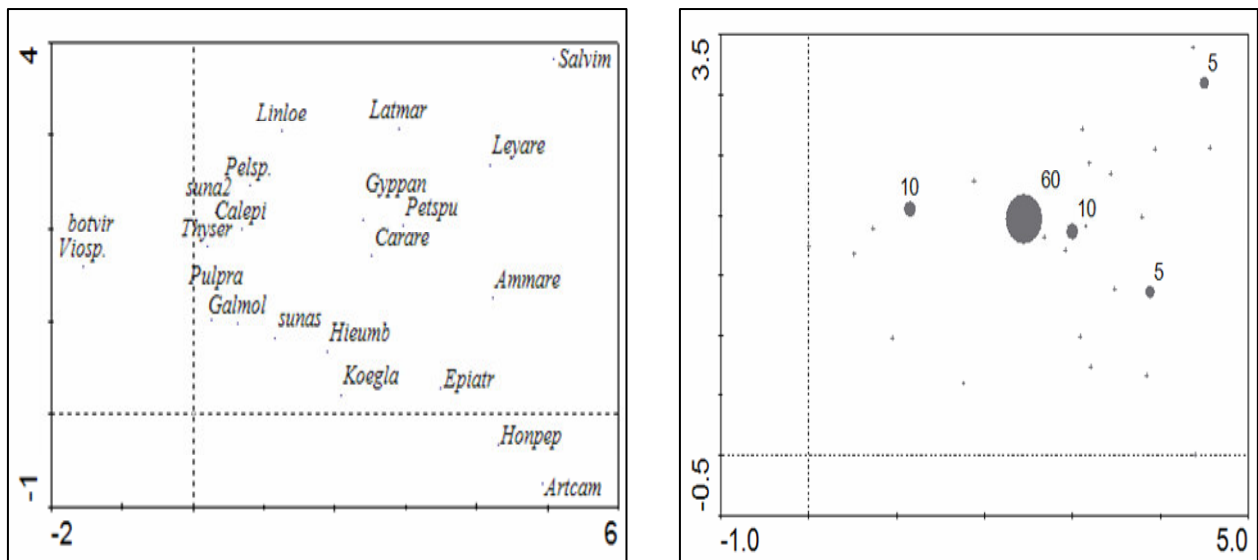
3. Rezultāti

3.1. Sugu un parauglaukumu ordinācija

3.1.1. Pāvilosta

Pāvilostas izpētes vietā konstatētas 19 lakstaugu, divas sūnu un viena ķērpju suga, tai skaitā aizsargājamās sugas - pļavas silpurene *Pulsatilla pratensis*, *Lathyrus maritimus* un pusmēness ķekarpaparde *Botrychium lunaria*.

DCA analīze attēlā 3.1.A uzskatāmi parādīja pāreju no baltajām uz pelēkajām kāpām, turklāt *G. paniculata* veido augu grupu kopā ar *Petasites spurius* un *Carex arenaria*. Savukārt attēls 3.1.B norāda, ka skarainā ģipsene lielākos blīvumus veido pārejas posmā starp baltajām un pelēkajām kāpām.



A

B

3.1. att. Pāvilostas veģetācijas parauglaukumu analīze ar DCA

A - sugu ordinācija; B – parauglaukumu ordinācija, aplīšu diametrs norāda *G. paniculata* sastopamību
Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig. 3.1. Analyse of vegetation sample plots of Pāvilosta with DCA

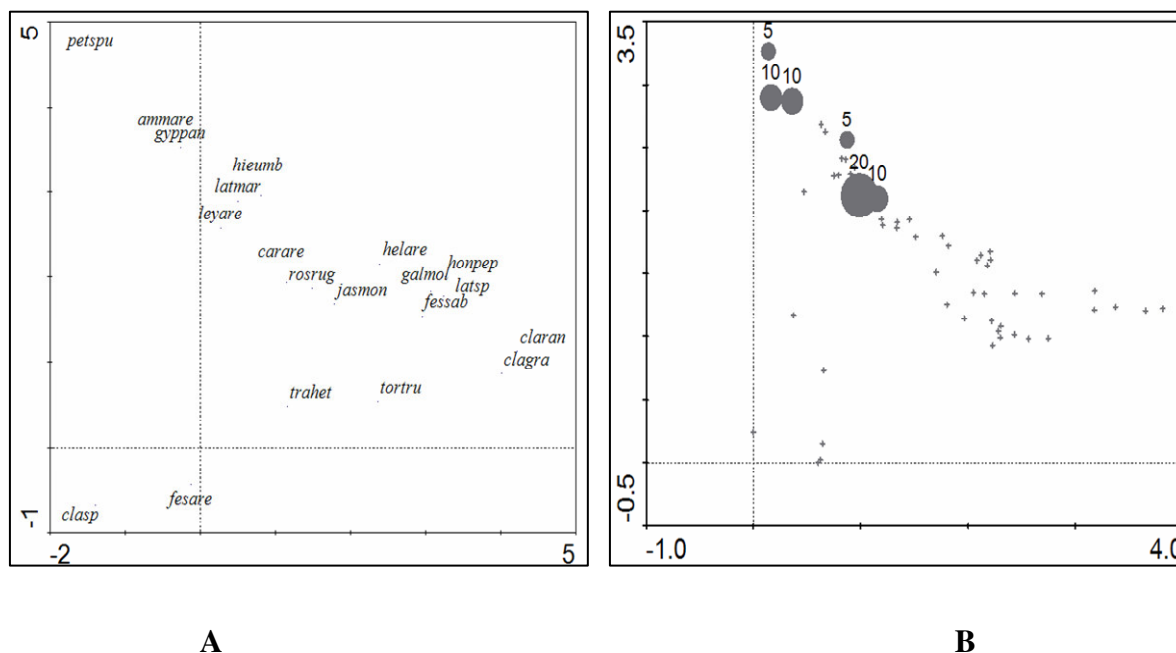
A – ordination of species; B – ordination of sample plots, diameter of rings describes occurency of *G. paniculata*

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5

3.1.2. Nida Kuršu kāpā Lietuvas teritorijā

Parauglaukumos konstatētas 16 lakstaugu, trīs ķērpju un viena sūnu suga, starp kurām Latvijā un Lietuvā par retām tiek uzskatītas *Lathyrus maritimus*, *Tragopogon heterospermus* un dzeltenā kaķpēdiņa *Helichrysum arenarium*.

Parauglaukumu un sugu ordinācija ar DCA analīzi ļāva izšķirt horizontālo pelēko-balto kāpu gradientu, bet sugu ordinācijā tuvu *G. paniculata* atrodas *Ammophila arenaria* (3.2.A att.). *G. paniculata* lielākos segumus veido baltajās kāpās un pārejas joslā uz pelēkajām kāpām izvietotajos parauglaukumos (3.2.B att.).



3.2. att. Nidas veģetācijas parauglaukumu analīze ar DCA

A - sugu ordinācija; B – parauglaukumu ordinācija, aplīšu diametrs norāda *G. panilulata* sastopamību
Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig. 3.2. Analyse of vegetation sample plots of Nida with DCA

A –ordination of species; B – ordination of sample plots, diameter of rings describes occurency of *G. panilulata*

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5

3.1.3. Pape

Veģetācijas izpēte 2002. gadā

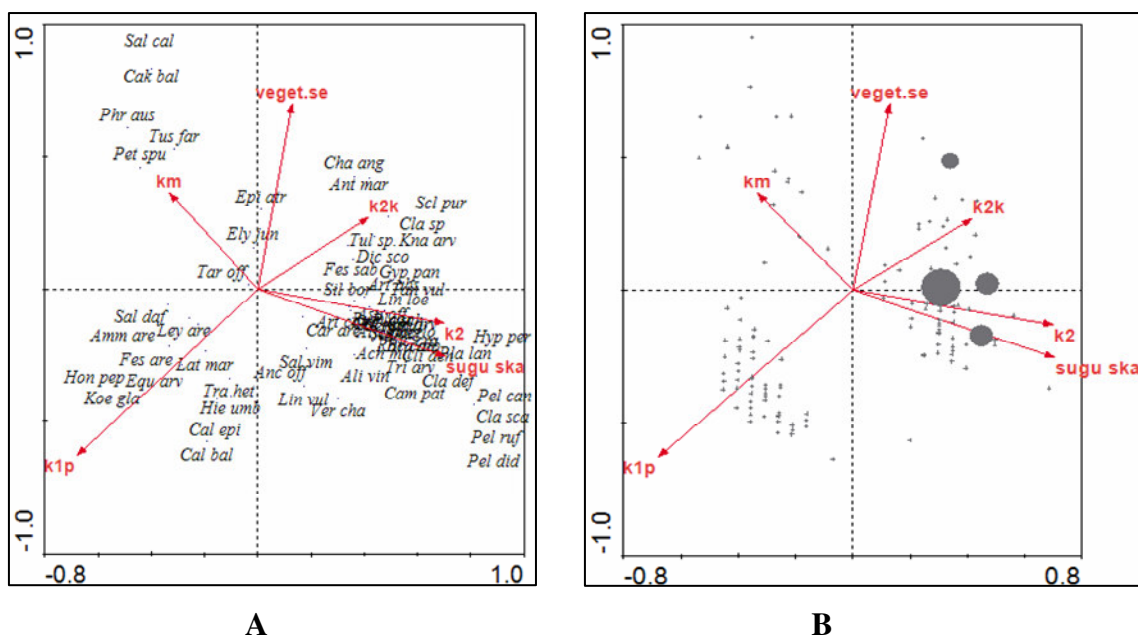
Veicot izpētes darbus posmā no Latvijas – Lietuvas robežas līdz Priediengalciemam 2002. gadā, pētāmajā teritorijā konstatētas 50 lakstaugu, piecas sūnu un astoņas ķērpju sugas, ieskaitot retas un apdraudētas sugas, piemēram, *Lathyrus maritimus*, *Trogopogon heterospermus*, *Linaria loeselii*, *Silene borysthenica* u.c.

Pēc DCA analīzes rezultātiem redzams, ka parauglaukumi veido varākas grupas - pelēko kāpu (*k2*), pelēko kāpu ar kokiem (*k2k*), priekškāpu (*k1p*) un mitru vietu (*km*) parauglaukumus, bet sugu skaits (*sugu ska*) pieaug pelēko kāpu virzienā. Veģetācijas procentuālais segums (*veget.se*) pieaug pārejas joslā starp pelēkajām un baltajām kāpām, un horizontālā ass atspoguļo sukcesijas pārejas gradientu (3.3.A att.). Parauglaukumi ar *G. paniculata* koncentrēti pelēkajās kāpās un pelēkajās kāpās ar kokiem, kur arī ir vislielākā sugu daudzveidība (3.3.B att.). Ordinācijā *G. paniculata* veido kopu ar *Festuca sabulosa* un slotiņu divzobi *Dicranum scoparium*.

Veģetācijas izpēte 2005. gadā

Parauglaukumi aprakstīti atkārtoti 2005. gadā. Tā kā parauglaukumi netika ierīkoti iepriekšējajās vietās, tad mainījās aprakstīto parauglaukumu sugu sastāvs. No aprakstītajām sugām 50 ir vaskulāro augu, septiņas sūnu un piecas ķērpju sugas. Atkārtoti tika atrastas iepriekšminētās retās sugas, un pirmoreiz Papē konstatēta *Eryngium maritimum*.

Parauglaukumu ordinācijā izdalītas divas sugu grupas – mežam raksturīgās sugas un kāpām raksturīgās sugas (3.4.att.), bet dažas sugas ordinācijā neiekļaujas nevienā grupā. *G. paniculata* segums korelē gan ar kopējo veģetācijas projektīvo segumu (*vegetācijas segums*), gan sūnu proporciju (*sunas%*), gan brīvo smiltis (*smilts%*) un lakstaugu (*lakstaugi*) īpatsvaru (3.5.att.). Attēlos 3.4. un 3.5. otrā ass atspoguļo pāreju no lakstaugiem uz ķērpjiem un sūnām, bet pirmā ass – kāpu sukcesijas gradientu no brīvām smiltīm uz ar veģetāciju klātām vietām. *G. paniculata* izvietojums un projektīvā seguma izmaiņa atkarībā no šiem faktoriem, kā arī pirmā un otrā gradientu ass liecina, ka šim augam piemērotākie apstākļi ir vietās, kur kopējo veģetācijas projektīvo segumu veido lakstaugi un tas bez *G. paniculata* seguma ir lielāks par 60%. Arī vietās, kur veģetācija nav vēl noformējusies, sastopama *G. paniculata* (3.5.att.).



3.3. att. Papes veģetācijas parauglaukumu analīze ar Canoco DCA (2002.gadā)

A - sugu ordinācija; B – parauglaukumu ordinācija, aplīšu diametrs norāda *G. panilulata* sastopamību.

Apzīmējumu skaidrojums: veget.se - veģetācijas segums; sugu ska - sugu skaits; k1p – priekškāpa; k2 – pelēkā kāpa ar lakstaugu veģetāciju; k2k – pelēkā kāpa ar kokiem vai krūmiem; km – mitra vieta kāpās

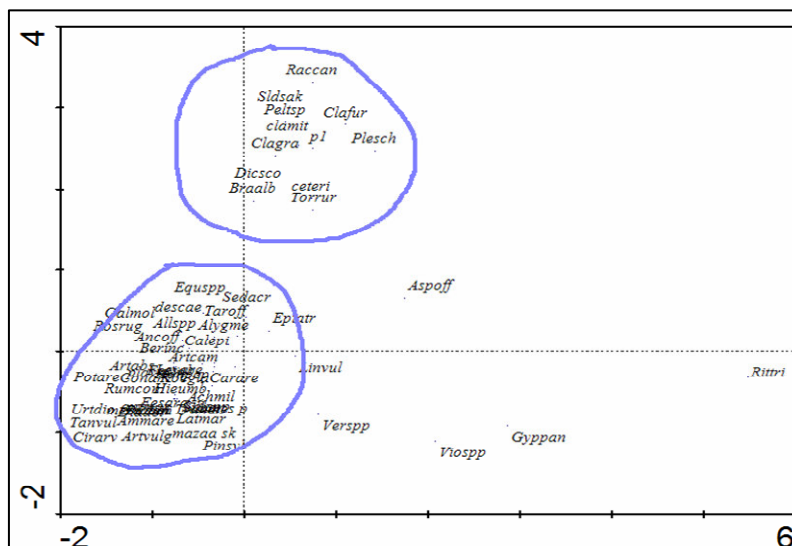
Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig. 3.3. Analyse of vegetation sample plots of Pape with Canoco DCA (in 2002)

A –ordination of species; B –ordination of sample plots, diameter of rings describes occurency of *G. panilulata*.

