

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXVIII

TARTU 1935

EESTI VABARIIGI TARTU ÜLIKOOLI
TOIMETUSED

ACTA ET COMMENTATIONES
UNIVERSITATIS TARTUENSIS
(DORPATENSIS)

A

MATHEMATICA, PHYSICA, MEDICA

XXVIII

TARTU 1935



Sisukord. — Contenta.

1. **T. Lippmaa.** Une analyse des forêts de l'île estonienne d'Abruka (Abro) sur la base des associations unistrates.
2. **J. Sarv.** Foundations of arithmetic.
3. **Arnold Tudeberg.** Orthogonalsysteme von Polynomen und Extremum-probleme der Interpolationsrechnung.
4. **T. Lippmaa.** Eesti geobotaanika põhijooni.

Résumé: Aperçu géobotanique de l'Estonie.

**UNE ANALYSE DES FORÊTS DE L'ÎLE
ESTONIENNE D'ABRUKA (ABRO) SUR LA BASE
DES ASSOCIATIONS UNISTRATES**

PAR

T. LIPPMAA

TARTU 1935

I. Introduction. L'île d'Abruka, sa structure géomorphologique et géologique. Le climat. La végétation autochtone. L'homme et les animaux.

L'étude des groupements végétaux nommés associations a fait de grands progrès à partir du moment où on a commencé à se servir dans ce but des aires exactement circonscrites. Sans insister davantage sur ce sujet d'ailleurs bien connu (cf. Braun-Blanquet, Du Rietz, Alechine), notons seulement que la méthode des aires échantillons est actuellement inséparablement liée avec la notion de l'espace minimum (Braun-Blanquet, Du Rietz) — l'espace nécessaire „pour acquérir le développement auquel correspond l'ensemble spécifique normal“ (Braun-Blanquet et Pavillard). Or, pour les analyses effectives d'une associations quelconque, les aires examinées dans cette association doivent être au moins de la grandeur de cet espace minimum.

L'espace minimum déterminé au moyen de la méthode de M. Braun-Blanquet, avec quelques changements dans les détails (cf. Lippmaa, 1931 et 1933), varie dans des limites très amples. Elle est souvent de 1 m^2 ou même inférieure pour les associations des mousses ou des lichens, dépasse sûrement 1000 m^2 pour certaines associations phanérophytes d'Europe, et doit être plus grande encore dans les forêts tropicales.

La détermination de l'espace minimum dans une végétation à une strate [p. ex. dans l'association à *Ramalina strepsilis* (Frey), ass. à *Verrucaria maura* (Häyrén), ass. à *Zostera marina* (Warming), ass. à *Arabis coerulea* (Braun-Blanquet), ass. à *Sesleria calcarea* et *Carex sempervirens* (Braun-Blanquet)] est facile. Certaines difficultés commencent dès que nous nous occupons de la végétation multistrate. Ici, en établissant la détermination de l'espace minimum dans chaque strate à part par courbes de rapport entre le nombre des espèces et l'aire occupée correspondante, on aboutit à la conclusion que l'espace minimum y diffère énormément. Par ex., dans certains bois d'Estonie (ces bois

sont analysés de plus près dans le présent mémoire), l'espace minimum pour la strate arborescente est de 400 m², pour la strate herbacée de 20 m² et pour la strate muscinale souvent de 2 à 4 m².

Si on considère ces différences très grandes et si on se rappelle que les formes biologiques des plantes de ces strates, de même que leurs conditions écologiques, diffèrent d'une façon non moins prononcée, on est en droit de demander si le procédé employé par les phytosociologues de nos jours pour analyser la végétation multistrate *au moyen des associations multistrates* est suffisamment fondé. Peu à peu l'auteur est arrivé à la conception suivante (cf. Lippmaa, 1933):

Seules les associations unistrates représentent les unités élémentaires de la végétation. Elles sont caractérisées tant par leur composition floristique que par leur habitat (leur écologie) et la forme biologique dominante. La végétation multistrate est un ensemble d'associations plus ou moins compliqué. La végétation forestière p. ex. est une complexité d'associations „superposées“, où chaque strate se compose d'une ou de plusieurs associations, conformément à l'uniformité ou la diversité de la nature de l'habitat de cette strate.

Les associations unistrates superposées se distinguent profondément des formes biologiques qui y règnent. En Europe septentrionale, la strate supérieure est composée par l'association (ou des associations) mésophanérophyte, suivent les associations microphanérophytes, nanophanérophytes, les associations des chamaephytes, puis des hémicryptophytes et géophytes, ensuite les associations des mousses et des lichens fruticuleux. Il y a souvent sur les troncs des arbres des associations épiphytes composées de mousses et de lichens de forme biologique assez différente.

Ces associations unistrates sont des unités fondamentales, c'est à dire des unités élémentaires dans l'analyse approfondie d'une végétation.

Sans doute, les différences profondes des formes biologiques dominantes dans les diverses strates — la manifestation évidente des différences énormes de l'écologie de ces strates — n'ont pas échappé aux phytosociologues. Tansley (1923) p. ex. écrit à ce sujet:

„Each stratum has an environment or habitat which differs from that of the others. Thus the crowns of the tree of a wood are exposed to full sunlight, and often to considerable wind, while all the other strata are more or less protected from both.“ „The different strata of an association are in a certain sense distinct communities. Each has a floristic composition, dominants, and a „structure“ of its own; and the species of each often belong to quite distinct life forms. Each stratum has a habitat which differs in certain respects widely, sometimes totally, from those of the others. Thus the different strata must always be considered separately in ecological study.“

Pour Tansley néanmoins: „the whole community [association] to which they [the strata or layers] belong forms the essential primary unit“¹⁾. L'auteur a cité Tansley parce qu'ici l'opinion générale est exprimée dans des termes on ne peut plus clairs.

Gams (1918), Regel (1923), Du Rietz (1932) se sont exprimés, sur le problème ici envisagé, plus ou moins conformément aux vues de l'auteur. Pourtant, même dans les ouvrages les plus récents de ces auteurs, les associations multistrates se trouvent placées à côté des associations unistrates dans leurs analyses de la végétation. Une application conséquente de la méthode des associations unistrates dans les travaux phytosociologiques récents nous est inconnue. Il faut pourtant signaler ici l'ouvrage très intéressant de T. A. W. Davis et P. W. Richards (The Vegetation of Moraballi Creek, British Guiana: An ecological study of a limited area of tropical rain forest). Quoique les auteurs de cette étude se servent de la méthode ordinaire, déjà la considération de la structure de chaque strate à part leur permet de représenter l'image bien claire d'une végétation sylvestre tropicale très complexe.

Etant d'avis que pour évaluer une méthode quelconque, les résultats obtenus à l'aide de celle-ci sont particulièrement importants, l'auteur s'est décidé à analyser les forêts de l'île d'Abruka²⁾ à l'aide de la méthode des associations unistrates, *bien qu'une analyse complète de ces forêts, basée sur les unités multistrates ait déjà été exécutée par lui dans le courant de l'été 1931.*

¹⁾ Espace par nous.

²⁾ En été 1934.

Dans le dit ouvrage sur la méthode des associations unistrates („Grundzüge der pflanzensoziologischen Methodik nebst einer Klassifikation der Pflanzenassoziationen Estlands“) l'auteur avait choisi comme exemple le complexe des associations unistrates suivantes: association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*; ass. à *Corylus avellana*; ass. à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum*; ass. à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*; ass. à *Rhytidiadelphus triquetrus*. Cette végétation est bien proche de la végétation très répandue dans l'Europe centrale et analysée récemment par Markgraf, Klika, Domin, Soo, Issler, Lindquist, Ostensfeld, Watt et Tansley¹⁾.

Sur l'île d'Abruka la végétation en question est très bien représentée. De plus, on y trouve des forêts marécageuses d'une composition très complexe qu'il était aussi très intéressant d'analyser en appliquant la méthode des associations unistrates.