Explanation of symbols: veget.se – cover of vegetation; sugu ska - number of species; k1p – white dune; k2 – grey dune with herb cover; k2k – grey dune with tree or shrubs cover; km – wet place in the dunes

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5

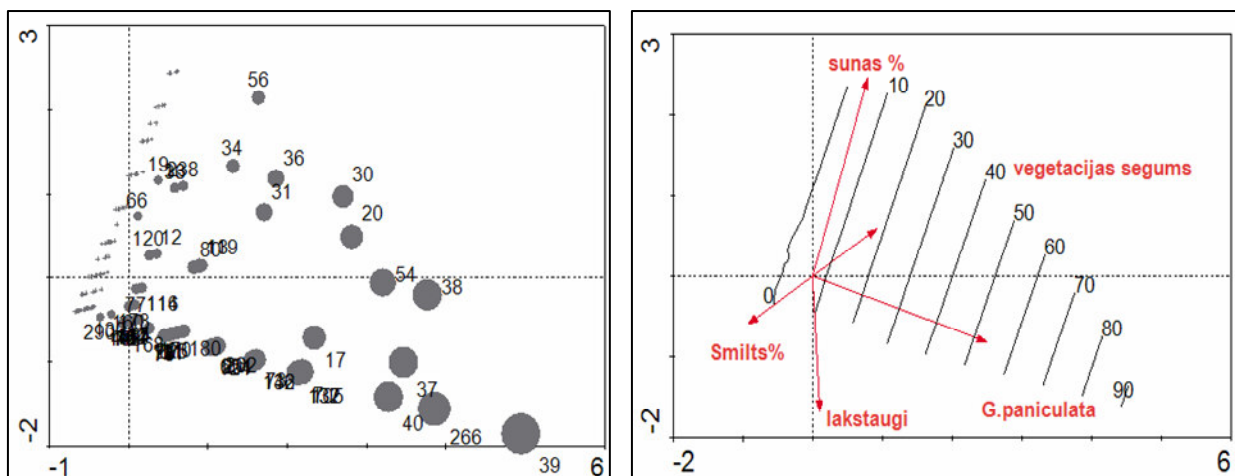


3.4. att. 2005. gada Papes veģetācijas parauglaukumu DCA sugu ordinācija

Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig. 3.4. Ordination of species of vegetation sample plots of Pape with DCA (in 2005).

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5



A

B

3.5. att. *G. paniculata* ordinācija ar DCA

A – parauglaukumu ordinācija, aplīšu diametrs norāda *G. panilulata* sastopamību; B – *G. panilulata* projektīvā seguma izmaiņas attiecībā pret dažādiem faktoriem.

Apzīmējumu skaidrojums: *vegetācijas segums* - kopējais veģetācijas segums; *sunas%* - sūnu un ķērpju seguma proporcija; *smilts%* – brīvo smilšu īpatsvars; *lakstaugi* – lakstaugu seguma proporcija; *G.paniculata* – *G. paniculata* seguma proporcija. Izolīnijas atspoguļo atkarīgo faktoru (*G. paniculata* seguma) vērtības GLM regresijā

Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig. 3.5. *G. paniculata* ordination with DCA

A – ordination of sample plots, diameter of rings describes occurency of *G. panilulata*; B – changes of covering of *G. paniculata* according to different factors

Explanation of symbols: *vegetācijas segums* – total vegetation covering; *sunas%* - proportion of moss and lichen covering; *smilts%* – proportion of sandy places without vegetation; *lakstaugi* – proportion of vascular plants covering; *G.paniculata* – proportion of *G. paniculata* covering. Isolines express values of factors according to GLM regression

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5

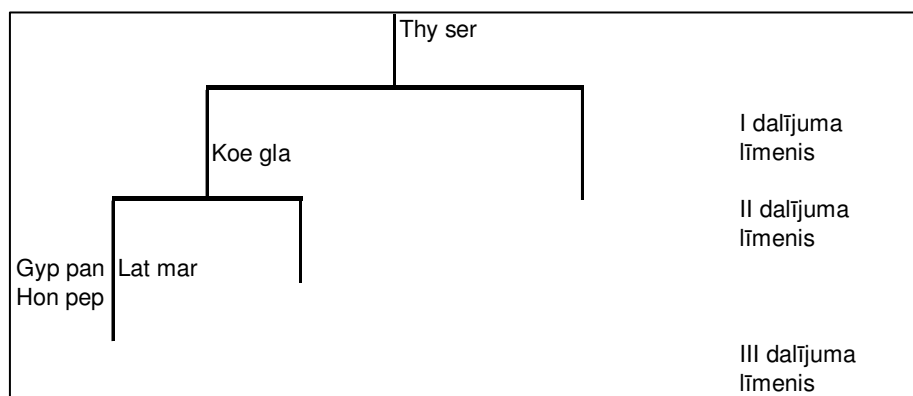
3.2. Augu sabiedrības

3.2.1. Pāvilosta

Veicot augu sabiedrību analīzi trijos iedalījuma līmeņos, pirmajā dalījuma līmenī TWINSpan programma datus grupēja pēc *Thymus serpyllum* sastopamības, otrajā - pēc *Koeleria glauca*, bet trešajā atsevišķi nodalīja parauglaukumus ar *G. paniculata* un biežlapaino sālsvirzu *Honckenya peploides* vai *Lathyrus maritimus* (3.6.att., 9.piel.).

Rezultātā, pamatojoties uz literatūrā aprakstītajām augu sabiedrībām (1.3.nod.), varēja izdalīt šādus sintaksonus:

- ✓ Klase Ammophiletea arenariae Br.-Bl. et R.Tx.
 - savienība Ammophilion arenariae Br.-Bl.em. R.Tx.
 - asociācija Elymo-Ammophiletum arenariae Br.-Bl.
 - savienība Agropyro-Honkenyon peploidis R.Tx. ap. Br.-Bl. et R.
 - asociācija Elymo-Agropyretum juncei Br.-Bl. Et De Leeuw;
- ✓ Klase Koelerio-Corynephoretea Klika in Klika et Nowak
 - savienība Corynephoretalia canescentis Klika
 - asociācija Thymo-festucetum ovinae R.Tx.



3.6. att. Pāvilostas augu sabiedrību dalījuma shēma ar TWINSpan

Saīsinājumu skaidrojums atrodams 5. pielikumā

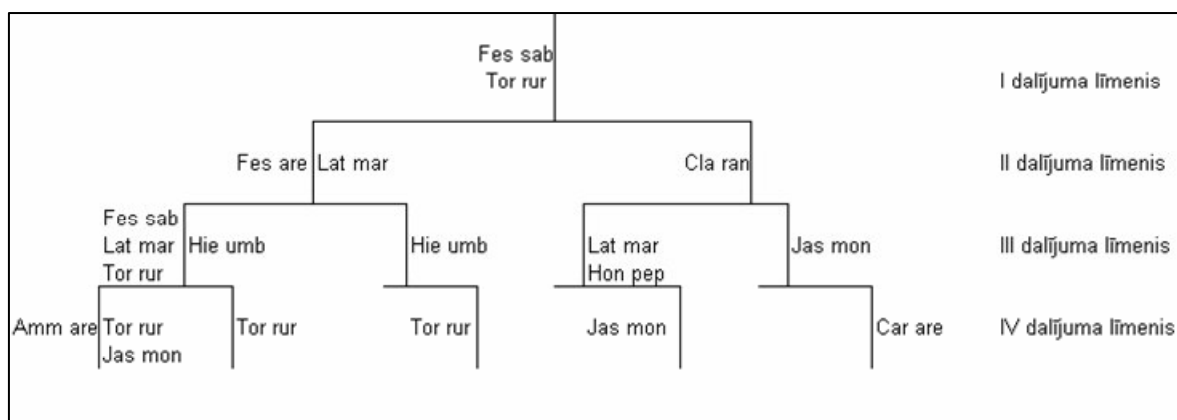
Fig.3.6. Scheme of division of Pavilosta plant communities by TWINSpan

Explanation of symbols included in the Appendix 5

3.2.2. Nida Kuršu kāpā Lietuvas teritorijā

Augu sabiedrības analīzē ar TWINSpan analīzi četros dalījuma līmeņos izšķirti 11 sugu iedalījumi (3.7.att., 10.piel.). Pirmajā dalījuma līmenī parauglaukumi sadalīti pēc *Festuca sabulosa* un noras vijzobes *Tortula ruralis* sastopamības, nodalot pelēko un balto kāpu augus. Otrajā dalījuma līmenī noteicošās sugas ir *Festuca arenaria*, *Lathyrus maritimus*, pēc kurām sīkāk grupē balto kāpu augu sabiedrības, un ķērpju *Cladina sp.*, kas sadala pelēko kāpu augus. Trešajā un ceturtajā dalījuma līmenī esošie iedalījumi pēc noteicošajām sugām tiek iedalīti sīkākās vienībās. Pamatojoties un iegūtajiem rezultātiem un literatūras datiem (1.3.nod.), varēja izdalīt sekojošus sintaksonus:

- ✓ Klase Ammophiletea arenariae Br.-Bl. et R.Tx.
 - savienība Ammophilion arenariae Br.-Bl.em. R.Tx.
 - subsociācijas Elymo-Ammophiletum typicum, Elymo-Ammophiletum petasitetosum Bandžiuliene ex Stankeičiūte
- ✓ Klase Koelerio-Corynephoretea Klika in Klika et Nowak
 - savienība Koelerion-glaucae Klika
 - asociācija Helichryso-Jasionetum Libbert.



3.7. att. Nidas augu sabiedrību dalījuma shēma ar TWINSpan

Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig.3.7. Scheme of division of Nida plant communities by TWINSpan

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5

3.2.3. Pape

Veģetācijas izpēte 2002. gadā

2002. gada parauglaukumu PC-ORD TWINSpan augu sabiedrību analīze tika veikta piecos iedalījuma līmeņos (3.8.att., 11.piel.). Pirmajā dalījuma līmenī programma atdalīja priekškāpu un pelēko kāpu sabiedrības pēc raksturīgajām sugām - *Ammophila arenaria*, *Festuca sabulosa*, *Carex arenaria*, *Artemisia campestris*, *Dicranum scoparium*. Otrajā dalījuma līmenī pelēko kāpu un priekškāpu sugas tiek iedalītas sīkāk. Trešajā dalījuma līmenī jau tiek nodalītas vairākas augu sabiedrības, piemēram, tiek grupētas pelēko kāpu sugas, kas mēdz augt robežjoslā ar mežu - *Dicranum scoparium*, *Festuca sabulosa* un *Silene borythenica*, izdalās priekškāpām raksturīgas sugas kā *Festuca arenaria* un *Tragopogon heterospermus*, kā arī priekškāpu sugu kopa ar *Ammophila arenaria*, *Lathyrus maritimus*, *Hieracium umbelatum* un *Festuca arenaria*.

Ceturtajā un piektajā dalījuma līmenī, balstoties uz literatūrā aprakstītajiem datiem (1.3.nod.), iespējams izšķirt konkrētus balto un pelēko kāpu augu sabiedrību sintaksonus:

- ✓ Klase *Ammophiletea arenariae* Br.-Bl. Et R.Tx.
 - savienība *Ammophilion arenariae* Br.-Bl.em. R.Tx.
 - asociācija *Elymo-Ammophiletum arenariae* Br.-Bl.
 - savienība *Agropyro-Honkenyon peplidis* R.Tx. ap. Br.-Bl. Et R.
 - asociācija *Elymo-Agropyretum juncei* Br.-Bl. Et De Leeuw
- ✓ Klase *Koelerio-Corynephoretea Klika* in Klika et Nowak
 - savienība *Koelerion-Arenariae* R.Tx.
 - asociācija *Festuco – Galietum veri* Br.-Bl. Et De Leeuw
 - savienība *Koelerion-glaucae* Klika.

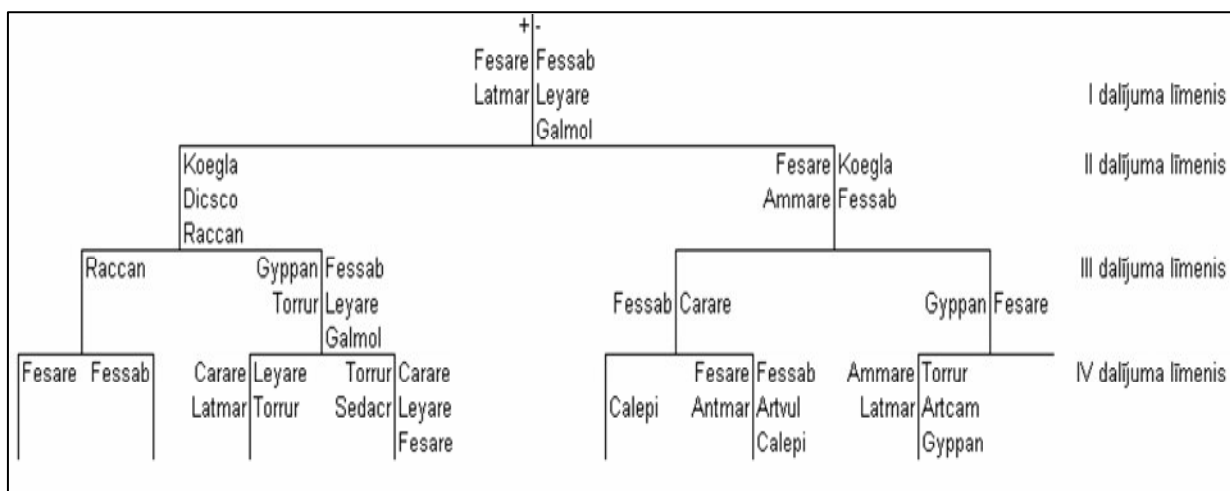
Veģetācijas izpēte 2005. gadā

2005. gada parauglaukumu PC-ORD TWINSpan augu sabiedrību analīze tika veikta četros iedalījuma līmeņos (3.9.att., 12.piel.). Pirmajā dalījuma līmenī programma atdalīja priekškāpu un pelēko kāpu augus. Otrajā dalījuma līmenī kā indikatorsuga ir *Koeleria glauca*. Trešajā dalījuma līmenī izdalās grupa ar *Festuca sabulosa*, *Leymus arenarius*, *Galium mollugo*, bet vairākas sugas – *Festuca sabulosa*, sirmā sarmenīte *Racomitrium canescens* un *G. paniculata* kā indikatorsugas sagrupē sugas sīkākajos sintaksonos.

Ceturtajā dalījuma līmenī, balstoties uz literatūras datiem, var izšķirt konkrētus augu sabiedrību sintaksonus (1.3.nod.):

- ✓ Klase *Ammophiletea arenariae* Br.-Bl. Et R.Tx.
 - savienība *Ammophilion arenariae* Br.-Bl.em. R.Tx.
 - asociācija *Elymo-Ammophiletum arenariae* Br.-Bl.
 - asociācija *Elymo-Ammophiletum artemisietosum* Steffen
- ✓ Klase *Koelerio-Corynephoretea* Klika in Klika et Nowak
 - savienība *Koelerion-Arenariae* R.Tx.
 - asociācija *Festuco – Galietum veri* Br.-Bl. Et De Leeuw
 - savienība *Koelerion-glaucæ* Klika.

Pamatojoties uz TWINSPAN analīzes parauglaukumu sadalījumu var izdalīt jaunu klases *Ammophiletea arenariae* Br.-Bl. Et R.Tx. sintaksonu, ko veido *G. paniculata* (dominē), *Tortula ruralis* (dominē), *Artemisia campestris*, *Carex arenaria* (dominē), *Sedum acre* (dominē), *Leymus arenarius*. Šis sintaksons raksturīgs traucētām pelēkām kāpām un kāpu pļavām, kur kopējais veģetācijas projektīvais segums ir vismaz 70%. Līdz šim līdzīgs sintaksons nav oficiāli reģistrēts.

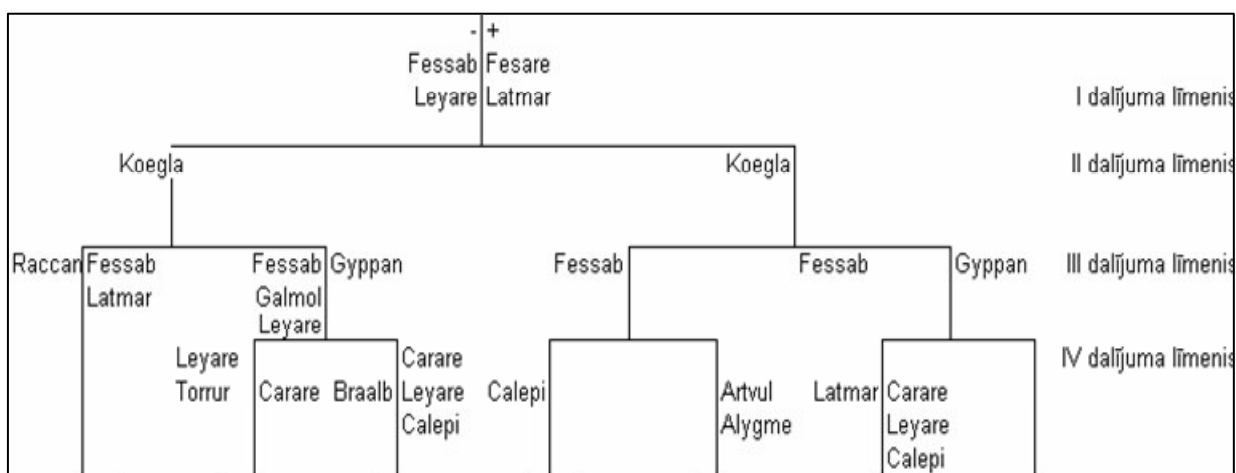


3.8. att. 2002. gada Papes augu sabiedrību dalījuma shēma ar TWINSpan

Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig. 3.8. Scheme of division of Papes plant communities by TWINSpan (2002)

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5



3.9. att. Papes augu sabiedrību dalījuma shēma ar TWINSpan (2005. gads)

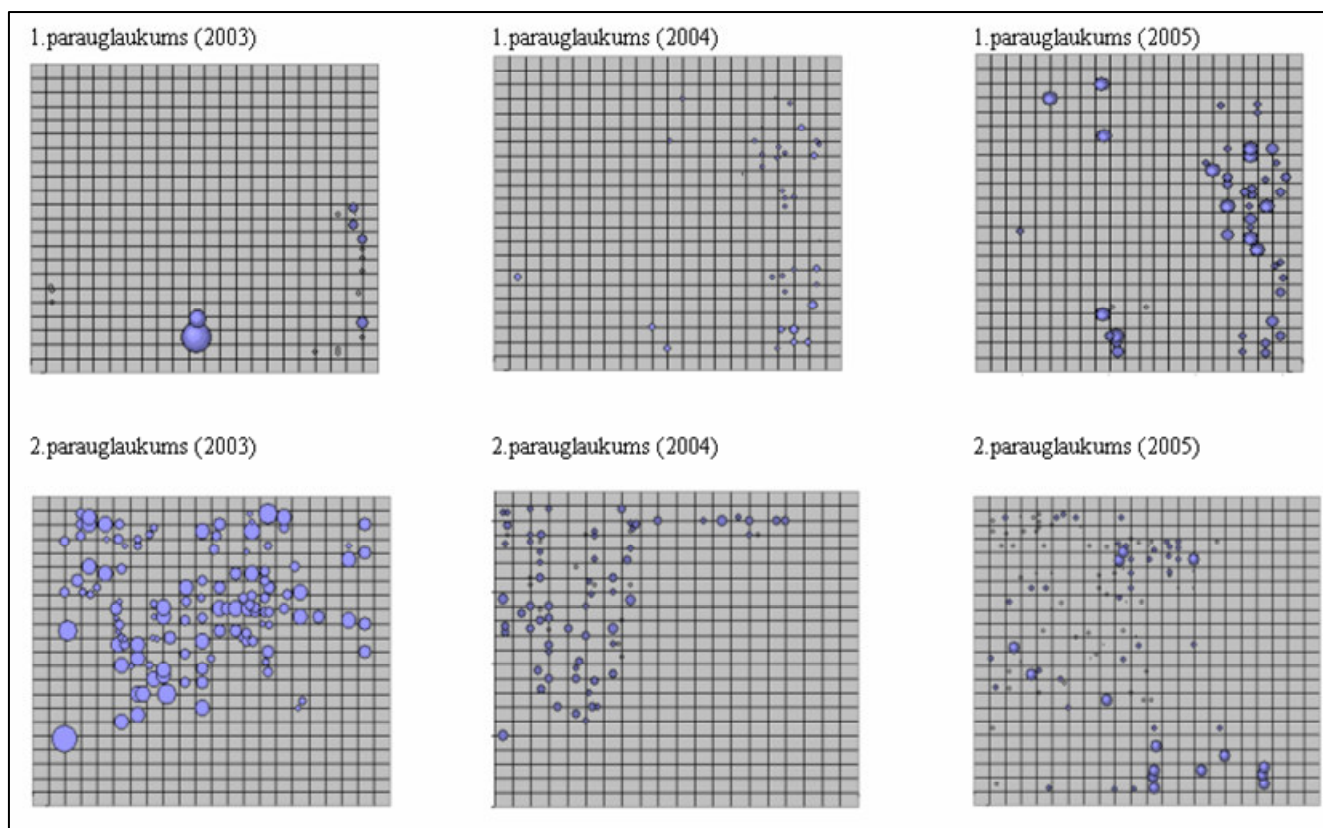
Augu nosaukumu saīsinājumu atšifrējumi atrodami 5.pielikumā

Fig. 3.9. Scheme of division of Papes plant communities by TWINSpan (2005)

Explanation of acronyms of plant names included in Appendix 5

3.3. Papes piekrastes pastāvīgo parauglaukumu novērojumi

Parauglaukumi tika izvietoti pelēko kāpu pļavās vai priekškāpu nogāzēs ar stabili veģetāciju. Pirmajā parauglaukumā veģetācija raksturojama kā skraja, zema un vienveidīga, lai gan sastopamas arī aizsargājamas sugas - *Allysum gmelini*, *Silene borysthena*. 2003. gadā pļavā auga neliels skaits liela diametra un augstuma *G. paniculata* indivīdu, kas koncentrējās paralēlā līnijā, veidojot blīvu, kompakto augu joslu. Nākamajā gadā ziedošo krūmu skaits palielinājās, joprojām veidojot koncentrētu joslveida audzi, vienīgi krūmu diametri nepārsniedza 0,5 m platumu. 2005. gadā īpatņu skaits bija divreiz lielāks nekā pirmajā, turpinot saglabāt un paplašinot esošo telpisko struktūru, turklāt arī krūmu diametrs pieauga (3.10.att.).



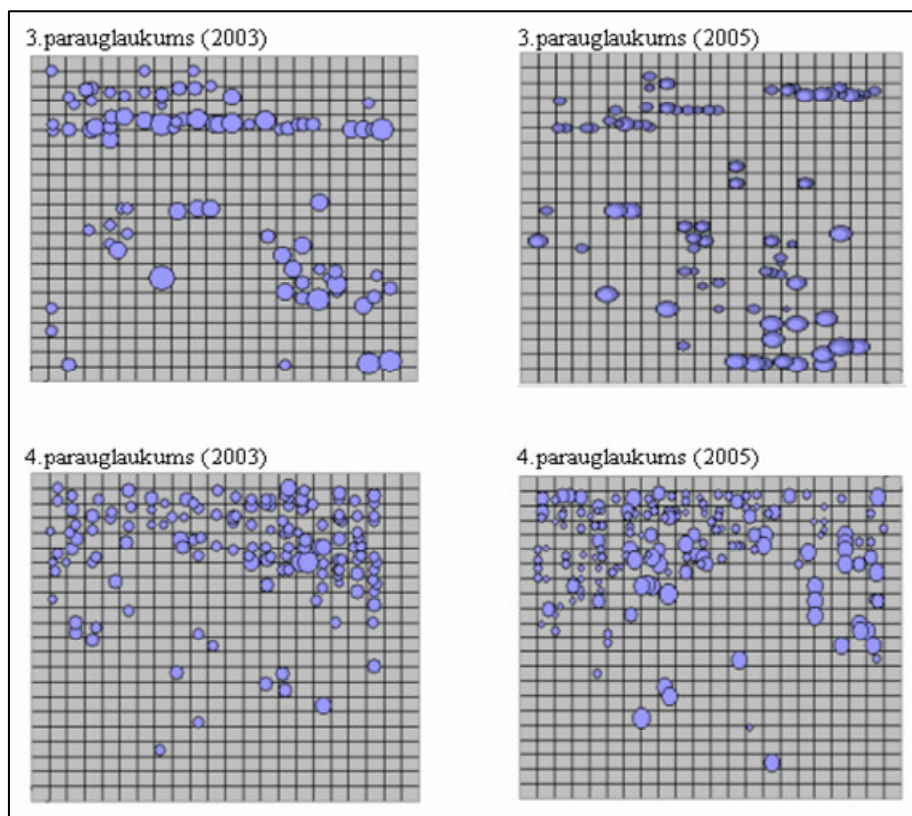
3.10. att. *G. paniculata* izvietojums un krūmu diametrs pirmajā un otrajā pastāvīgajā parauglaukumā

(Iekavās norādīts gads, kurā veikti novērojumi. Parauglaukumu izmērs 20x20m – vienas rūtiņas platība – 1 m². Aplīšu izmērs atbilstoši mērogam norāda uzskaitīto *G. paniculata* īpatņu koordinātas un diametru)

Fig. 3.10. Ordination and diameter of shrubs of *G. paniculata* in the first and second permanent plot

(The year of observation is put in brackets. The size of fixed plot is 20x20m – area of one square – 1 m². The size of rings displays coordinates and diameters of individuals of *G. paniculata*)

Lai gan otrajā parauglaukumā dominēja *G. paniculata* un *Leymus arenarius*, taču visu izpēti laiku bija novērojama liela sugu daudzveidība un tika atrastas arī kāpām raksturīgas sēņu sugas - Hadriāna zemestauki *Phallus hadriani* un smiltāju spīgulīte *Psathyrella ammophila*. Pirmajā novērojumu gadā aizvēja pusē *G. paniculata* veidoja plašu, blīvu audzi, kurā krūmu diametri pārsvarā pārsniedza 0.5 m atzīmi, bet otrajā novērojumu gadā krūmu diametrs un indivīdu skaits samazinājās. Trešajā gadā ziedošo krūmu skaits atkal pieauga, taču tie bija sīki un nelieli, taču jauna, spēcīgāku indivīdu grupa veidojās tālāk no iepriekš novērotās kompaktās audzes (3.10.att.).



3.11. att. *G. paniculata* izvietojums un krūmu diametrs trešajā un ceturtajā pastāvīgajā parauglaukumā

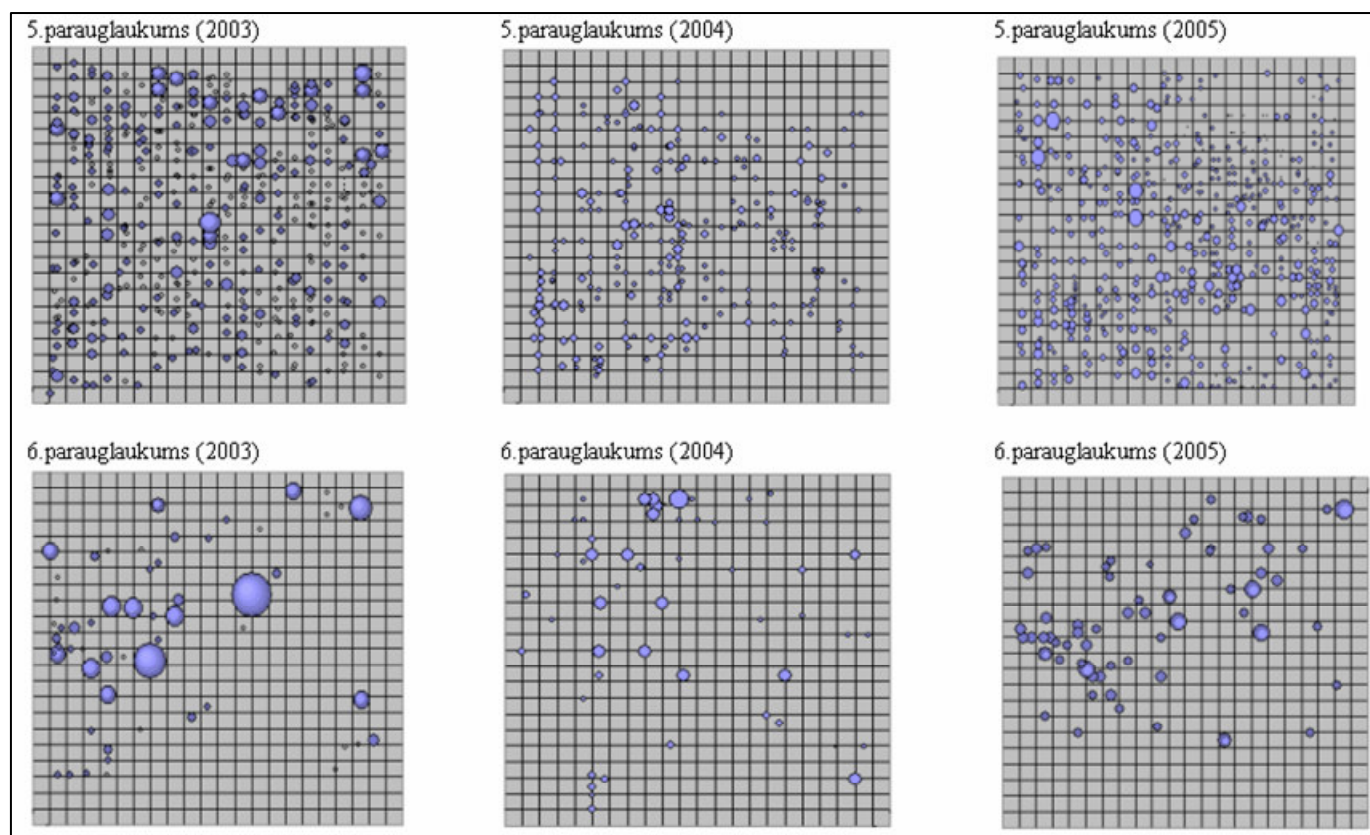
(Iekavās norādīts gads, kurā veikti novērojumi. Parauglaukumu izmērs 20x20m – vienas rūtiņas platība – 1 m². Aplīšu izmērs atbilstoši mērogam norāda uzskaitīto *G. paniculata* īpatņu koordinātas un diametru)

Fig. 3.11. Ordination and diameter of shrubs of *G. paniculata* in the third and fourth permanent plot

(The year of observation is put in brackets. The size of fixed plot is 20x20m – area of one square – 1 m². The size of rings displays coordinates and diameters of individuals of *G. paniculata*)

Trešajam un ceturtajam parauglaukumam raksturīgs liels *G. paniculata* un sūnu īpatsvars, pārējā veģetācija samērā viendabīga. No 2003. uz 2005. gadu lielas izmaiņas netiek novērotas – augu skaits un izmērs paliek gandrīz nemainīgs, arī telpiskais izvietojums pamatā saglabājas (3.11. att.). 2004.gada novērojumi laika apstākļu dēļ ir nepilnīgi, taču tajos novērojama kopīgā tendence, ka visos parauglaukumos krūmu diametri samazinās.