L'île d'Abruka, située à 58° 9' de latitude Nord et à 22° 30' de longitude Est (de Greenwich), se trouve au sud de Kuressaare et est séparée de la côte sud de l'île de Saaremaa (Oesel, Osilia) par un détroit de 4,5 km de largeur. La surface totale de cette île et des petits îlots environnants (Vahase, Kasemaa et Linnusiht) comporte 15, 25 km². Le noyau de l'île est formé par des calcaires de gotlandium non dolomitisées, dites de Kaugatoma. On ne les voit pourtant nulle part à la surface même, par suite des dépôts glaciaires qui les recouvrent. Ces derniers sont de nature graveleuse, surtout dans la partie élevée de l'île. A l'ouest et à l'est de la partie centrale plus élevée parcourant l'île dans la direction N-S, les terres basses commencent là où le sous-sol est formé par des dépôts d'argile.

Le climat de l'île n'est actuellement connu que dans ses traits généraux, aucune station météorologique n'y existant. Pourtant la station météorologique de Sõrve²⁾, se trouvant à une distance de 40 km de l'île d'Abruka, nous donne une idée assez exacte des conditions climatiques régnant sur l'île en question.

Comme il résulte de ces données tabellaires, le climat du territoire qui nous occupe est caractérisé surtout par une pluviosité assez faible (526,5 mm) et des températures relativement basses en été. Le degré de saturation de l'atmosphère étant élevé (humidité relative de 75 à 90 p. c.), ces précipitations permettent pourtant le développement d'une végétation arborescente (en partie marécageuse) luxuriante.

¹⁾ Rübel, Die Buchenwälder Europas, Veröffentl. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich. Bern u. Berlin 1932.

²⁾ D'après K. Frisch, Ilmastu, Eesti VI: Saaremaa, Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus, Tartu 1934.

Moyennes des températures du mois et de l'année, d'après les observations de 60 années (Sörve).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ann.
Maximum abs.	-2.5	-3.3	-1.9	2.4	7.7	13.1	16.4	15.6	12.7	7.7	3.1	-0.3	5.9
Minim. abs.	5.6	4.6	8.2	12.2	20.0	25.6	27.6	26.2	21.8	16.1	10.3	8.2	27.6
	-19.6	-25.5	-21.4	-8.5	-2.2	2.5	6.5	6.7	2.2	-4.5	-12.8	-13.5	-25.5

Les précipitations (Sörve).

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ann.
Max.	32.8	30.9	31.1	29.2	32.2	41.6	50.5	74.3	57.0	48.3	52.6	46.0	526.5
Min.	50.0	123.0	72.7	56.4	73.0	127.5	107.7	136.8	102.9	86.0	152.8	127.2	709.1
	15.0	3.7	1.6	4.8	2.0	7.8	0.0	9.3	18.0	4.1	24.6	1.4	387.7

L'épaisseur de la couverture de neige en cm.

	X		XI		XII		I		II		III		IV	
	10-20	21-31	1-10	11-20	21-30	1-10	11-20	21-31	1-10	11-20	21-28	1-10	11-20	21-30
Sörve	—	—	1.0	0.7	0.8	1.2	1.2	6.2	8.0	13.5	14.5	17.8	22.2	23.8
Roomassaare	0.3	0.3	4.3	3.5	3.5	3.3	2.5	6.5	8.3	12.3	12.0	15.7	21.5	28.5
(le port de Kuressaare, 5 km au nord de l'île d'Abruks).														
	15.0	3.7	1.6	4.8	2.0	7.8	0.0	9.3	18.0	4.1	24.6	1.4	387.7	

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Ann.
Le nombre des jours de brouillard	3.3	4.7	4.8	4.7	4.8	4.9	2.2	1.7	2.1	2.0	1.3	3.2	37.1
La vitesse du vent:	7.1	6.2	6.2	5.3	5.6	5.3	5.3	5.3	6.2	6.9	7.6	8.4	6.2
13 h	7.3	6.4	6.5	5.8	6.2	5.9	5.8	6.0	6.7	7.0	8.0	8.5	6.6
21 h	7.4	6.4	6.4	5.0	5.3	5.0	4.9	5.2	6.7	7.3	8.2	8.7	6.3
Le nombre des jours de tempête	5.3	2.9	3.5	1.8	2.5	2.3	1.8	1.2	3.8	6.1	6.3	9.6	44.0

Pendant 6 mois le sol est gelé et couvert d'une couche de neige plus ou moins profonde. C'est surtout durant la saison froide que la vitesse et la fréquence des vents augmente. — Les brouillards s'observent l'année entière; ils sont toutefois plus fréquents au printemps et dans la première moitié de l'été, où l'eau de la mer est encore assez froide.

Sur les côtes, la végétation halophile est en général bien développée. Ici le pourcentage des sels dans l'eau de la mer ne dépasse pas 0.6 p. c. Néanmoins l'association à *Fucus vesiculosus* se trouve presque partout sur les pierres granitiques d'origine glaciaire qui couvrent, souvent très densément, le fond de la mer autour de l'île. Ça et là, au bord de petits golfes surtout, on trouve des dépôts de *Fucus* mort apportés par les flots pendant les tempêtes. Sur ces dépôts, dans leur partie submergée, la flore des bacteriacées rouges n'est pas rare (dans la partie sud de l'île, etc.). L'association à *Zostera marina* L. se trouve aussi par endroit; la *Zostera* charriée du moins est très répandue. Notons enfin dans la partie littorale de la mer les espèces suivantes: *Potamogeton pectinatus* L., *Ruppia spiralis* (L.) Dum., *Zannichellia pedunculata* Rchb.

Dans la partie sud de l'île, tant sur la côte ouest que sur la côte est, les peuplements à *Scirpus Tabernaemontani* Gmel., à *Scirpus maritimus* L. et à *Phragmites communis* Trin. sont très répandus. Par endroits, par ex. sur la côte nord-est, la *Heleocharis parvula* Hook. forme de grandes taches à vé-

végétation ouverte et très faible. *Triglochin maritima* L., *Aster tripolium* L., *Juncus ranarius* Perr. et Song., *Spergularia salina* Presl. sont des espèces ordinaires.

A cette végétation halophile à tapis végétal ouvert suit une autre, à tapis clos, à savoir: l'association à *Juncus Gerardi*. Cette espèce dominante forme un gazon serré et bas, où l'on trouve encore les espèces halophiles suivantes: *Centaureum erythraea* Rafn., *C. pulchellum* Druce, *Gentiana uliginosa* Willd., *Triglochin maritima* L., *Heleocharis uniglumis* Schult., *Odontites litoralis* Fr., etc.¹⁾. Par endroits, dans les prés à *Juncus Gerardi*, on trouve des dépressions qui se remplissent d'eau pendant les tempêtes. Ayant un sous-sol glaiseux, l'infiltration de l'eau est empêchée: peu à peu l'eau s'évapore, laissant une mince croûte blanchâtre et salée sur laquelle se développe la végétation halophile extrême des pays Baltiques: l'association à *Salicornia herbacea* L. var. *patula* Duv. J. C'est une végétation ouverte, très malingre (la hauteur des plantules dépasse rarement 20 cm), où à l'espèce dominante s'associent *Suaeda maritima* Dum.* *filiformis* Dum., *Glaux maritima* L., *Plantago maritima* L. *Salicornia* et *Suaeda* surtout sont d'une couleur rouge ou rougeâtre due au contenu considérable d'anthocyanines, de même *Puccinellia maritima* Parl., qui entoure souvent les taches à *Salicornia* et *Suaeda*.

Là où, mêlés avec des pierres et de la terre, pourrissent les dépôts les plus hauts du *Fucus* charrié, une végétation puissante des espèces suivantes se développe: *Atriplex litorale* L., *Chaerophyllum silvestre* Sch. et Thell., *Agropyron repens* P. B., *Erysimum hieracifolium* L., *Lepidium latifolium* L., *Viola tricolor* L., *Alopecurus ventricosus* Pers., etc.

Souvent une zonation nette des associations est reconnaissable. La végétation halophile décrite (surtout l'assoc. à *Juncus Gerardi*) est suivie assez souvent, ou par l'association à *Carex Goodenowii*, ou par l'association à *Festuca rubra*. La première se compose surtout de l'espèce dominante, la seconde est caractérisée par l'apparition (souvent abondante) de l'*Ophiglossum vulgatum* L. et ça et là de l'*Ostericum palustre* Bess. (p. ex. dans la partie médiane de l'île sur la côte est). Puis viennent les associations suivantes: le facies à *Molinia coerulea* de l'association à *Sesleria* uliginosa* et *Primula farinosa*²⁾, l'association à *Ranunculus acer* et *Deschampsia caespitosa* (*Ranunculus acer* L., *Deschampsia caespitosa* P. Beauv., *Trifolium pratense* L., *Briza media* L., *Avena pubescens* Huds., etc.), enfin, sur les endroits plus secs et pierreux, une végétation où les espèces suivantes jouent un rôle important: *Trifolium montanum* L., *Thymus serpyllum* L. (coll.), *Festuca ovina* L., *Centaurea scabiosa* L., *Galium verum* L., *Seseli libanotis* (L.) Koch, *Plantago media* L., *Campanula persicifolia* L., *Silene nutans* L., *Phleum Boehmeri* Wibel, *Avena pratensis* L., *Filipendula hexapetala* Gil., *Plantago lanceolata* L., *Pimpinella saxifraga* L., *Anthyllis vulneraria* L., *Veronica spicata* L., *Linum catharticum* L., *Stellaria graminea* L., *Alchemilla pubescens* (L. am.) Buser, *Medicago lupulina* L., *Dianthus deltoides* L., *Fragaria viridis* Duch., *Ranunculus bulbosus* L., *Draba incana* L., etc.

1) Dans la partie supérieure de ces prés en outre: *Trifolium fragiferum* L., *Carex distans* L., *Festuca rubra* L.

2) On a constaté aussi l'association à *Schoenus ferrugineus* (dans la partie sud de l'île).

Les prés de cette composition floristique sont partiellement utilisés comme pâturages. Dans ce cas, le nombre des espèces diminue, le *Juniperus communis* devient très ordinaire (p. ex. dans la partie nord de l'île) et quelques autres espèces s'y joignent (*Carex diversicolor* Cr., *Sagina nodosa* Fenzl. par ex.).

Entre les prés décrits et le bois couvrant la partie centrale de l'île, il existe une bande de transition composée par une végétation intermédiaire entre le bois et le pré — le pré boisé — (puisniit, Gehölzwiese). Cette végétation caractéristique très répandue, surtout sur les îles estoniennes et l'Estonie du nord-ouest, a été décrite à maintes reprises (cf. Kupffer, 1911, 1925; Thomson, 1923; Lippman, 1931, 1932, 1933). La plupart des prés boisés de l'île d'Abruksa sont d'anciennes forêts mixtes [bouleau (*Betula pubescens* Ehrh.), aune (*Alnus glutinosa* Gaertn.), frêne (*Fraxinus excelsior* L.)] marécageuses, où, en dehors des espèces arborescentes nommées, on trouve encore *Betula verrucosa* Ehrh., *Picea excelsa* Lam., *Quercus robur* L. La strate arbustive se compose surtout de *Corylus avellana* L., *Crataegus curvisepala* Lindm., *Rhamnus cathartica* L., *Ribes alpinum* L., *Cornus sanguinea* L., etc., la strate herbacée des espèces suivantes: *Sesleria* uliginosa* Čel., *Triodia decumbens* P. Beauv., *Carex diversicolor* Cr., *Molinia coerulea* Moench, *Carex Goodenowii* Gay, *C. panicea* L., *C. Hornschuchiana* Hoppe, *Potentilla erecta* (L.) Hampe, *Selinum carvifolia* L., *Ophioglossum vulgatum* L., etc. Dans ces prés les parcelles d'association à *Carex Goodenowii* et *C. panicea* (souvent mêlées avec des éléments de l'association à *Sesleria* uliginosa* et *Primula farinosa*) sont très répandues. Aussi y trouve-t-on des parcelles bien typiques de la dite association à *Sesleria* uliginosa* et *Primula farinosa* et de l'association à *Carex Davalliana* (ici encore *Orchis incarnatus* L., *Helleborine palustris* Schrank). Sous les arbres et les arbustes, la strate herbacée compte beaucoup d'espèces de bois mixtes, à savoir: *Melica nutans* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Majanthemum bifolium* F. W. Schm., *Crepis paludosa* Moench, *Carex digitata* L., *Circaea alpina* L. (rarement), *Listera ovata* R. Br., *Rubus saxatilis* L., *Hepatica triloba* Gilib., *Hypericum hirsutum* L., *Helleborine latifolia* Druce, *Agrimonia eupatoria* L., *Platanthera chlorantha* Rchb., *Leontodon hispidus* L., *Satureja vulgaris* (L.) Fritsch, *Dentaria bulbifera* L., *Campanula trachelium* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Polygonatum officinale* All., *P. multiflorum* All., etc. Dans cette énumération on trouve, outre quelques espèces de bois marécageux (*Lysimachia vulgaris*, *Crepis paludosa*, *Circaea alpina*), beaucoup d'espèces de bois feuillus et de forêts mixtes, d'où il résulte que dans la forêt primaire marécageuse d'autrefois les îlots de bois non marécageux étaient bien représentés. Surtout dans la partie sud de l'île, on trouve des prés boisés où *Melampyrum nemorosum* L. var. *polonicum* Beauv., *Scorzonera humilis* L., *Melampyrum cristatum* L., *Tetragonolobus siliquosus* Roth, *Inula salicina* L., *Filipendula hexapetala* Gil., *Brachypodium pinnatum* P. Beauv., *Leontodon hispidus* L., *Helianthemum vulgare* Gärtn., *Asperula tinctoria* L., *Geranium sanguineum* L. sont fréquents.

La partie centrale de l'île est boisée sur une étendue de 350 hect. environ. Le dit bois est l'objet central de notre étude.

L'influence de l'homme sur la végétation de l'île est assez grande, surtout dans la partie nord, près du village d'Abruksa, où la végétation primaire

manque complètement, ayant été supplantée par les pâturages ou le sol arable. Cette influence se fait remarquer même dans le bois et dans les prés boisés. La formation des prés boisés se transformera en bois, sans doute, dès que l'homme ne s'occupera plus de fauchage et de l'abattage du bois. Dans la forêt de l'île d'Abruka on a pratiqué longtemps l'abattage à blanc; actuellement cette méthode d'exploitation est par bonheur complètement abandonnée.

Le pâturage, très faible sans doute, ne manque pas dans certaines parties du bois. Un autre facteur biotique important est représenté par les chevreuils (*Capreolus capreolus* L.) dont le nombre est assez grand. C'est surtout le renouvellement des bois contenant le frêne (*Fraxinus excelsior*) qui est profondément influencé par les chevreuils.

II. Le bois d'Abruka.

1. La forêt feuillue à orme blanc et tilleul.

Dans le coeur du bois d'Abruka, là où se trouvent les champs du garde forestier, les yeux suivent la lisière puissante de la forêt entourant ce terrain jadis boisé. Au nord-ouest se dressent les cimes de magnifiques ormes blancs, de tilleuls, d'érables planes, etc. Dans cette partie nord-ouest du bois la végétation forestière de l'île atteint son point culminant. Le long d'une élévation basse qui parcourt l'île dans la direction du nord-ouest au sud-est, on trouve dans le bois de nombreux ormes blancs de haute taille, des tilleuls puissants, des marseaux (*Salix caprea*) dépassant 20 m de hauteur (le diamètre des branches jusqu'à 50 cm!), auxquels se mêlent l'érable plane, le tremble, le bouleau, le chêne pédonculé, etc. La hauteur de la strate arborescente est de 30 m environ. Même le noisetier (*Corylus avellana*) atteint souvent une hauteur de 15—20 m avec un diamètre de 15—20 cm. Il est souvent surpassé tant en hauteur qu'en d'autres dimensions par le sorbier des oiseaux (*Sorbus aucuparia*). L'épicéa manque d'ordinaire complètement dans cette forêt.