Piektajā parauglaukumā veģetāciju pārsvarā veido sūnas, *Artemisia campestris*, *Hieracium umbellatum*, *Galium* sp., *Carex arenaria*. 2003. gadā šeit tiek atzīmēts vislielākais *G.paniculata* īpatņu skaits, kas veido montonu audzi, 2004. gadā ziedošo augu skaits un izmēri samazinās, taču 2005. gadā ziedošo *G. paniculata* skaits pat ir palielinājies. Novērojama iekšsugas konkurence, jo palielinoties īpatņu skaitam, samazinās to izmēri (3.12. att.).



3.12. att. *G. paniculata* izvietojums un krūmu diametrs piektajā un sestajā pastāvīgajā parauglaukumā

(Iekavās norādīts gads, kurā veikti novērojumi. Parauglaukumu izmērs 20x20m – vienas rūtiņas platība – 1 m². Aplīšu izmērs atbilstoši mērogam norāda uzskaitīto *G. paniculata* īpatņu koordinātas un diametru)

Fig. 3.12. Ordination and diameter of shrubs of *G. paniculata* in the fifth and sixth permanent plot

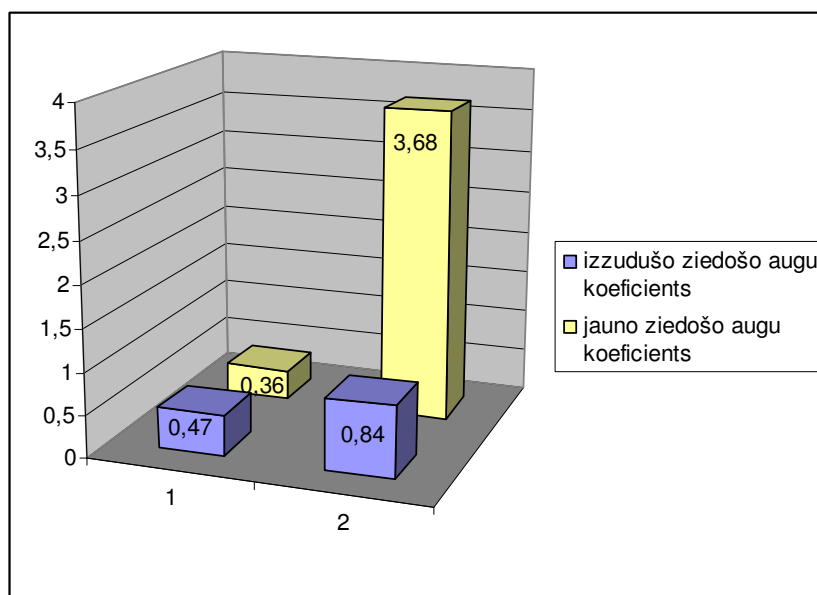
(The year of observation is put in brackets. The size of fixed plot is 20x20m – area of one square – 1 m². The size of rings displays coordinates and diameters of individuals of *G. paniculata*)

2002. gadā *G.paniculata* izdeguma joslā netika konstatēta, taču nākošajā gadā, šajā platībā ierīkojot sesto parauglaukumu, veģetācija bija atjaunojusies un tajā dominēja *G. paniculata*. Katru gadu skarainās ģipsenes īpatņu skaits turpināja palielināties, veidojot grupveida struktūru, vienlaicīgi sarūkot īpatņu izmēriem (3.12.att.).

Apkopojot datus par visos parauglaukumos esošajiem īpatņiem, bija iespējams aprēķināt ziedošo un izzudušo augu koeficientu uz 100 augiem par 2004. un 2005. gadu (3.13.att.). Pēc trīs gadu novērojumiem nav iespējams spriest par kopējo šo augu populāciju tendenci, taču ir skaidrs, ka populācija ir stabila. Lai gan 2004. gadā izzūdošo ziedošo augu koeficients ir lielāks nekā jauno ziedošo augu koeficients, 2005. gadā ievērojami pieaug jauno ziedošo augu skaits.

Dati papildus tika apstrādāti ar programmu Passage telpiskās struktūras izpētei. Ar programmas komandu „*Dirichlet tessallations*” iespējams novērtēt telpu, ko ietekmē katrs no indivīdiem. Programma ap katru indivīdu izveido šūnu, kas parāda tam tuvāko telpas daļu. Attēls 3.14.A atspoguļo *G. paniculata* īpatņu telpiskās ietekmes sadalījumu. Labi redzama likumsakarība, ka atstatus augošāki augi pārvalda lielāku telpas daļu atšķirībā no grupā augošajiem augiem. Šie rezultāti apliecina iekšsugas konkurenci un papildina iepriekš aprakstītos novērojumus, ka atstatus augoši augi biežāk sasniedz lielākus izmērus.

Attēls 3.14.B radīts, programmai aprēķinot distances starp visiem indivīdiem, un pēc tā var spriest kāda telpiskā struktūra *G. paniculata* audzēm raksturīga. Kats punkts apzīmē vienu aprēķināto distanci un leņķi. Tā kā punktotais laukums nav viendabīgs, var uzskatīt, ka pastāv grupveida telpiskā struktūra .

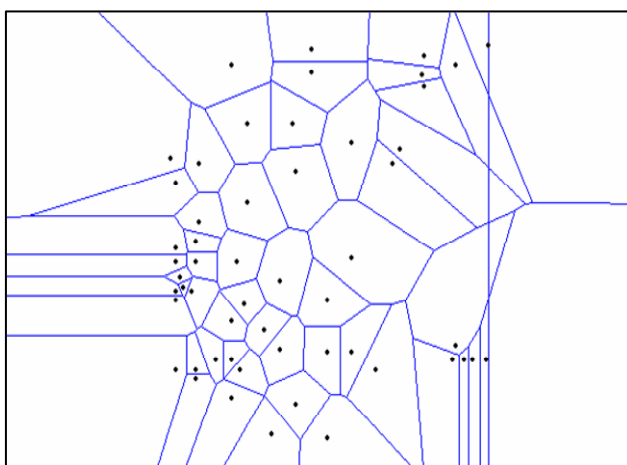


3.13. att. Jauno ziedošo un izzudušo *G. paniculata* īpatņu skaits uz 100 augiem

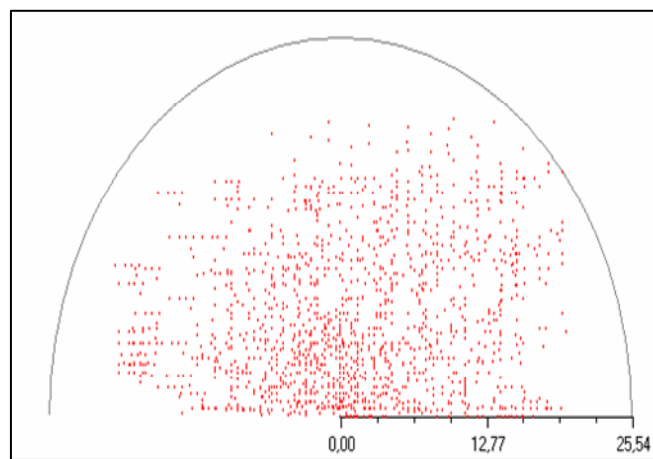
Apzīmējumu skaidrojums: 1- 2004. gads; 2 - 2005. gads; ■ - izzudušo ziedošo augu skaits uz 100 indivīdiem; ■ - jauno ziedošo augu skaits uz 100 indivīdiem

Fig. 3.13. Number of new flowering and disappeared individuals of *G. paniculata* in relation to 100 plants

Explanation of symbols: 1- year 2004; 2 – year 2005; ■ - number of disappeared flowering plants in relation to 100 individuals; ■ - number of new flowering plants in relation to 100 individuals



A



B

3.14. att. *G. paniculata* indivīdu telpiskā struktūra (no Passage)

A - „Dirichlet tessallations” jeb īpatņu ietekmētā telpa; B – distanču un leņķu attēlojums starp indivīdiem

Fig. 3.14. Spatial structure of *G. paniculata* individuals (by Passage)

A - „Dirichlet tessallations” or influenced space by individuals; B – plot of all distances and angles between individuals

3.5. *G. paniculata* aizņemtās teritorijas

2002. un 2003. gada pētījumu laikā posmā no Lietuvas – Latvijas robežas līdz Priediengalciešiem 27 joslu veidā tika aprakstītas *G. paniculata* aizņemtās teritorijas ar atšķirīga blīvuma audzēm. *G. paniculata* bija sastopama visā posmā, sākot no robežas līdz Papes ornitoloģiskajai bāzei, kur tās blīvums samazinājās, un apmēram pēc puskilometra netika konstatēts neviens *G. paniculata* augs (6., 7.piel.). 2005. gadā tika veikta atkārtota *G. paniculata* aizņemto teritoriju apsekošana, kuras laikā konstatēts, ka *G. paniculata* audžu blīvumi un aizņemtās platības ir nedaudz palielinājušās. Joprojām vislielāko procentuālo veģetācijas seguma daļu *G. paniculata* veidoja Papes bākas apkārtnē (3.15.att.).

2003. gadā Pāvilostas piekrastē tika aprakstītas *G. paniculata* aizņemtās platības divu joslu veidā, kas atradās baltajās un pelēkajās kāpas un silā. Vislielākie *G. paniculata* blīvumi konstatēti Sakas upes ietekas kreisajā krastā, bet labajā pusē esošajās kāpās skarainā ģipsene sastopama ļoti reti.

Salīdzinot datus par to, kādos biotopos sastopama *G. paniculata*, redzams, ka visbiežāk šis augs veido blīvas audzes atklātos biotopos, taču bieži sastopams arī ar kokiem vai krūmiem apaugušās kāpās (3.16.att.). Laikā no 2002. līdz 2005. gadam nav notikušas lielas izmaiņas aizņemto biotopu proporcijās, vienīgi palielinājušās ar *G. paniculata* aizņemtās pelēko kāpu teritorijas, un *G. paniculata* turpinājusi izplatīties ziemeļu virzienā.



A



B

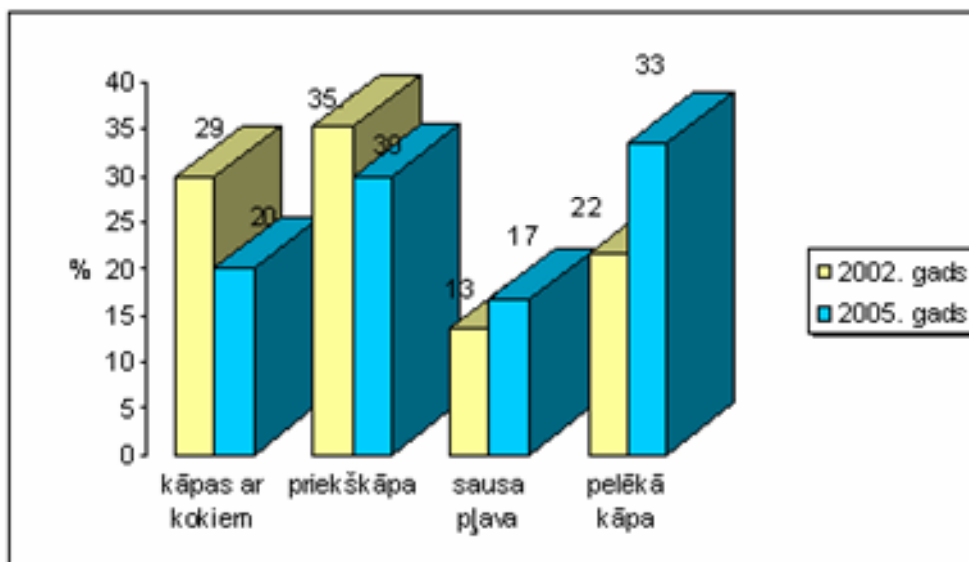
3.15. att. *G. paniculata* Papē kā dominējošs augs (autores foto)

A – *G. paniculata* septembrī; B – *G. paniculata* jūlija beigās

Fig. 3.15. *G. paniculata* as a dominant plant in Pape (photo by author)

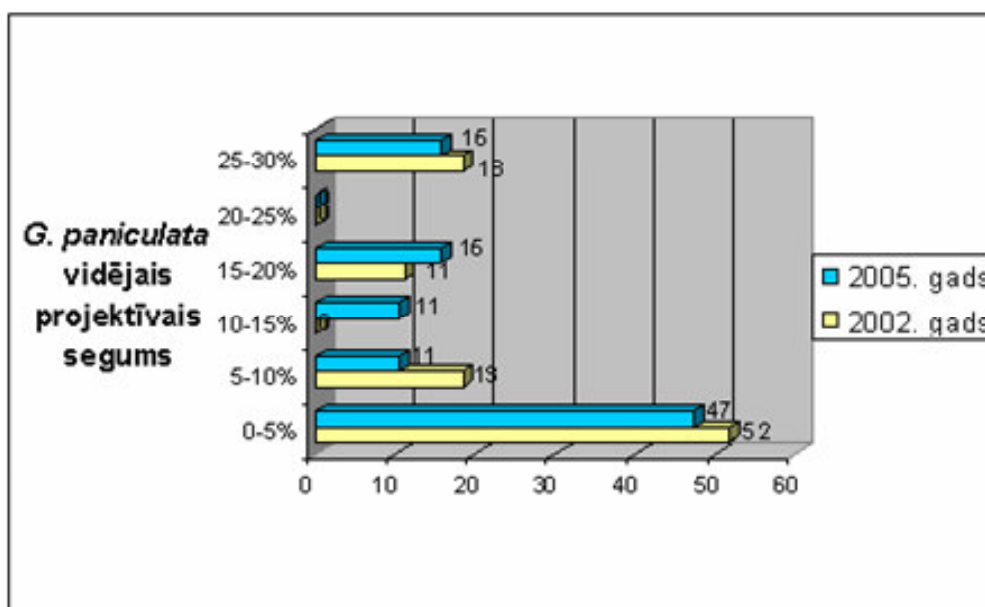
A – *G. paniculata* in September; B – *G. paniculata* in the end of July

Gandrīz pusē no piekrastes teritorijām, kurās sastopama *G. paniculata*, šis augs veido retas audzes ar projektīvo segumu līdz pieciem procentiem, tomēr liels ir to teritoriju īpatsvars, kurās *G. paniculata* vidējais procentuālais segums svārstās no 15 – 30% (3.17.att.).