La structure du sol dans la forêt à orme blanc et tilleul se voit dans la fig. 2. Les couches supérieures de 30 cm environ, de nature graveleuse, sont assez riches en humus bien décomposé et peu acide ($\text{pH} = 6,3; 5,8$). Le sous-sol diffère des couches supérieures surtout par le manque complet d'humus. Dans le gravier on trouve ici des cailloux calcaires et siliceux, roulés ou non, très nombreux. Le pH de ce sous-sol dépasse toujours 6.3. Ce sol est bien drainé. Si nous considérons le fait que les racines de toutes les espèces arborescentes de la forêt descendent aussi dans ce sous-sol, il en résulte que le pH varie sensiblement dans la rhizosphère de ces espèces.

La composition floristique de l'association formant la strate arborescente de la forêt à orme blanc et à tilleul est donnée dans le tableau suivant (six relevés d'aires-échantillons à 400 m²).

Association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*.

	1	2	3	4	5	6
<i>Tilia cordata</i> Mill.	4.1 — 3	2.1	3.1 — 3	4.3 — 1	3.1	—
<i>Ulmus montana</i> With.	3.1 — 2	3.1	—	2.1	3.1	4.1
<i>Acer platanoides</i> L.	+1	+1	1.1	1.1	+1	2.1
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	1.1	+1	1.1	+1	+1	1.1
<i>Populus tremula</i> L.	1.1	+1	—	—	+1	2.1
<i>Corylus avellana</i> L.	—	2.1	2.1	+1	—	+1
<i>Pyrus malus</i> L.	—	+1	—	—	—	—
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	—	+1	1.1	—	—	—
<i>Salix caprea</i> L.	—	—	+1	1.2	—	—
<i>Quercus robur</i> L.	—	+1	—	—	—	—
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	—	—	—	—	+1	1.1

Ce bois assez clair, par suite d'exploration peut-être, offre assez de place pour les noisetiers et les sorbiers des oiseaux

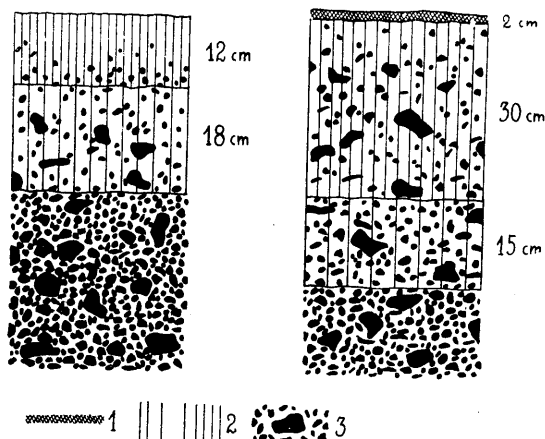


Fig. 2. Le sol dans le bois à orme blanc et tilleul. 1 — feuilles mortes etc., 2 — humus subneutre (pH = 6.4), 3 — couche graveleuse contenant des cailloux et pierres (Ca, Si).

arborescents (v. p. 12), bien que l'optimum de ces arbres ne coïncide pas avec l'optimum de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*.

Là où, par suite de l'abattage ou comme résultat de facteurs naturels (orages, parasites, foudre), des clairières se sont formées, l'association à *Corylus avellana* apparaît. Cette association qui se trouve d'ordinaire dans un état fragmentaire sous la strate épaisse de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*, y trouve des conditions favorables pour son existence. Sur ces clairières bien éclairées le noisetier et l'aubépine se développent souvent avec une telle vigueur que, bien que l'espace entre les buissons

mesure 10—15 m et même plus, l'ombre y règne et la plupart des espèces herbacées de la forêt à orme blanc et tilleul [l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*)] y trouvent des conditions d'existence favorables. — Une analyse de cette association dans la partie sud-est du bois a donné le résultat suivant :

Assoc. à *Corylus avellana*.

<i>Corylus avellana</i> L.	5.3
<i>Crataegus curvisepala</i> Lindm. . .	2.3
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	+1
<i>Salix caprea</i> L.	+1

Nous l'avons déjà souligné, l'association à *Corylus avellana* est une association héliophile. D'ordinaire, l'existence des parcelles à *Corylus* comme dominante n'est pas longue. Dans l'ombre de cette association les conditions pour l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) sont tout à fait favorables. Or, l'association à hépatique contenant toujours un nombre d'individus jeunes des espèces de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*, tôt ou tard une lutte s'engage entre ces dernières et les espèces de l'association à *Corylus avellana*. Par suite de leur taille plus haute, les éléments de l'association arborescente sont les vainqueurs „prédestinés“. Assez souvent l'association à *Corylus avellana* n'est pourtant pas complètement exterminée : elle se maintient dans un état fragmentaire.

Là où les populations à *Corylus avellana* sont utilisées comme pâturages (ce qui se voit assez souvent sur l'île de Saaremaa), les conditions pour la rénovation de la forêt sont défavorables. Dans ces circonstances l'association à *Corylus avellana* se maintient (en association apophyte) sans changements.

Bien que l'association à *Corylus avellana* et l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia* soient antagonistes, on les trouve souvent ensemble, ce qui s'explique par le fait que leurs exigences à l'égard du sol sont les mêmes : toutes deux se trouvent en Estonie exclusivement sur les sols à humus subneutre et au sous-sol plus ou moins riche en calcaire.

Il est très intéressant de noter que ces associations si différentes dans leur écologie forment toutes les deux le substratum pour certaines associations et stades de la végétation épiphytique cryptogame. Examinons cette végétation de plus près avant de nous occuper des strates herbacée et muscinale.

Un examen préliminaire montre déjà une zonation verticale nettement prononcée dans la végétation cryptogamique épiphyte. Une analyse attentive a donné le résultat suivant:

On peut distinguer 5 étages (horizons) bien prononcés. Dans la figure ils sont désignés par A, B, C, D. L'horizon A comprend les bases des troncs jusqu'à une hauteur de 60—80

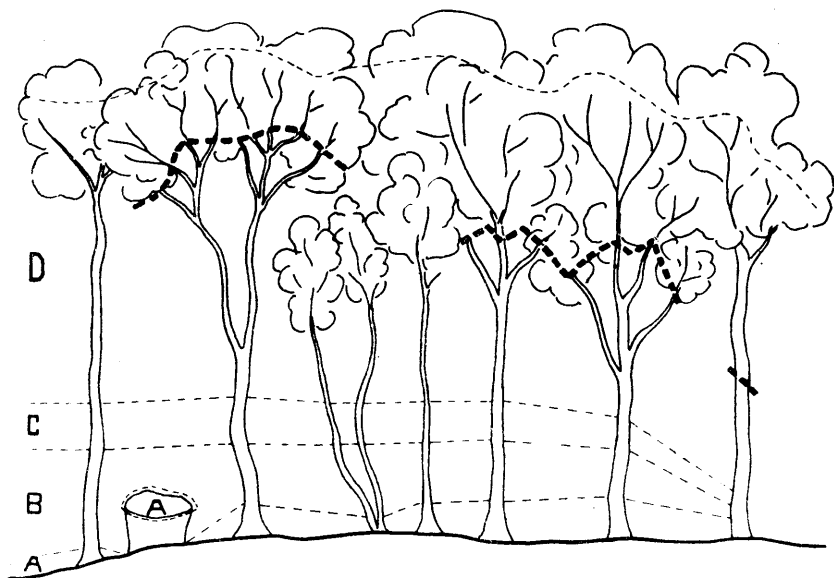


Fig. 3. Horizons de la végétation épiphyte du bois à orme blanc et tilleul (voir dans le texte). La limite supérieure de l'assoc. à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* est marquée d'un pointillé gras.

cm environ. Il est habité par quelques mousses: *Neckera complanata* Hüb., *Anomodon longifolius* Bruch., *Eurhynchium striatum* Schimp. y sont très communs. Dans l'horizon B, sur les troncs des espèces de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*, de même que sur les troncs de *Corylus avellana*, là où les conditions d'éclairage et d'humidité sont favorables, se trouve un stade à *Frullania dilatata* et *Radula complanata*. Ce stade est dans une certaine mesure ombrophile. On ne le trouve pourtant pas dans l'ombre profonde. Le stade à *Frullania* et *Radula* est bien marqué, tant par les taches noirâtres de *Frullania* que par le vert jaunâtre de *Radula*. A ces espèces dominantes s'associe souvent *Parmelia fuliginosa* (Fr.) Nyl. Cette végéta-

tion épiphytique caractéristique, à tapis végétal ouvert, trouve son optimum entre 0,5 m et 3 m d'altitude.

On constate, comme substratum de ce stade sur l'île d'Abruka, l'écorce des espèces suivantes: *Ulmus montana*, *Acer platanoides*, *Populus tremula*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa*, *Quercus pedunculata*, *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia* et *Corylus avellana*. On le trouve aussi dans un état fragmentaire sur les troncs de *Tilia cordata*. Quoique répandu sur les troncs des espèces à écorce lisse, il manque à peu près complètement sur les troncs des bouleaux. Notons enfin que ce stade n'a pas besoin d'un substratum organique: nous l'avons signalé à diverses reprises dans le bois, sur les surfaces plus ou moins lisses, verticales des pierres granitiques à l'ombre.

Assoc. à *Frullania dilatata* et *Radula complanata*.

	1	2	3	4	5	6	7	8
	Sorb. Coryl. aucup. avell.	Ulm. mont.	Popul. trem.	Frax. exc.	Querc. ped.	Til. cord.	Salix caprea	
<i>Frullania dilatata</i> Dum.	3.2	2.2—3	2.2	2.2	3.2	1.2	—	3.1—2
<i>Radula complanata</i> Dum.	+2	2.2	1.2	3.2—3	2.2—3	2.2	1.2	1.2
<i>Parmelia fuliginosa</i> (Fr.) Nyl.	1.2	2.2	2.2	—	1.2	1.1	3.2—3	1.2
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	+2	—	+2	—	—	+1	—	+2
(<i>Ulota crispula</i> cf.)	(+2)	—	—	—	—	—	—	—
(<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.)	(+2)	—	—	—	—	—	—	—
(<i>Leucodon sciuroides</i> Schwaegr.)	—	(+2)	—	—	(1.2)	(1.2)	(+2)	(+2)
(<i>Orthotrichum</i> sp.)	—	—	(+2)	(1.2)	(+2)	(+2)	—	(+2)
(<i>Pylaisia polyantha</i> (Schreb.) Bryol. eur.)	—	—	—	(+2)	(+2)	—	—	(+2)
(<i>Hypnum cupressiforme</i> L.)	—	—	—	—	—	—	(+2)	—
(<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.)	—	—	—	—	—	—	—	(+2)

Remarque: Dans les analyses 1 à 8 les aires échantillons sont de 1 m². Les surfaces analysées se trouvent de 0.5 jusqu' à 1.5 m du sol. Le diamètre des troncs à cette hauteur est de 20—25 cm (les anal. 1—3, 5, 6), 30 cm (anal. 4, 7), 30—40 cm (anal. 8).

Outre les espèces données dans le tableau, il y avait encore un nombre de lichens crustacés qui ne sont pas analysés. Certains d'entre eux luttent avec succès contre les hépatiques dominantes; en général, pourtant, les hépatiques ont l'avantage, grâce à leur aptitude d'ombrager les lichens crustacés. Signalons que la lutte entre *Radula complanata* et *Frullania dilatata* s'observe aussi assez fréquemment. La *Radula* poussant par-dessus la *Frullania* remporte d'ordinaire la victoire. La dernière se sauve au moyen de quelques branches restées au jour

et forme de nouveau des taches foncées d'un brun noirâtre sur la surface qui n'est pas encore occupée par *Radula*.

Il peut arriver que le stade à *Radula complanata* et *Frullania dilatata* se maintienne très longtemps dans des conditions favorables. En général pourtant (les changements causés par l'âge dans la structure de l'écorce des arbres y sont de grande importance), il est détruit par l'invasion des mousses et des lichens. Le commencement de cette attaque se constate clairement déjà dans le tableau p. 16, toutes les espèces mises en parenthèses étant des intrus qui tôt ou tard détruisent le stade à *Radula complanata* et *Frullania dilatata*. Ces espèces rivales appartiennent surtout aux associations suivantes: ass. à *Parmelia sulcata* et *Parmelia physodes*, ass. à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria*, assoc. à *Anomodon longifolius* et *Isothecium myurum*.

L'horizon C est occupé par l'association à *Parmelia sulcata* et *P. physodes*. Voici la composition floristique de cette association de lichens foliacés:

Association à *Parmelia sulcata* et *P. physodes*.

	1 Ulm. mont.	2 Sorb. aucup.	3 Bet. verr.	4 Til. cord.	5 Til. cord.	6 Coryl. avell.	7 Bet. verr.
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	2.2—3	4.2—3	1.2	3.2—1	2.2—3	3.2—3	3.2—3
<i>P. physodes</i> (L.) Ach.	—	—	4.3	+1	+2	2.2	2.2
<i>Physcia pulverulenta</i> (Hffm.) Nyl.	1.2	—	—	—	—	—	—
(<i>Parmelia fuliginosa</i> (Fr.) Nyl.)	(+2)	—	—	(+1)	(+2)	(+2)	—
(<i>Radula complanata</i> Dum.)	(+2)	(+2)	—	—	—	—	—
(<i>Frullania dilatata</i> Dum.)	(+2)	—	—	—	—	—	—
(<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.)	—	—	(+1)	—	—	—	—
(<i>Parmelia subaurifera</i> Nyl.)	—	(+2)	—	—	—	—	(+2)

Remarques: (1) Un groupe d'arbres de 60—70 années à troncs verticaux à la lisière du bois. L'assoc. commence presque au ras du sol. (2) Un arbre de 20 m de hauteur dans le bois. La surface analysée se trouve entre 2 et 5 m de la surface du sol. (3) Un arbre puissant, dans le bois. L'anal. entre 3 et 5 m. (4) Un vieil arbre près de la lisière. Analyse entre 3 et 5 m. (5) Un vieil arbre dans le bois. Anal. entre 4 et 6 m. (6) Buisson de 8 m environ sur une clairière. Anal. entre 5 et 6 m. (7) Arbre de 30 m environ. Anal. entre 2 et 3 m.

L'assoc. à *Parmelia sulcata* et *P. physodes* est une association héliophile qui dans l'intérieur du bois se développe seulement à partir d'une certaine altitude (2—3 m). Dans la zone C elle règne seule. Plus haut elle se combine avec une associa-

tion encore plus héliophile et xérophile, le facies à *Ramalina calicaris* de l'association à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri*. Ces deux associations de lichens sont antagonistes. C'est surtout le facies à *Ramalina calicaris* qui provoque la couverture grise-blanchâtre, si caractéristique pour la partie supérieure des troncs et des branches des espèces de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*.

La composition floristique de cette association assez pauvre en espèces peut être déduite des 10 relevés dans le tableau.

Le facies à *Ramalina calicaris* de l'association à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri*.