3.16. att. *G. paniculata* aizņemto biotopu procentuālais sadalījums 2002. un 2005. gadā

Fig. 3.16. Percentage of biotopes with dominance of *G. paniculata* in year 2002 and 2005

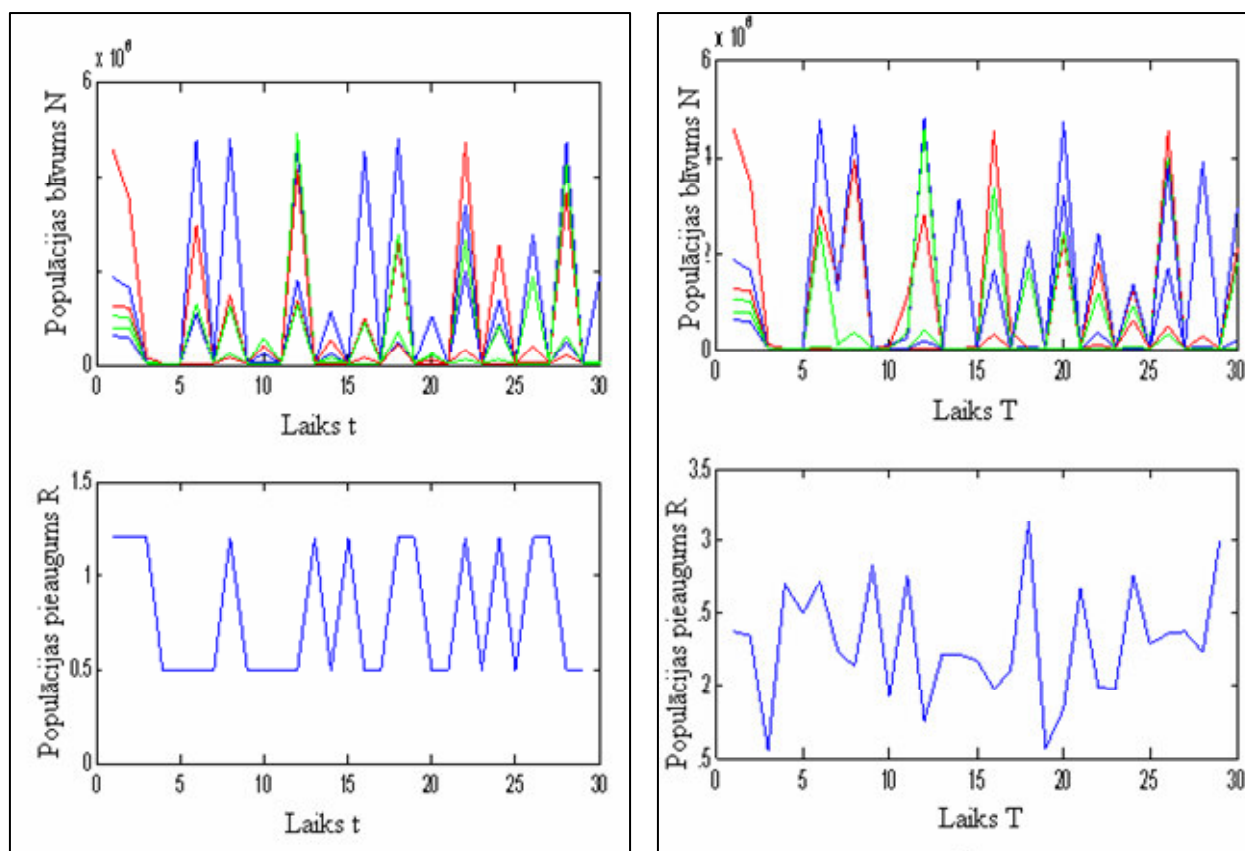


3.17. att. Teritoriju procentuālais sadalījums pēc vidējajiem *G. paniculata* projektīvajiem segumiem

Fig. 3.17. Percentage of territories with mean covering of *G. paniculata*

3.6. *G. paniculata* populācijas dinamikas modeļa izveide

Rezultāti, kas iegūti veidojot populācijas modeli ar Matlab programmu (visa informācija par modeļa izstrādi atrodama metožu aprakstā), prognozē haotiskas *G. paniculata* populācijas pieauguma un blīvuma izmaiņas laikā (3.18., 3.19. att.). Modelis periodiski prognozē lielāku populācijas blīvumu atsevišķos parauglaukumos. Tā kā lietotas maksimālās vērtības, svārstības ir ekstrēmas – no nulles līdz pat 5×10^6 , un modelis šķiet nereāls, bet ievietojot mazākas izejas parametru vērtības svārstības nebūtu tik krasas.



A

B

3.18. att. Paredzētās izmaiņas *G. paniculata* populācijas pieaugumā un blīvumā 30 laika posmos.

Labvēlīgu un nelabvēlīgu gadu attiecība ir 1:2; pieaugums labvēlīgā gadā $R_{good} = 1.2$, nelabvēlīgā $R_{bad} = 0.5$.

A – apkārtējās vides ietekme $z = 0$; B – apkārtējās vides ietekme $z = 3$

Fig. 3.18. Predicted changes in population growth rate and density of *G. paniculata* during 30 time steps.

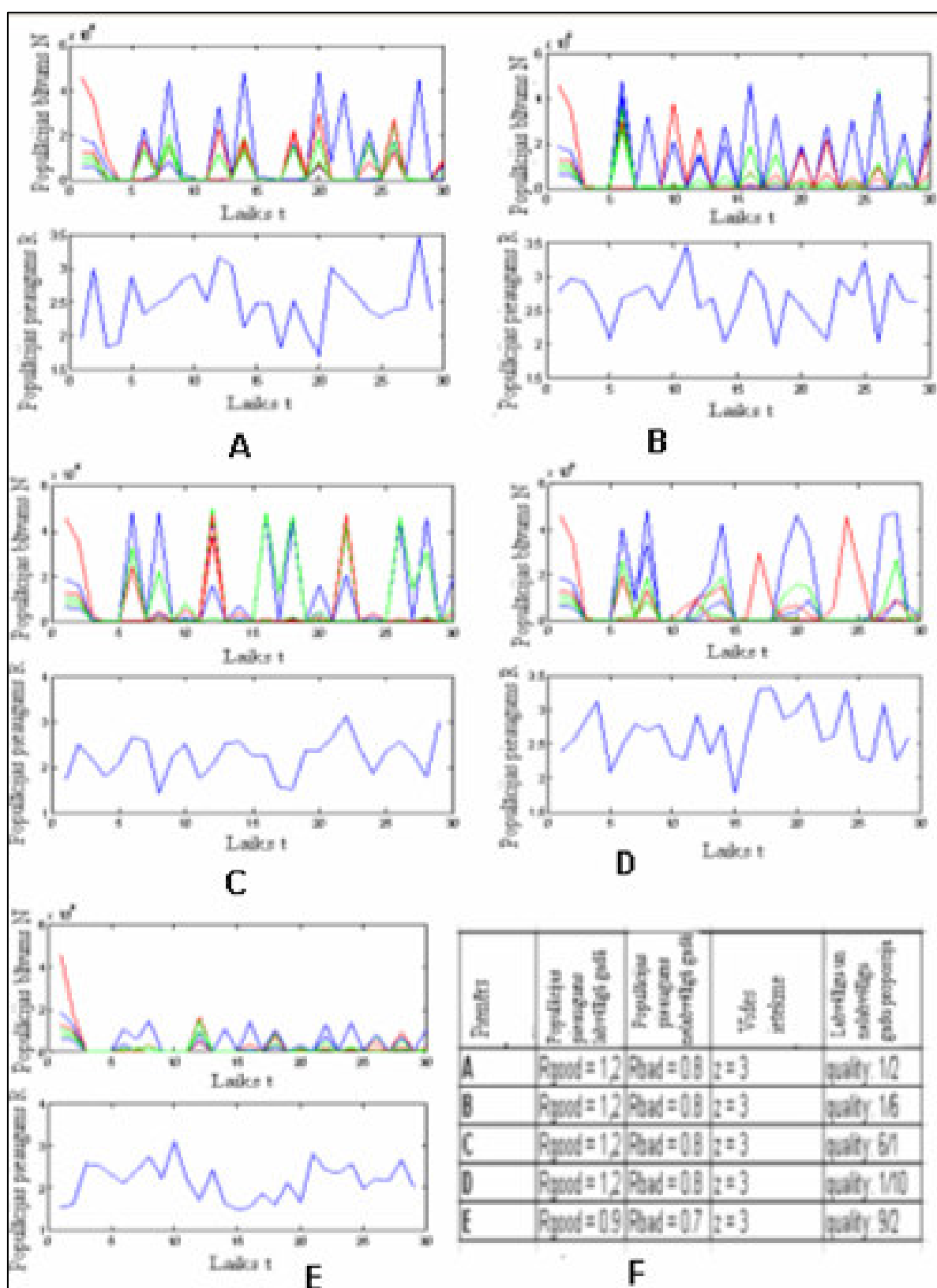
Proportion of good vs. bad years is 1:2; growth rate in successful year $R_{good} = 1.2$; unfavourable $R_{bad} = 0.5$. A – proportion of environmental stochasticity $z=0$; B – proportion of environmental stochasticity $z=3$

Apkārtējās vides ietekme uz *G. Paniculata* populācijas dinamiku

Ja netiek ņemta vērā lokāla mēroga vides ietekme un populācijas dinamiku ietekmēta tiek tikai globāli (3.18.A att.), zemākais populācijas pieauguma ātruma koeficients ir 0.5, bet, ja populāciju ietekmē arī lokāli vides apstākļi (3.18.B att.), piemēram, mikroklimats, mikroreljefs, tad palielinās vidējais populācijas pieaugums un pat zemākais populācijas pieaugums ir pozitīvs ($R > 1.5$). Arī ar negatīvu kopējo populācijas pieaugumu ($R = (R_{\text{good}} + R_{\text{bad}})/2 = 0.85$) populācija ir stabila un tās eksistence netiek apdraudēta.

Labvēlīgu un nelabvēlīgu gadu proporcijas ietekme uz *G. paniculata* populācijas dinamiku

Izmaiņas populācijas dinamikā ir haotiskas arī tad, ja apkārtējās vides ietekme ir konstanta, bet mainās labvēlīgu un nelabvēlīgu gadu proporcija (3.19. att.). Arī gadījumā, ja nelabvēlīgo apstākļu un negatīvā pieauguma gadu proporcionali ir daudz (3.19.C, 3.19.E att.), populācija saglabājas. Attēlā 3.19.F dotas izmantotās dažādu parametru vērtības atkārtotām modeļa simulācijām (3.19.A, 3.19.B, 3.19.C, 3.19.D, 3.19.E). Kā redzams no rezultātiem, tad populācijas par ar nelielu blīvumu nelabvēlīgos apstākļos paliek stabila pie negatīva populācijas pieauguma koeficienta ($R < 1$) (3.19.E att.).



3.19. att. A, B, C, D, E – apkārtējās vides kvalitātes ietekme uz populācijas dinamiku; F – parametru vērtības, kas izmantotas redzamajos piemēros
 Fig. 3.19. A, B, C, D, E – impact of proportion of environmental quality on population dynamics; F – table of variables of parameters used in examples.

4. Diskusija

4.1. *G. paniculata* aizņemto teritoriju un biotopu analīze

Lai gan literatūrā esošajos pētījumos uzsver, ka *G. paniculata* sastopama skrajos biotopos, kuru mikrolieljefs un krūmu klātbūtne veicina *G. paniculata* skaita palielināšanos (Gudžinskas 1999, Darwent 1975), tomēr Papes apkārtnē apmēram piektdaļu aizņemtā biotopa veida sastāda ar kokiem apaugušas kāpas. Tā kā *G. paniculata* ir psammofītisks augs, tad koku klātbūtnei būtu negatīvi jāietekmē *G. paniculata* blīvums, tomēr tā nav. Skarainā ģipsene sastopama gan kāpās, kuras apstādītas ar kārklēm, gan kalna priežu *Pinus mugo* stādījumu klajākajās vietās. Iespējams, ka ir pietiekams smilšu pieplūdums arī apstādītajās kāpās, tādēļ skarainā ģipsene aug arī šādā biotopā.

No 2002. līdz 2005. gadam biotopu proporcijas ir mainījušās nedaudz, jo *G. paniculata* attīstība ir pārāk ilga, lai novērtētu izmaiņas dažu gadu laikā (3.16.att.) To, ka palielinājušās vai samazinājušās proporcionālās attiecības starp biotopiem ar *G. paniculata*, var skaidrot ar to, ka *G. paniculata* turpinājusi izplatīties ziemeļu virzienā, kur aprakstītas jaunas joslas.

Lai gan teritorijas, kurās *G. paniculata* projektīvais segums ir lielāks par 15%, ir procentuāli mazāk par pusi, tomēr jāņem vērā, ka blīvumu ietekmē piemērotā piekrastes posma platums. Tālāk no Nidas purva un plašākās kāpās vai kāpu pļavās *G. paniculata* ir kodominanta vai dominanta suga. Jau Lietuvas zinātnieku A. Olšauskas (1995) un J. Stankevičiūtes (2000) pētījumi liecina, ka *G. paniculata*, lai gan psammofītisks augs, tomēr spēj pielāgoties dažāda skābuma augsnēm. Nidas purva tuvumā augsne ir skābāka, tomēr tas samazina *G. paniculata* sastopamību nedaudz.

Literatūrā nav informācijas, kādus blīvumus *G. paniculata* veido invadētajās teritorijās Ziemeļamerikā, tomēr Lietuvā, kur arī *G. paniculata* tiek uzskatīts par svešu, agresīvu augu, blīvumi ir līdzīgi kā Papes apkārtnē.

4.2. Novērojumi pastāvīgajos parauglaukumos

Lai gan skarainā ģipsene veido audzes priekškāpās, pastāvīgo novērojumu parauglaukumu izveide tajās nenotika, jo vēja un krasta noskalojumu ietekmē priekškāpu veģetācija var tikt iznīcināta.