	1 Ulm. mont.	2 Sorb. auc.	3 Til. cord. Facies	4 Sal. capr.	5 Til. cord.	6 Til. cord.	7 Coryl. avell.	8 Pop. trem.	9 Pop. trem.	10 Frax. exc.
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Fr.	2.2	2.2	3.1—3	2.2	2.3	2.2	+2	+2	3.1—2	5.3
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	+1—2	2.1—2	1.2	+1	1.2	4.2—3	3.2	1.2	3.1—2	+1
<i>Ramalina calicaris</i> (L.) Fr.	+2	2.2	3.1—2	4.1—3	2.3	+2	+2	—	—	—
<i>Ramalina populina</i> (Ehrh.) Wain.	1.2	2.2	+1	1.1	+2	+2	—	—	—	1.2
<i>Anaptychia ciliaris</i> (L.) Mass.	3.2—3	—	—	+1	—	—	—	4.2	+2	—
<i>Usnea</i> sp.	—	+2	+1	+1	—	+2	1.2	—	—	—
<i>Alectoria implexa</i> (Hoffm.) Nyl.	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—
(<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm.)	(+2)	—	—	(+2)	—	—	—	—	(+2)	—

Remarques: Aires échantillons d'un m² environ. (1) Un groupe d'arbres de 60—70 années à troncs verticaux, à la lisière du bois. La surface analysée entre 2 et 3 m. (2) Un arbre de 20 m de hauteur dans le bois. La surface analysée se trouve entre 2 et 5 m de la surface du sol. (3) Un vieil arbre dans le bois. L'analyse entre 3 et 5 m. (4) Un vieil arbre à branches de 30 cm de diamètre dans le bois, de même les analyses (5) et (6). (7) Arbustes de 6—10 m de hauteur à la lisière du bois. (8 et 9) Arbres de 50 années près du chemin traversant le bois. (10) Un arbre puissant dans le bois. La surface analysée entre 3 et 5 m.

Pour en finir avec la végétation épiphytique, il nous reste à étudier de plus près l'horizon A où règnent les mousses et une association muscinale montant assez haut sur les troncs des arbres.

On trouve des mousses déjà sur la partie basale des troncs des arbres jeunes. Peu à peu elles montent. A une altitude de 50—60 cm environ beaucoup d'espèces s'arrêtent et seulement quelques-unes s'avancent jusqu'à 6 et 12 (20) m d'altitude. Examinons d'abord les espèces formant la couverture muscinale dans l'horizon A, sur les troncs des espèces de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*. Une analyse qualitative a donné le résultat suivant:

	<i>Ulmus</i> mont. (30 anal.)	<i>Tilia</i> cord. (18 anal.)	<i>Frax.</i> exc. (4 anal.)	<i>Acer</i> plat. (3 anal.)	<i>Sorb.</i> auc. (3 anal.)	<i>Querc.</i> ped. (2 anal.)
Espèces dominantes:						
<i>Homalothecium sericeum</i> Bryol. eur.	1	—	—	—	—	—
<i>Neckera complanata</i> Hüb.	9	—	1	1	—	—
<i>Anomodon longifolius</i> Bruch . . .	15	—	—	1	2	—
<i>Anomodon viticulosus</i> Hook. et Tayl.	1	—	—	—	—	—
<i>Isoetecium myurum</i> Brid.	4	10	—	—	—	1
<i>Hypnum cupressiforme</i> L.	—	6	—	—	—	—
<i>Eurhynchium striatum</i> Schimp. . .	—	—	1	1	—	—
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.	—	2	2	—	1	1

Espèces à recouvrement faible:

<i>Homalothecium sericeum</i> Bryol. eur.	8	2	—	—	—	—
<i>Neckera complanata</i> Hüb.	10	2	—	1	—	—
<i>Anomodon longifolius</i> Bruch . . .	4	—	—	1	1	—
<i>Isoetecium myurum</i> Brid.	4	—	—	1	—	1
<i>Hypnum cupressiforme</i> L.	—	8	—	1	2	2
<i>Eurhynchium striatum</i> Schimp. . .	1	1	1	—	—	—
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.	3	3	1	—	1	—
<i>Homalia trichomanoides</i> Bryol. eur.	4	—	—	—	—	—
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	7	8	—	1	—	2
<i>Mnium hornum</i> L.	1	—	—	—	—	—
<i>Mnium undulatum</i> (L.) Weis. . . .	1	—	—	—	—	—
<i>Rhodobryum roseum</i> Limpr.	1	—	—	—	—	—
<i>Leucodon sciuroides</i> Schwaegr. . .	2	2	—	—	—	—
<i>Brachythecium rutabulum</i> Bryol. eur.	3	4	—	—	—	—
<i>Brachythecium</i> spp.	—	5	—	—	—	—
<i>Pleurozium Schreberi</i> Mitt.	—	1	—	—	—	—
<i>Thuidium recognitum</i> Hedw.	—	2	1	—	—	—

Avant de discuter les résultats du tableau, prenons en considération qu'ici seules les données concernant les couvertures muscinales basales d'*Ulmus* et *Tilia* sont plus ou moins comparables entre elles (vu le nombre assez grand des analyses). La couverture muscinale des autres espèces est représentée par un nombre d'analyses beaucoup plus faible. Ces analyses donnent néanmoins une idée juste du caractère géné-

ral de cette couverture pour ces espèces aussi, comme d'autres observations l'ont également démontré.

La différence fondamentale entre la couverture basale muscinale chez *Ulmus montana* et *Tilia cordata* ressort clairement du tableau. Tandis que sur l'écorce des ormes blancs dans l'horizon A *Anomodon longifolius*, *Neckera complanata* et *Isothecium myurum* sont les espèces dominantes les plus fréquentes, cette dernière espèce domine avec *Hypnum cupressiforme* chez le tilleul. La couverture muscinale basale chez les autres espèces arborescentes est intermédiaire entre ces extrêmes, mais se rapproche pourtant d'une manière évidente de celle de l'orme.

Les faits suivants doivent être soulignés: 1^o Dans la composition floristique de l'horizon A l'influence de la situation insulaire est évidente. Elle se manifeste dans le manque complet de l'espèce épiphytique, ordinaire ailleurs en Estonie — *Neckera pennata*. Celle-ci est remplacée sur l'île d'Abruka par l'espèce voisine — *Neckera complanata*, qui d'ordinaire préfère les roches (p. ex. dans l'Estonie du Nord, où elle se trouve associée avec *Encalypta contorta*, sur les calcaires et dolomites siluriens du „glint“). 2^o Toutes les espèces épiphytiques, tant les espèces se trouvant sur l'écorce lisse que celles représentées sur l'écorce fendillée des arbres feuillus, peuvent vivre également sur des pierres et des roches. Sauf *Homalothecium sericeum* et *Hypnum cupressiforme*, toutes les espèces du tableau sont plus ou moins ombrophiles; c'est pourquoi on les trouve, sur l'île d'Abruka, sur des pierres granitiques seulement dans le bois ou dans les prés boisés. *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hypnum cupressiforme* var. *lacunosum*, plus rarement *Eurhynchium striatum*, poussent aussi sur le sol. Pour *Rhytidiadelphus*, c'est le cas le plus ordinaire. Néanmoins, pour la plupart des mousses dominantes de l'horizon A, seule l'écorce des arbres vivants constitue leur station principale. Ici nos données s'accordent complètement avec celles de Wiśniewski sur les Muscinées épiphytes de la Pologne (Wiśniewski, 1930).

La structure de la couverture muscinale dans l'horizon A se voit sur la figure 4.

Quelle est la valeur systématique de ces taches d'espèces différentes? Sont-elles des associations à part ou des taches formées par des espèces de la même association? On pourrait d'abord être disposé à distinguer les associations à l'aide