Salīdzinot pastāvīgo parauglaukumu novietojumu, attālumu no krasta, mikroreljefu un blakus biotopu veidu, var izdarīt vairākus secinājumus.

Pirmkārt, krūmāju vai ieplaku tuvums veido aizvēju un vietu, kur vējš sapūš nokaltušos *G. paniculata* augu stublājus. A. L. Darwent (1966, 1975) savos pētījumos raksta, ka *G. paniculata* sēklu izsēja notiek dažādos laikos atveroties sēklu pogaļām, un šādās vietās sēklu izsēja ir koncentrētāka un uzdīgst vairāk sēklu. Blīvākās *G. paniculata* audzes Papes apkārtnē veidojas tieši šādās vietās – kāpu nogāzēs, krūmāju tuvumā, starpkāpu ieplakās.

Otrkārt, novērojama likumsakarība, ka *G. paniculata* veido blīvas audzes kopā ar *Leymus arenarius* - dažos pastāvīgajos parauglaukumos šie divi augi sastāda lielāko daļu veģetācijas projektīvā seguma. Zināms, ka pētītajā teritorijā kādreiz ganīti lopī un kāpas mēslojotas ar izskalotajām aļģēm, tā palielinot barības vielu daudzumu kāpās. Šī apsaimniekošana nenotiek jau gadu desmitus, tomēr palielinās antropogēnā slodze – tūristu pieplūdums. Lai gan *Leymus arenarius* tiek uzskatīts par priekškāpu augu, tas tomēr bieži sastopams antropogēni ietekmētās kāpās un liecina par palielinātu barības vielu daudzumu. Kā raksta V. Montiekaityte (2000) un J. Stankevičiūte (2000) *Leymus arenarius* un *G. paniculata* Lietuvas teritorijā sastopami galvenokārt rekreācijas ietekmētās kāpās, kur antropogēnā slodze un šo augu veidotās blīvās audzes samazina zemo lakstaugu sastopamību un bioloģisko daudzveidību, taču pie pārāk augstas antropogēnās slodzes tiek traucēta *G. paniculata* attīstība un tās blīvumi sarūk. Barības vielu pieplūdums Papes apkārtnē ir neliels, jo auglīgās augsnēs *G. paniculata* juvenīlie augi ietu bojā, taču pietiekams, lai radītu apstākļus dažu sugu dominancei. Atpūtnieki nelabprāt šķērso *Leymus arenarius* un *G. paniculata* audzes, un tā tiek radītas priekšrocības šo augu pastāvēšanai.

Treškārt, blīvuma izmaiņas atkarīgas no parauglaukuma attāluma no jūras. Piektais parauglaukums tika ierīkots vistālāk no jūras un tajā bija vērojams vislielākais blīvums un tā izmaiņas (3.12.att.). Tālāk no jūras mikroreljefs izlīdzinās un nav vairs aizvēja labvēlīgās ietekmes. Krasāk uz augiem iedarbojas dažādi vides faktori.

Analizējot *G. paniculata* telpisko izvietojumu un krūmu diametru parauglaukumos, redzams, ka mazāka diametra krūmi koncentrējas ap lielākiem. Domājams, ka lielākie augi ir

mātesaugi, bet mazākie attīstījušies no blakus izbirušajām sēklām. Ja īpatņi, kas attīstās pirmie, apgūst resursus vairāk, tad var uzskatīt, ka liela blīvuma apstākļos novērojama iekšsugas konkurence – spēcīgākie *G. paniculata* augi veido lielus krūmus, samazinot augšanas iespējas vājākiem savas un citu sugu pārstāvjiem. Pie šāda vienas sugas pārsvara ir mazāks citu sugu skaits un projektīvais segums. Tā kā *G. paniculata* ir augsts lakstaugs ar dziļu sakņu sistēmu, tas ietekmē viengadīgo lakstaugu sastopamību un izkonkurē tos. Palielinātu sūnu projektīvo segumu novērotajās platībās var skaidrot ar to, ka *G. paniculata* stabilizē kāpas, veicinot sūnām piemērotāku apstākļu rašanos. Interesanti, ka zem *G. paniculata* krūmiem visbiežāk aug *Tortula ruralis*, *Festuca* sp., *Gallium mollugo* vai *Sedum acre*, kas spēj veiksmīgi konkurēt un to attīstību netraucē gaismas un barības resursu samazināta pieejamība.

Parauglaukuma izvietošana bijušā deguma zonā ļāva izdarīt spriedumus par uguns ietekmi uz kāpu augāju un *G. paniculata*. Gadu pēc ugunsgrēka šajā teritorijā veģetācija bija atjaunojusies un tajā dominēja *G. paniculata*. Skrajo veģetāciju uguns ietekmēt spēj virspusēji, neskarot sakņu sistēmu. Novērojums apliecina, ka *G. paniculata* kā invazīvs augs iznīdējama, kombinējot metodes (McGowan-Stinski 2006), jo dziļā sakņu sistēma saglabājas ilgstoši, bet pelnu daļiņas uzlabo mazizveidojušos augsni, nemainot tās struktūru un pH. Arī šeit konstatētajiem augiem mikroreljefa ietekmē izveidojies telpisks izkārtojums.

G. paniculata audzēm raksturīga grupveida telpiskā struktūra (3.14.att.), kas veidojas gan tādēļ, ka juvenilie indivīdi var attīstīties vietās, kur sūnu un ķērpju segums ir mazizveidojies vai traucēts, kā arī tādēļ, ka mikroreljefa ietekmē sēklu izsēja koncentrējas atsevišķās vietās. Tā kā šie augi veiksmīgi konkurē par resursiem, var uzskatīt, ka tieši skarainā ģipsene šobrīd nodrošina esošo beta daudzveidību kāpās. Pieaugot *G. paniculata* blīvumam, daudzveidība samazināsies, jo *G. paniculata* kā dominējošā suga nosaka nišas veidošanās principus pārējām sugām.

Pēc ziedošo un izzudušo augu īpatsvara uz 100 indivīdiem 2004. un 2005. gadā, var spriest, ka populācija ir stabila un pakļauta vides faktoriem, kas izraisa krasas dinamikas svārstības. Pēc trīs gadu novērojumiem nevar prognozēt populācijas pieaugumu vai sarukšanu, jo koeficienti par diviem gadiem nesniedz pilnīgu priekšstatu (3.13.att.).

Pastāvīgo parauglaukumu pētījumi atspoguļo esošo situāciju, taču tiem ir dažas nepilnības. Juvenilie *G. paniculata* augi ir nelieli un atgādina jaunos *Linaria vulgaris* augus, un vienīgā atšķirība ir novērojama to sakņu krāsā. Šī iemesla dēļ juvenilie augi netika uzskaitīti, tādēļ nav iespējas salīdzināt juvenilo *G. paniculata* īpatņu mirstību Papē ar Kanādā veikto

pētījumu datiem. Līdzīgi ir ar apgalvojumu literatūrā, ka *G. paniculata* dzīves ilgums sasniedz desmitiem gadu (Darwent 1975; Darwent et al 1966) – veiktajos novērojumos Papes apkārtnē triju gadu laikā bija novērojama daudzu pieaugušo īpatņu izzušana. Uz lielā kopējā īpatņu skaita fona izzudušo īpatņu skaits neizceļas, taču, ja *G. paniculata* dzīves ilgums ir liels, bet Papes apkārtnē šis augs sastopams vien mazliet vairāk kā 25 gadus, tad izzudušo īpatņu skaitam būtu jābūt vēl mazākam.

Rezultātu neatbilstību literatūrā minētajai informācijai var skaidrot ar apstākļu atšķirību Z-Amerikā un Baltijas jūras piekrastē. Arī lielais blīvums var veicināt daudzu augu bojāeju nelabvēlīgos apstākļos. Iespējams, ka uzskaites gadā „izzudušie” augi neveidoja vasu vai arī novērojumu laikā vasa bija iznīcināta biotisko vai antropogēno apstākļu ietekmē.

Analizējot pētījumu laikā pieļautās kļūdas, var piekrist M. Kery (2004) un Z. Munzbergovai (2005) un viņu kolēģiem, kas populācijas dinamikas pētījumiem iesaka novērot atsevišķus augus, nevis veikt to uzskaiti parauglaukumos, tā samazinot iespēju kļūdīties empīrisko novērojumu laikā, ja nav novērojama auga vasa.

4.3. Modeļa analīze

Atkārtoti simulētais modelis ar dažādām parametru vērtībām paredz haotiskas populācijas blīvuma un pieauguma izmaiņas laikā. Tā kā modeļa pamatā ir seši dabā novēroto parauglaukumu izejas dati, tad tas izskaidro to, ka atsevišķos parauglaukumos periodiski tiek prognozēts lielāks populācijas blīvums, jo, kā jau tas novērots dabā, dažos parauglaukumos regulāri ir lielāks indivīdu blīvums. Trīs gadu novērojumi gan nav pietiekams laika posms, lai empīriski pārliecinātos par modeļa atbilstību realitātei, taču krasās izmaiņas ziedošo un izzudušo augu skaitā un 100 indivīdiem, kas atspoguļotas rezultātu 3.4. nodaļā un attēlā 3.14. izskaidro krasās populācijas blīvuma svārstības. Parasti modeļu izveidē tiek piemērotas vidējās parametru vērtības, taču šajā gadījumā tika iekļautas maksimālās vērtības, panākot ekstrēmas svārstības – no nulles līdz pat 6×10^6 , kas apgrūtina rezultātu interpretāciju, jo modelis šķiet nereāls, taču ievietojot mazākas izejas parametru vērtības, svārstības nebūtu tik izteiktas. Tā kā viens no svarīgākajiem modeļa izveides nosacījumiem bija prognozēt *G. paniculata* populācijas blīvuma izmaiņas atkarībā no vides faktoriem, tad maksimālu parametru vērtību izmantošana labāk atspoguļo šī auga pielāgošanās spējas.

Daudzi autori pētījumos par invazīvajām sugām ir uzsvēruši, ka invazīvajām sugām raksturīga eksponenciāla augšana ar samērā ilgstošu vienu vai vairākiem „Lag” periodiem, kuru laikā suga piemērojas jaunajiem apstākļiem (Andow 1997; di Castri et.al.1990). Ja ar izveidotā teorētiskā modeļa palīdzību tiek mēģināts apstiprināt hipotēzi, ka *G. paniculata* ir invazīva suga, tad haotiskās populāciju dinamikas izmaiņas to daļēji pierāda (3.18., 3.19.att.). Ja suga nebūtu aklimatizējusies, tad populācijas blīvumi būtu nelieli visu simulēto laika posmu, bet ja suga sāktu kļūt invazīva, tad iepriekš minētā eksponenciālā augšana būtu novērojama. Tā kā populācijas svārstības ir haotiskas, tad var pieņemt, ka *G. paniculata* ir pilnībā naturalizējusies. Zinot, ka jūras piekrastē *G. paniculata* turpina izplatīties ziemeļu virzienā un aizņem jaunas teritorijas, var uzskatīt, ka šī suga ir piemērojusies Latvijas klimatiskajiem apstākļiem un nostiprinājusies, bet haotiskās izmaiņas ir atkarīgas no kādiem modelī neiekļautiem apstākļiem.

Haotiskās fluktuācijas var izskaidrot dažādi.

Pirmkārt, kāpu ekosistēmu spēcīgi ietekmē abiotiskie faktori, piemēram, klimatiskie apstākļi, kas ir spēcīgi izteikti gan globālā, gan lokālā mērogā. Lai gan modelī iekļauti parametri z (apkārtējās vides ietekme), R_{good} (populācijas pieaugums labvēlīgā gadā) un R_{bad} (populācijas pieaugums nelabvēlīgā gadā), to vērtību izmaiņas neizmaina kopējo modeļa tendenci. Iespējams, ka ir kāds konkrēts abiotisks faktors, kas ierosina *G. paniculata* populācijas

haotiskās svārstības, bet to varētu noskaidrot, sadalot sīkāk parametru z . Šī iemesla dēļ var uzskatīt, ka, tā kā *G. paniculata* ir introducēts un naturalizējies augs, bet tipisko kāpu augu sugas ir piemērojušās kāpu mikroklimatam, *G. paniculata* nav vēl pilnībā piemērojusies kāpās valdošajiem apstākļiem.

Otrkārt, liela nozīme populācijas dinamikā ir sēklu bankai un auga ekoloģijai. Ir empīriski novērojumi par to, kā sēklu bankas esamība ietekmē populācijas dinamiku. Sēklu bankā esošās potenciāli invazīvo augu sēklas var radīt daudzas problēmas, apsaimniekojot invadētās teritorijas. Iznīdēta augu vasa un sakņu sistēma negarantē, ka iznīdēts ir viss augs, jo sēklas var saglabāties vairākas dekādes (Silvertown et.al. 2001). Lai gan modelī nav iekļauts sēklu bankas parametrs, to ietekmi var nojaust. Modeļa parametros iekļaujot vairākus atkārtoti nelabvēlīgus gadus, *G. paniculata* populācijas blīvums ātri atjaunojas un populācijas pieaugums nekļūst tik zems, lai populācija ietu bojā. Skarainā ģipsene ir daudzgadīgs ziedaugs ar dziļu sakņu sistēmu, tādēļ tas var saglabāties attīstībai nelabvēlīgajos gados, pat ja traucēta vasa attīstība un sēklu ražošana. Lielākā daļa *G. paniculata* sēklu attīstību sāk otrajā gadā un ar laiku sēklu dīgtspēja samazinās, tomēr, ja viens ziedošs augs spēj saražot tūkstošiem sēklu, tad sēklu bankā saglabājas liels *G. paniculata* sēklu īpatsvars. Ņemot vērā šos apstākļus, pat pie maksimālām modeļa parametru vērtībām, kad populācijas blīvums ir tuvu nullei un pieaugums ir negatīvs, populācija neaiziet bojā, bet saglabājas, veidojot nākamo pieauguma pīķi.

Lai gan modelī telpiskums iekļauts vienīgi caur migrācijas faktoru un dažādiem sākotnējiem populācijas lielumiem sešos dažādos matriksos – parauglaukumos, tomēr ar modeļa simulācijām var izskaidrot mikrolējefa un mikroklimata ietekmi, jo dažos parauglaukumos sākotnēji esošie lielākie populāciju blīvumi saglabājas. To, ka samazinās pieauguma pīķi, var skaidrot ar populācijas blīvuma atkarību un biotiskiem faktoriem. Tā kā populācijas pieaugums un kritums notiek vienlaicīgi visos parauglaukumos, tad parauglaukumus ietekmē līdzīgi vides apstākļi, bet tā kā citu parauglaukumu blīvumi sasniedz augstākus rādītājus, tad ir izteikta arī mikrolējefa un mikroklimata ietekme.