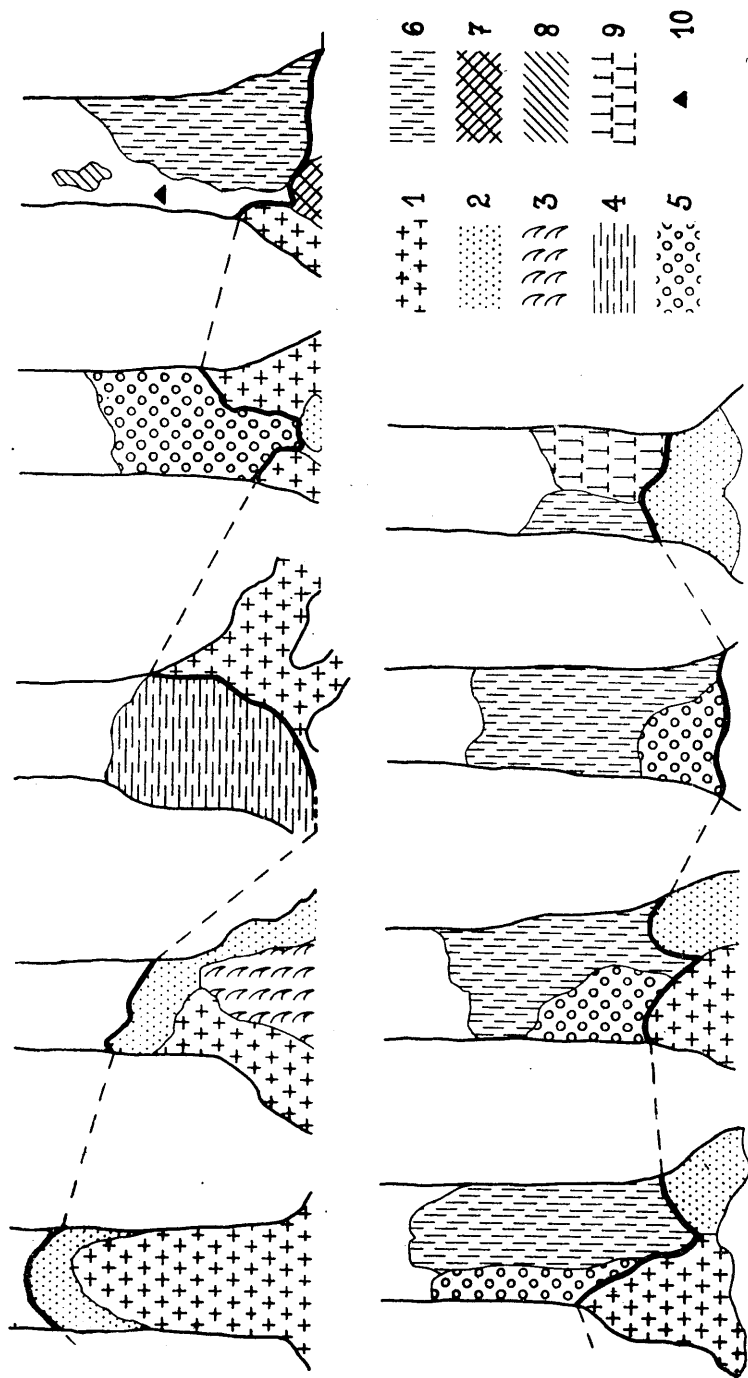


Fig. 4. Les associations muscinales des bases, des troncs dans le bois à orme blanc et tilleul. Au dessus de la ligne de démarcation — l'assoc. à *Anomodon longifolius* et *Isothecium myrurum*, en bas — les assoc. à *Eurhynchium striatum* et à *Rhytidadelphus triquetrus*. 1 — *Rhytidadelphus triquetrus*, 2 — *Eurhynchium striatum*, 3 — *Hylacomium proliferum*, 4 — *Neckera complanata*, 5 — *Isothecium myrurum*, 6 — *Anomodon longifolius*, 7 — *Mnium cuspidatum*, 8 — *Radula complanata*, 9 — *Anomodon viticulosus*, 10 — *Pylaisia polyantha*.

des espèces dominantes (v. le tabl. p. 19: *Homalothecium sericeum*, *Neckera complanata*, *Anomodon longifolius*, *Isothecium myurum*, *Hypnum cupressiforme*, *Eurhynchium striatum*, *Rhytidiadelphus triquetrus*). Pourtant une analyse plus détaillée nous révèle les faits suivants:

Homalothecium sericeum et *Hypnum cupressiforme* diffèrent des autres espèces en question par leur aptitude de croître en plein jour, quoique ne craignant pas l'ombre d'autre part. On peut souvent constater leur présence dans les peuplements étendus, là où *Neckera complanata*, *Anomodon longifolius*, *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Eurhynchium striatum* ne se retrouvent pas. Donc, leur écologie diffère profondément de l'écologie des espèces nommées. Conformément à ceci, on trouve *Homalothecium sericeum* sur l'île d'Abruka seulement là, où il y a assez de lumière pour cette espèce héliophile. *Hypnum cupressiforme* pousse surtout sur les pierres et l'écorce de *Tilia cordata*. On est donc fondé à distinguer des associations à *Homalothecium sericeum* et à *Hypnum cupressiforme*. Peut-être pourrait-on demander: ne serait-il pas préférable de laisser à l'association des limites moins restreintes en parlant de l'association à *Hypnum cupressiforme* et *Homalothecium sericeum*? Ce procédé serait en contradiction avec les faits suivants: *Homalothecium sericeum* est en Estonie une espèce assez exigeante. Elle préfère sans doute le substratum calcaire, quoiqu'on la trouve aussi sur la roche granitique et sur l'écorce des arbres. Les peuplements les plus grands se trouvent sur les calcaires et les dolomites siluriques et sur l'ordovicien. *Hypnum cupressiforme* au contraire est beaucoup moins difficile et croît sur les pierres granitiques sans doute plus souvent que sur les troncs des arbres. Sur ces derniers, l'espèce en question forme des tapis continus seulement sur *Tilia*, et là sans *Homalothecium sericeum*.

Eurhynchium striatum et *Rhytidiadelphus triquetrus* forment le tapis muscinal du sol; si on les trouve dans l'horizon A, c'est toujours au-dessous d'espèces à caractère épiphyte prononcé, comme *Anomodon longifolius*, *Isothecium myurum*, *Neckera complanata*. Sur l'île d'Abruka, comme ailleurs en Estonie, *Eurhynchium striatum* est très répandu dans les bois d'arbres feuillus et dans les bois mixtes d'épicéa. Là on trouve souvent des taches isolées ou des tapis continus où cette espèce domine complètement. On la trouve non seulement à la base des troncs, mais sur les

petites élévations du sol formées par les pierres, les branches d'arbres tombées, etc. Elle est beaucoup moins fréquente sur le sol plan. Cette espèce est une des plus exigeantes parmi les espèces forestières d'Estonie, car elle manque complètement dans les bois à végétation monotone et pauvre (forêts à *Picea*, forêts à *Pinus*). D'*Eurhynchium striatum* *Rhytidiadelphus triquetrus* diffère sensiblement dans son écologie. Cette espèce, qui d'ordinaire ne se rencontre pas dans les pineraies à pin sylvestre, s'associe souvent à *Hylocomium proliferum* — espèce caractéristique des forêts à conifères de l'Europe septentrionale. Il nous semble que ces différences dans l'écologie des espèces dominantes justifient la distinction d'associations à part, à savoir: assoc. à *Eurhynchium striatum* et assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus*. Si l'association à *Eurhynchium striatum* occupe une position intermédiaire entre les vraies associations épiphytes et les associations terrestres, il en est autrement avec l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* qui est surtout une association terrestre.

Outre *Hypnum cupressiforme*, *Homalothecium sericeum*, *Eurhynchium striatum* et *Rhytidiadelphus triquetrus*, on constate sur la base des troncs des forêts à orme blanc et tilleul les espèces suivantes: *Anomodon longifolius*, *A. viticulosus*, *Isothecium myurum*, *Neckera complanata*. L'écologie de ces espèces diffère peu. En examinant leur répartition sur la base des troncs on reconnaît bientôt qu'elle dépend simplement du hasard; celui-ci décidant, on trouve au-dessous du niveau des associations à *Eurhynchium striatum* et à *Rhytidiadelphus triquetrus* tantôt *Neckera*, tantôt *Anomodon*, ou *Isothecium*. Il résulte de ces observations que les taches formées par ces mousses ne sont pas des associations à part, mais les parties d'une association que nous proposons de nommer l'association à *Anomodon longifolius* et *Isothecium myurum*. La composition floristique de cette association ressort du tableau suivant (p. 24). Il faut des parties basales de 3 à 5 troncs pour représenter cette association d'une manière plus ou moins complète.

L'association à *Anomodon longifolius* et *Isothecium myurum* ne monte pas plus d'un mètre au-dessus de la surface du sol. D'ordinaire, la „limite altitudinale supérieure“ se trouve à 50—70 cm.