Protams, ka šim modelim piemīt līdzīgas priekšrocības un trūkumi kā vairumam modeļu, kas jāņem vērā interpretējot datus. Modelis ir bioloģisku procesu matemātiska abstrakcija, tas ietver tikai svarīgākos parametrus – abiotiskos vides faktorus, populācijas pieauguma atkarību no blīvuma un migrāciju. Lai gan modelī izmantoti reāli lauka novērojumus un literatūrā aprakstīti dati, par modeļa pareizu izveidi un iegūto paredzējumu precizitāti var pārliecināties, turpinot regulārus lauka novērojumus. Kā jau minēju iepriekš, vides faktoru

ietekme vērtēta kopumā, neizdalot konkrētus apstākļus. Konkrētu vides faktoru iekļaušana modelī būtu sarežģītāka un simulācijas būtu grūtāk izskaidrojamas, taču sniegtu precīzākus datus. Tā kā dabā *G. paniculata* izkonkurē citas sugas un tai nav dabisko ienaidnieku Latvijā, modelī nav iekļauts biotiskais faktors, tomēr tā iekļaušana varētu ietekmēt populācijas dinamiku. Līdzīgi būtu iekļaujot antropogēnās slodzes nozīmi, taču problēmas rada matemātiskas formulas izveide, kas adekvāti aprakstītu šos faktorus. Protams, kā jebkurā modelī, arī šajā pastāv nenoteiktība, kas nav izskaidrojama.

Modelī nav noteikts telpiskās skalas mērogs, jo telpas ietekme vērtēta, iekļaujot migrāciju. Publicētajos pētījumos izteikta atziņa, ka maza mēroga telpiskajā skalā noteicošie ir biotiskie faktori, kuru ietekme samazinās, palielinoties telpas izmēriem. Tā kā aprakstītajā modelī telpas jēdziens iekļauts pastarpināti, nav iespējams salīdzināt biotiskos un abiotiskos faktorus.

Lai gan teorētiskajā Matlab modelī iekļauti tikai paši nepieciešamākie dati un tas balstās uz vienkāršotiem pieņēmumiem, simulācijas ir ticamas un rezultāti apstiprina pieņēmumu, ka *G. paniculata* populācija ir nostabilizējusies un spēj izdzīvot ilstošā laika posmā pat nelabvēlīgu vides apstākļu ietekmē. Turpmākā *G. paniculata* izplatība var būt veiksmīga un atkarīga no kāpu mikroreljefa un kāda nezināma, bet konkrēta biotiskā vai antropogēnā vides faktora. Īpaši aizsargājamo teritoriju platībās jāpievērš regulāra uzmanība šī auga turpmākai izplatībai, jo tas ir pilnībā naturalizējies, bet ekoloģiskās īpašības nodrošina konkurētspēju kāpu augu sabiedrībās.

4.4. *G. paniculata* ietekme uz kāpu augu sabiedrību struktūru

Lai noskaidrotu *G. paniculata* ietekmi uz veģetācijas segumu un augu sabiedrību struktūru, svarīgi noskaidrot šī auga nišu. Šajā nolūkā veikti autekoloģiski un sinekoloģiski pētījumi. Sinekoloģisko pētījumu laikā mēģināts noskaidrot *G. paniculata* nišu, salīdzinot augu sabiedrības un sugu un parauglaukumu ordināciju vairākās atradnēs un noskaidrojot, kādi faktori ietekmē *G. paniculata* sastopamību.

Sugu ordinācijā Pāvilostā, Papē un Nidā novērojams priekškāpu – pelēko kāpu gradients. Rezultāti rāda, ka Papes parauglaukumu un sugu ordinācijā *G. paniculata* veido grupas ar pelēko kāpu augiem, bet Nidā un Pāvilostā - ar priekškāpu augiem. Tas skaidrojams ar Papes plašajām pelēkajām kāpām, jo Nidā un Pāvilostā pelēkās kāpas ir šaurākā joslā gar jūru. Atšķirīgie rezultāti par 2002. un 2005. gadu Papē skaidrojami ar to, ka parauglaukumi netika ierīkoti abus gadus vienās un tajās pašās vietās.

Salīdzinot rezultātus par to, kur koncentrējas parauglaukumi ar *G. paniculata*, redzams, ka Papē skarainā ģipsene lielākās audzes veido starp pelēkajām kāpām ar lakstaugiem un pelēkajām kāpām ar kokiem. Lai gan arī Nidā Lietuvas teritorijā un Pāvilostā pelēkās kāpas robežojas ar mežu, tomēr *G. paniculata* biežāk sastopama priekškāpās un pārejas joslā no priekškāpām uz pelēkajām kāpām. Skaidrojums šai atšķirībā, iespējams, meklējams kāpu topogrāfijā.

Kā zināms no literatūras (Gudžinskas 1999, Olšauskas 1995), tad Lietuvā *G. paniculata* vislielākos blīvumus veido vietās ar augstu, blīvu veģetāciju, kuras projektīvais segums pārsniedz 60%. No rezultātiem (3.5.att.) redzams, ka Papes apkārtnē, kur šis augs veido blīvākās audzes Latvijā, *G. paniculata* blīvums pieaug vietās, kur kopējais projektīvais veģetācijas segums palielinās un to veido lakstaugi. Pieaugot sūnu procentuālajam segumam, samazinās skarainās ģipsenes audžu blīvums, kam iemesls meklējams šī auga attīstības īpatnībās – sūnu segums apgrūtina sēklu un juvenilo īpatņu attīstību, lai gan *G. paniculata* ar sakņu sistēmu nostiprina smiltis un netieši veicina sūnu seguma pieaugumu. Papes apkārtnē pieaugošā rekreācijas slodze veicina sūnu seguma samazināšanos un šie traucējumi rada iespēju skarainajai ģipsenei apgūt jaunas teritorijas un palielināt populācijas blīvumu. Protams, pieaugot esošajai slodzei, samazinātos *G. paniculata* blīvumi, bet vienlaicīgi izzustu citas aizsargājamās un retās sugas.

Lietuvā V. Montiekaityte (2000) augu sabiedrībām izdala vairākas fāzes. Sākotnējā fāzē dominē vaskulārie augi, bet degradējošajās fāzēs - sūnas, ķērpji un lakstaugi ir līdzīgās

proporcijās. Redzams, ka Baltijas jūras piekrastē aprakstītās augu sabiedrības Latvijas un Lietuvas teritorijā pieder divu klašu - Koelerio-Corynepheretea Klika in Klika et Nowak un Ammophiletea arenariae Br.-Bl. Et R.Tx. sintaksoniem. Visās aprakstītajās sabiedrībās dominē lakstaugi, bet sūnu – ķērpju īpatsvars ir neliels. Var uzskatīt, ka pētītajās teritorijās augu sabiedrībām raksturīga sākotnējā fāze, kas piemērota *G. paniculata* atīstībai, savukārt apvidos, kur dominē sukcesijas degradējošās fāzes, ir apgrūtināti apstākļi, lai šī suga ieviestos.

V. Montiekaityte (2000) Lietuvas pelēkajās kāpās izdala fitocenozi ar *G. paniculata*, savukārt J. Stankevičiūte (2000) priekškāpās izdala subasociāciju, kurā viena no dominējošām sugām ir skarainā ģipsene. Jaunais aprakstītais sintaksons, ko veido *G. paniculata*, *Tortula ruralis*, *Artemisia campestris*, *Carex arenaria*, *Sedum acre*, *Leymus arenarius*, raksturīga traucētām pelēkajām kāpām. No iepriekš aprakstītajiem sintaksoniem, kuros sastopama *G. paniculata*, šis atšķiras ar to, ka bez skarainās ģipsenes vēl dominē augstā kāpu graudzāle *Leymus arenarius* un sūnas. Kopējais veģetācijas projektīvais segums šai subasociācijā ir lielāks par 70%.

Lai gan Papes apkārtnē augu sabiedrību apraksti veidoti, izmantojot vairāk kā 50 sugu sastopamību, bet Nidā un Pāvilostā 20, tas nenozīmē, ka Nidas un Pāvilostas kāpu joslā bioloģiskā daudzveidība ir mazāka. Visās izpētes vietās ir konstatētas retas un aizsargājamas sugas. Tā kā Papes apkārtnē augu sabiedrības aprakstītas vairāk kā 15 km posmā, bet Nidā un Pāvilostā 2 km robežās, tad nav korekti salīdzināt šo teritoriju bioloģisko daudzveidību. Var vienīgi izdarīt secinājumus par to, ka *G. paniculata* ir nostiprinājusies līdzīgās augu sabiedrībās un ka šim augam ir piemēroti apstākļi arī pārējā Baltijas jūras piekrastes posmā Latvijas teritorijā.

4.5. *G. paniculata* kā invazīva auga izvērtējums

Lai gan skarainā ģipsene jau ilgāku laiku ir invazīva suga Ziemeļamerikā, kur notiek tās apkarošanas pasākumi, kā arī Lietuvā, kur to sākotnēji aizsargāja, Latvijā joprojām daļa botāniķu uzskata to par retu sugu. Nav pamata šo sugu iekļaut Latvijas Sarkanajā grāmatā vai to praktiski aizsargāt Baltijas jūras piekrastē, kur *G. paniculata* ir nostiprinājusies un pilnībā naturalizējusies. Lai gan būtu nepieciešami ilgāki pētījumi, lai droši apgalvotu par kādas sugas invazīvo statusu, tomēr jau pēc esošajiem rezultātiem ir pietiekami pierādījumu, šāda apgalvojuma izteikšanai. Veģetācijas un pastāvīgo parauglaukumu izpēte apliecina, ka skarainā ģipsene ir atradusi nišu kāpu augu sabiedrībās un ir ekoloģiski piemērojusies esošajiem apstākļiem. Turklāt 20.gs. 90-tajos gados piekrastes zonu atverot cilvēkiem, ir pieaugusi rekreācijas slodze kāpās. Ja pirmo reizi *G. paniculata* Papes apkārtnē konstatēta pirms apmēram 25 gadiem, tad šobrīd šis augs jau ir izplatījies desmitiem kilometru tālāk uz ziemeļiem. Traucētās ekosistēmas ir vietas, kur vislabāk nostiprinās invazīvās sugas.

Ja salīdzina *G. paniculata* un invazīvo augu raksturojošās īpašības, tad šim augam piemīt daļa invazīvu augu īpašību. Diemžēl citas populācijas Daugavpils un Rīgas apkārtnē neizdevās konstatēt, bet, ja izdotos salīdzināt piekrastes un iekšzemes populācijas, rastos pilnīgāks priekšstats par to, kā skarainā ģipsene kā invazīvs augs izmaina ekosistēmu struktūru dabiskajās kāpās un ruderālās vietās. Kornaš (1990) savā pētījumā, apkopojot Eiropas invazīvo sugu vēsturi, uzsver shēmu, kā sugas kļūst invazīvas. Uzskatu, ka *G. paniculata* Baltijas jūras piekrastē jau ir sasniegusi fāzi, kad bez problēmām spēj vairoties biotopos ar maziem traucējumiem. Iespējams, ka augs spēs samērā drīz piemēroties arī netraucētu biotopu apstākļiem un turpinās virzīties uz ziemeļiem.

Pēc dažu vasaru pētījumiem var tikai konstatēt, ka *G. paniculata* ietekmē kāpu augu sabiedrības, bet ar to ir par maz, lai izvērtētu, vai šis augs bīstami apdraud retās un aizsargājamās kāpu sugas. Ņemot vērā to, ka skarainās ģipsenes audzes veigo grupveida telpisko struktūru un piemērotos apstākļos ir dominantā suga, ievērojot piesardzību, nepieciešams regulāri novērtēt *G. paniculata* atradņu vitalitāti un skaitu, lai laicīgi spētu reaģēt un nepieciešamības gadījumā veikt apkarošanas pasākumus.

Secinājumi

1. *G. paniculata* visbiežāk sastopama priekškāpās, pelēkajās kāpās ar lakstaugu veģetāciju, sausās kāpu pļavās, kā arī kāpās ar kokiem un krūmiem.
2. Atkarībā no piekrastes teritorijas piemērotības, *G. paniculata* projektīvais segums var sasniegt līdz pat 30% no kopējā veģetācijas seguma.
3. *G. paniculata* kļuvusi par vienu no dominantajām kāpu sugām ar dinamisku un stabilu populāciju un veido grupveida telpisko struktūru, piemērojoties mikroreljefa apstākļiem.
4. Matlab populācijas dinamikas modelis apstiprina, ka *G. paniculata* populācija ir nostabilizējusies un turpmākā izplatība būs veiksmīga, tomēr nedod skaidru atbildi par to, kādi konkrēti faktori rada dinamiskas haotiskās svārstības.
5. *G. paniculata* visvairāk ietekmē augu sabiedrības, kurām raksturīgas sukcesijas sākotnējās fāzes. *G. paniculata* aizņemtajās teritorijās palielina atsevišķu sūnu sugu segumu kāpās, taču vienlaicīgi bieza sūnu un ķērpju sega apgrūtina *G. paniculata* attīstību.
6. Augu sabiedrību analīzē izdalīts jauns, neregistrēts klases *Ammophiletea arenariae* Br.-Bl. Et R.Tx. sintaksons, ko veido *G. paniculata*, *Tortula ruralis*, *Artemisia campestris*, *Carex arenaria*, *Sedum acre*, *Leymus arenarius*, un kas raksturīgs traucētām pelēkām kāpām un kāpu pļavām.

Pateicības

Izsaku pateicību Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Botānikas un ekoloģijas katedras pasniedzējiem, sevišķi - Guntim Brūmelim un Brigitai Laimei. Paldies Evai Remkei par palīdzību literatūras avotu meklēšanā, Sami Aiko par padomiem modeļa izveidē, Guntai Skrastiņai par palīdzību karšu materiālu apstrādē, kā arī kursabiedriem par kritiku un ierosinājumiem darba tapšanas laikā.

Literatūra

- Andow D. A., 1997.** Spread of invading organisms. Biological Invasions of Ecosystem by Pests and Beneficial Organisms. Tsukuba, Japan. National Institute of Agro-Environmental Sciences. NIAES Series 3: 66-75
- Anon., 2000.** Dabas aizsardzība Latvijā 2000. – 2002. gadā. LR Vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija: 5–24
- Anon., 2001.** Convention on Biological Diversity. Invasive Alien Species. Monreal:1-47
- Anon., 2002.** Pētījums par svešo agresīvo sugu izplatību piekrastē. LU Bioloģijas fakultāte: 3–15
- Anon., 2003.** Latvijas Sarkanā grāmata. Vaskulārie augi. Rīga: 318.
- Balevičiene J., Lazdauskaite Ž., Rašomavičius V., 1994.** Conservation of Botanical Diversity in the Lithuanian Coastal Region. Coastal Conservation & Management in the Baltic Region. Riga-Klaipeda-Kaliningrad: 43-47
- Berger U., Hildenbrandt H., Grimm V., 2002.** Towards a standart for the individual-based modeling of plant populations: self-thinning and the field-of-neighborhood approach. Natural Resource Modeling, Vol.15, Number 1: 39-54
- Braak C. J. F., Šmilauer P., 2002.** Canoco Reference Manual and CanocoDraw for Window's User's Guide. Software for Canonical Community Ordination (version 4.5). Ithaca: Microcomputer Power: p.500
- Bumbure M., Galenieks P., Jaunzeme V., Līvena Dz., Pētersone A., 1957.** Latvijas PSR flora II. Rīga: Latvijas Valsts izdevniecība: 214-215
- Clark J. S., Ji Y., 1995.** Fecundity and Dispersal in Plant Populations: Implications for Structure and Diversity. The American Naturalist. Vol.146, No1: 72-111
- Crawley M., J., 1986.** Plant Ecology. Blackwell Scientific Publications. Oxford, London, Edinburg: p.405
- Darwent A. L., Coupland R. T., 1966.** Life history of *Gypsophila paniculata*. Weeds 14: 313–318
- Darwent A. L., 1975.** The Biology of Canadian Weeds. 14. *Gypsophila paniculata* L. Canadian Journal of Plant Science 55: 1049 – 1058
- di Castri F., Hansen A. J., Debussche M., 1990.** Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin. Kluwer Academic Publishers: 9-10

- de Klemm C., 1996.** Introductions of non-native organisms into the natural environment. Nature and environment, No. 73. Council of Europe Publishing: 11–18
- Eichwald K., Kalamees K., Kask M., Krall H., Kuusk V., Masing V., Paivel A., Puusepp V., Remmel A., Talts S., Tamm U., Viljasoo L., 1971.** Eesti NVS floora VIII. Tallinn, Kirjastus "Valgus": 291-292
- Emsis I., 1975.** Veģetācijas rekreācijas digresija Rīgas jūras līča Vidzemes jūrmalas kāpu joslas mežu zonā. Diplomdarbs. Latvijas Valsts Universitāte, Rīga: 66 lpp.
- Fatare I., 1975.** Latvijas jūrmalas kāpu veģetācija. Rīga: 64 lpp.
- Fatare I., 1992.** Latvijas floras komponentu izplatības analīze un tās nozīme augu sugu aizsardzības koncepcijas izstrādāšanā. LR Vides aizsardzības komiteja, Pētījumu centrs: 257 lpp.
- Garche A., 1972.** Illustrierte Flora. Berlin und Hamburg: Verlag Paul Parey: 501
- Gavrilova Ģ., 1999.** Latvijas vaskulāro augu flora: Neļķu dzimta. Rīga: Latvijas Universitātes Bioloģijas institūts, Botānikas laboratorija: 45
- Gavrilova Ģ., Šulcs V., 1999.** Latvijas vaskulāro augu flora. Taksonu saraksts. Rīga: 135
- Gleason H. A., Cronquist A., 1993.** Manual of Vascular Plants of Northeastern United States and Adjacent Canada. Bronx, New York: The New York Botanic Garden: 126
- Gudžinskas Z., 1999.** Conspectus of alien invasive species of Lithuania. Botanica Lithuanica, 5(3): 203 – 218
- Hallanaro E., Pylvanainen M., Spuņģis V., 2002.** Ziemeļeiropas daba. Kopenhāgena, Ziemeļu ministru padome: 293
- Hansen M., J., Wilson S. D., 2006.** Is management of an invasive grass *Agropyron cristatum* contingent on environmental variation? Journal of Applied ecology, Vol.43: 269-280
- Hejny H., Slavik B., 1990.** Kvetena Česke Republiky II. Praha: Academic: 194-195.
- Higgins I. H., Richardson D. M., Cowling R. M., 2001.** Validation of a spatial simulation model of a spreading alien plant population. Journal of Applied Ecology 38: 571-584
- Hulten E., Fries M., 1986.** Atlas of North European Vascular Plants. P.I. Koeltz Scientific Books: 103-104
- Jacques R., 1990.** In Search of the characteristic of plant invaders. Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin. Kluwer Academic Publishers: 335-352

- Jonsell B., Karlsson T., Agestam M., Bygren N., Hultgard U., Persson E., 2001.** Flora Nordica – Volume 2. Stocholm: The Royal Sweedish Academy of Sciences: 204.
- Kabucis I., 1995.** Kāpu veģetācija. Latvijas daba II sējums. Rīga, Latvijas enciklopēdija: 228
- Kabucis I., 2000.** Biotopu rokasgrāmata. Rīga: 38 – 56, 132
- Kaitala V., Aikio S., Fowler M., Laakso J., Lindén A., Valosaari K., 2005.** Introduction to Ecological Modelling. Helsinki University: p.31
- Kent & Coker, 1994.** Vegetation Description and Analysis: p.363.
- Kery M., Gregg K. B., 2004.** Demographic estimation methods for plants with dormancy. Animal Biodiversity and Conservation, 27.1: 129-131.
- Krebs Ch. J., 1999.** Ecological Methodology. Second Edition. Addison Wesley Educational Publishers: 139 – 141
- Kornaš J., 1982.** Man's impact upon the flora: processes and effects. Diversity of synantropic plants. Memorabilia Zool.37: 11-30.
- Kornaš J., 1990.** Plant invasions in Central Europe: historical and ecological aspects. Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin. Kluwer Academic Publishers: 19-36
- Kowarik I., Starfinger U., 2001.** Biological Invasions in Germany – A Challenge to Act. Bonn, Germany: Federal Agency of Nature Conservation: 17- 25, 45–46
- Laasimer L., Kuusk V., Tabaka L., Lekavičius A., 1993.** Flora of the Baltic Countries. Tartu: 259.
- Laime B., 2000.** Pludmales un primāro kāpu aizsardzības plāns. Rīga: 9-27
- Laime B., 2001.** Pelēko kāpu aizsardzības plāns. Rīga: 3-28
- Laiviņš M., 1985.** Latvijas mežu sinantropizācija – Latvijas PSR floras aizsardzības aktuālās problēmas. Rīga: 48 –51
- Law R., Purves D. W., Murrell D. J., Dieckmann U., 2000.** Causes and Effects of Small-scale Spatial Structure in Plant Populations. Integrating Ecology and Evolution in a Spatial Context. Blackwell Science, Oxford, UK: 21-44
- Lehman E., 1895.** Flora von Polnich-Livland. Druck von C. Mattiesen: 364
- Lehman E., 1896.** Flora von Polnich-Livland. Nachtrag 1. Druck von C. Mattiesen: 98

MacDougall A. S., Boucher J., Turkington R., Bradfield G. E., 2006. Patterns of plant invasion along an environmental stress gradient. *Journal of Vegetation Science* Vol. 17: 47-56

Madera S., 1998. *Bioloģija*, 2. daļa. Apgāds Zvaigzne ABC: 138–139, 104–105

Matthew A., Hails R. S., Bullock J. M., 2005. Alternative dispersal vectors acting on regional scales can explain the abundance pattern in wild cabbage (*Brassica oleracea* spp. *Oleracea*) on the Dorset coast. Talk. Contributions to the 18th Annual Conference of the Acological Society of Germany, Switzerland and Austria. Potsdam: 18

Minchinton T. E., Simpson J. C., Bertness M., D., 2006. Mechanisms of exclusion of native coastal marsh plants by an invasive grass. *Journal of ecology* No.94: 342-354

McGowan-Stinski J., Gostomski T., 2006. Recommended Removal Methods for Baby's Breath (*Gypsophila paniculata*). The Nature Conservancy – Michigan Chapter: 1-3

McNeely A. Jeffrey, Mooney A. Harold, Neville E. Laurie, Scei Johan Peter, Waage K. Jeffrey, 2001. Global Strategy on Invasive Alien Species. IUCN: 10–28

Marchand P., 1999. Graphics and GUIs with Matlab, 2nd edition. CRC Press, Boca Raton: p.146

Martinez W. L., Martinez A. R., 2001. Computational Statistics Handbook with MATLAB. CRC Press, Boca Raton: p.245

Morgan M. T., Wilson W. G., Knight M. T., 2005. Plant population Dynamics, Pollinator Foraging, and the Selection of Self-Fertilization. *The American Naturalist*. Vol.166, No2: 169-183

Montiekaityte V., 2000. Changes of sand dune plant communities of the Lithuanian coastal zone in the 20th century. *Ekologija*. Vilnius. Nr.1: 7-16

Munzbergova Z., Ehrlen J., 2005. How to best collect demographic data for PVA models. Talk. Contributions to the 18th Annual Conference of the Acological Society of Germany, Switzerland and Austria. Potsdam: 38

Ofkante D., 2001. Skarainā ģipsene (*Gypsophila paniculata* L.) priekškāpu augu sabiedrībās Nidas apkārtnē. Latvijas Universitātes zinātniskā konference. Ģeogrāfija, ģeoloģija, vides zinātne. Referātu tēzes. Rīga: 121-125

Olšauskas A., 1995. Distribution of *Gypsophila paniculata* on the Lithuanian sea coast. Klaipeda University, H. Manto, 84, Lithuania: p.20. Manuskripts.

- Ore V., 1956.** Veģetācija kā kāpu vecuma indikators. Diplomdarbs. Latvijas Valsts Universitāte, Rīga: 85 lpp.
- Pētersone A., Birkmane K., 1958.** Latvijas PSR augu noteicējs. Rīga: Latvijas valsts izdevniecība: 294 lpp.
- Pētersone A., Birkmane K., 1980.** Latvijas PSR augu noteicējs. Rīga: Latvijas valsts izdevniecība: 306 lpp.
- Pott R., 1995.** Die Pflanzengesellschaften Deutschlands. Germany: Hannover: 279–283, 333 – 343
- Ramula S., 2005.** Fitness components are poor predictors of population performance in an annual herb. Talk. Contributions to the 18th Annual Conference of the Acological Society of Germany, Switzerland and Austria. Potsdam, 40
- Rasiņš A., 1985.** Par introducēto augu ekoloģiskās bīstamības iepriekšējo novērtēšanu dabas aizsardzības stacionārā. Latvijas PSR floras aizsardzības problēmas. Rīga: 51–54
- Rosenberg, M. S., 2001.** PASSAGE. Pattern Analysis, Spatial Statistics, and Geographic Exegesis. Version 1.0. Department of Biology, Arizona State University, Tempe, AZ.: p. 148
- Rothmaler W., 1987.** Excursions flora. Berlin: 752
- Schweingruber F. H., Poschlod P., 2005.** Forest Snow and Landscape Research. Volume 79, Issue 3. Growth rings in Herbs and Shrubs: Life Span, Age Determination and Stem Anatomy. Swiss Federal Research Institute. WSL, Birmensdorf, Haupt, Berne, Stuttgart, Viena: 352
- Shine C., Williams N., Gundling L., 2000.** A Guide to Designing Legal and Institutional Frameworks on Alien Invasive Species. IUCN: 1-49
- Silverton J., Charlesworth D., 2001.** Introduction to Plant Population Biology. Blackwell Science, 153-176
- Stankevičiūtė J., 2000.** Vegetation on Lithuanian seacoast sand communities, structure, chorology, and successions. Summary of doctoral thesis. Vilnius: p. 25
- Stankevičiūtė J.², 2000.** Lietuvos pajūrio smėlynu augalų bendrijų sintaksonominė struktūra. Botanica Lithuanica 6(2): 175-202
- Takasu F., Shiraishi M., Kawasaki K., Shigesada N., 1997.** Mathematical models for biological invasions – competition for open spaces. Biological Invasions of Ecosystem by Pests

and Beneficial Organisms. Tsukuba, Japan. National Institute of Agro-Environmental Sciences. NIAES Series 3: 66-75

Tufto J., Engen S., Hindar K., 1997. Stochastic Dispersal Processes in Plant Populations. Theoretical Population Biology 52: 16-26

Tutin T. G., Heywood D. A., Burges N. A., Valentine D. H., Walters S. H., Webb D. A., 1964. Flora Europae: Volume 1. Cambridge at the University Press: 183.

Wangen S. R., Webster C. R., 2006. Potential for multiple lag phases during biotic invasion: reconstructing an invasion of the exotic tree *Acer platanoides*. Journal of Applied Ecology Vol.43: 258-268

Zariņa L., 1996. Baltijas jūras piekrastes šķēdes posma flora un veģetācija. Bakalaura darbs. Latvijas Universitāte, Rīga: 34 lpp.

Агеева Н. Т., Байтенов М. Б., Голосков П., Корнилова В. С., Павлов Н. В., Поляков П. П., 1960. Флора Казахстана III. Алма-ата: Издательство Академии Наук Казахской ССР: 405-406

Анон, 1986. Основы охраны растительного покрова Литовской ССР. Вильнюс, „Москлас”: 257

Банджюлене Р., 1977. Растительный покров косы Куршо-Нярия и его охрана. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук: 1-26

Фатаре И., 1974. Флора и растительность Латвийской ССР. Приморская низменность. Рига: Издательство Зинатне: 115-119

Табака Л., Гаврилова Г., Фатаре И., 1988. Флора сосудистых растений Латвийской ССР. Рига: Зинатне: 42

Васильченко И. Т., Горшкова С.Г., Ильин М.М., Кузенева О. И., 1936. Флора ССР III. Москва: Издательство Академии Наук ССР: 126

www.chessandlena.com/img/baltic-states-map.jpg

Citētie normatīvie akti

Anon., 1996. Likums Par 1992.gada 5.jūnija Riodežaneiro Konvenciju par bioloģisko daudzveidību. Latvijas Vēstnesis, Nr.137

Anon., 1997. Aizsargjoslu likums. Latvijas Vēstnesis, Nr. 56/57

Anon.², 2000. Sugu un biotopu likums. Latvijas Vēstnesis, Nr.121/122

Anon.³, 2000. MK noteikumi Nr.396. Noteikumi par īpaši aizsargājamo sugu un ierobežoti izmantojamo īpaši aizsargājamo sugu sarakstu. Latvijas Vēstnesis 413/417

Anon.⁴, 2000. MK noteikumi Nr.421. Noteikumi par īpaši aizsargājamo biotopu veidu sarakstu. Latvijas Vēstnesis 446/447

Anon.², 2001. MK noteikumi Nr.34. Nemedījamo sugu indivīdu iegūšanas, Latvijas dabai neraksturīgo savvaļas dzīvnieku ieviešanas (introdukcijas), kā arī dzīvnieku populācijas atjaunošanas dabā (reintrodukcijas) atļauju izsniegšanas kārtība.

Anon.³, 2001. MK noteikumi Nr.45. Mikroliegumu izveidošanas, aizsardzības un apsaimniekošanas noteikumi. Latvijas Vēstnesis 19

Anon.⁴, 2001. MK noteikumi Nr.117. Noteikumi par zaudējumu atlīdzību par īpaši aizsargājamo sugu indivīdu un biotopu iznīcināšanu vai bojāšanu. Latvijas Vēstnesis 43

Anon., 2006. MK noteikumi Nr.153. Noteikumi par Latvijā sastopamo Eiropas Savienības prioritāro sugu un biotopu sarakstu. Latvijas Vēstnesis 33

Pielikums