Dans les horizons B, C et D (le stade à *Radula complanata* et *Frullania dilatata*, l'assoc. à *Parmelia sulcata* et *P. physodes*, l'assoc. à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri*), là où l'inclinaison des troncs et leurs dimensions le rendent facile, de même

Association à *Anomodon longifolius* et *Isothecium myurum*.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	<i>Populus tremula</i>				<i>Ulmus montana</i>				<i>Acer plat.</i>
<i>Neckera complanata</i> Hüb.	3.2—3	2.2	1.2	3.2	3.2—3	2.2	1.2	4.2—3	1.2
<i>Anomodon longifolius</i> Bruch. . . .	2.2	2.2	2.2	4.2—3	3.2—3	5.5	3.3	2.2—3	3.2
<i>Isothecium myurum</i> Brid.	—	1.2	+2	1.2	—	—	3.2—3	2.2	1.2
<i>Anomodon viticulosus</i> Hook. et Tayl. . . .	—	—	2.2—3	—	—	1.2	—	—	—
<i>Homalia trichomanoides</i> Br. eur. . . .	—	—	—	+2	—	+2	+2	+2	+2
<i>Thuidium recognitum</i> Hedw. . . .	1.2	2.2	+2	—	—	—	—	—	—
<i>Thuidium tamariscifolium</i> Lindb. . . .	+2	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	+2	+2	—	—	+2	1.2	1.2	+2	+2
<i>Brachythecium rutabulum</i> Bryol. eur. . . .	1.2	—	—	—	—	+2	—	+2	+2
<i>Eurhynchium striatum</i> Schimp. . . .	+2	1.2	1.2	—	+2	—	—	—	—
<i>Homalothecium sericeum</i> Br. eur. . . .	—	—	—	—	+2	1.2	—	—	—
<i>Rhodobryum roseum</i> Limpr.	—	—	—	—	—	—	+2	—	—
<i>Leucodon sciurioides</i> Schwaegr. . . .	—	—	—	—	—	—	+1	—	+2

que sur la surface supérieure des grandes branches, jusqu'à une hauteur de 8 à 20 m, une association muscinale très caractéristique se développe: l'association à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria*.

Assoc. à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria*.

	<i>Tilia cord.</i> (2 m ²)	<i>Ulmus mont.</i> (2 m ²)	<i>Ulmus mont.</i> (2 m ²)	<i>Ulmus mont.</i> (2 m ²)	<i>Salix caprea</i> (2 m ²)
<i>Leucodon sciurioides</i> Schwaegr.	5.5	5.5	1.1—2	3.2—3	—
<i>Lobaria pulmonaria</i> (L.) Hoffm. . . .	+1	2.2	4.2—3	3.2—3	3.2—3
<i>Neckera complanata</i> Hüb.	—	—	2.2	+2	—
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	—	+1—2	—	—	—
<i>Homalothecium sericeum</i> Br. eur. . . .	2.1—2	+1.2	—	—	—
<i>Hypnum cupressiforme</i> L.	+2	+1	—	—	+2

Pour être complètement développée, cette association (comme l'association à *Anomodon longifolius* et *Neckera complanata*) exige des troncs d'arbres assez âgés, au nombre de 2 à 3, ou même plus.

La genèse de l'association à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* se déroule de la façon suivante. Etant représentée dans tous les horizons verticaux de la forêt, elle doit lutter avec : 1^o le stade à *Frullania dilatata* et *Radula complanata*, 2^o l'association à *Parmelia sulcata* et *P. physodes*, 3^o l'association à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri*. Cette lutte a toujours une issue favorable à l'envahisseur, les *Lobaria pulmonaria*, *Leucodon sciuroides* et *Neckera complanata* étant invincibles pour les espèces des associations nommées plus haut, à cause de la taille beaucoup plus petite de celles-ci. Dans le stade à *Radula complanata* et *Frullania dilatata*, l'invasion se produit pour *Lobaria pulmonaria* et *Leucodon sciuroides* plus ou moins simultanément. L'envahissement de *Leucodon* est bien typique surtout par suite de la „toile d'araignée“ de ses stolons qu'on trouve souvent sur les thalles encore vivants des hépatiques en question.

Donc, dans l'horizon B, l'espèce initiale est *Leucodon sciuroides*. Il en est autrement dans les étages C et D, où règnent les lichens. Le pionnier y est *Lobaria pulmonaria*. Peu à peu *Leucodon sciuroides* monte jusqu'à ces peuplements à *Lobaria*, se mêle à eux, pour devenir enfin l'espèce dominante.

Nous avons analysé les associations méso- et microphanérophytes de la forêt à orme blanc et tilleul, de même que les associations épiphytes qui s'y attachent. Continuant cette analyse, l'association nanophanérophyte suit: le facies ombrophile à *Daphne mezereum* de l'association à *Lonicera xylosteum* et *Ribes alpinum*. Par suite des conditions d'éclairage peu favorables, ce facies se présente toujours dans un état plus ou moins clairsemé. Néanmoins, cette association se trouve partout dans la forêt à orme blanc et tilleul et peut être considérée comme une des parties constituantes les plus caractéristiques de ce bois.

L'association hémicryptophyte-cryptophyte principale du bois à orme blanc et tilleul est l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*), notamment les facies à *Aegopodium podagraria* et à *Mercurialis perennis*.

**Fac. à Aegopodium podagraria de l'assoc. à Hepatica triloba
(et Pulmonaria officinalis).**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	4.5	3.5	3.5	3.1	3.5	4.5	3.5	4.5	3.5	3.5	2.5
<i>Asperula odorata</i> L.	3.2-3	1.2	+2	3.1-3	3.5	—	—	3.5	1.2	3.5	2.3
<i>Hepatica triloba</i> Gil.	1.1	2.1-2	2.1	2.1-2	2.1	1.1	1.1	3.5	+1	2.2	+2
<i>Mithum effusum</i> L.	+1	1.1	—	1.1	1.1	+2	+2	+1	+1	—	+1
<i>Melica nutans</i> L.	+2	—	+1	1.1	—	+1	+1	+2	—	+1	+2
<i>Geum urbanum</i> L.	+1	+1	+1	—	+1	+1	+1	+1	—	—	—
<i>Aspidium filix mas</i> (L.) Sw.	2.2-3	2.2	+2	+2	2.3	1 ex.	+2	1 ex.	+2	1.2	+2
<i>Poa nemoralis</i> L.	+2	+2	+2	+2	+1	+1	+2	+2	+1	+2	—
<i>Geranium robertianum</i> L.	+1	+1	+1	—	+1	1.1	—	—	—	—	—
<i>Mercurialis perennis</i> L.	—	—	—	—	—	3.3	4.5	2.1-3	+1	+1	1.2
<i>Althium ursinum</i> L.	—	—	—	—	—	—	—	—	3.5	2.1-3	2.5
<i>Vicia sepium</i> L.	1.1	1.1	1.1	+1	1.1	+1	—	+1	—	+1	—
<i>Campanula trachelium</i> L.	+1	—	+1	—	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Viola mirabilis</i> L.	+1	+1	—	1.1	+1	—	+1	+1	—	+1	+1
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	+1	—	—	1.1	1.1	—	+1	+1	+2	+1	+1
<i>Festuca gigantea</i> Vill.	—	+1	—	+1	+1	+1	—	—	—	—	—
<i>Brachypodium siliaticum</i> R. et Sch.	—	—	—	+1	—	+1	—	—	+1	—	—
<i>Sanicula europaea</i> L.	—	—	—	+1	+1	+1	—	—	—	+1	3.5
<i>Stachys sylvaticus</i> L.	—	—	—	—	+2	—	1 ex.	—	—	—	—
<i>Lactuca muralis</i> (L.) Fries	+1	—	—	+1	—	—	—	—	—	—	—
<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	+1	+1	—	+1	+1	—	—	—	1 ex.	—	—
<i>Fragaria vesca</i> L.	+1	—	—	+1	+1	—	—	—	—	—	—
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	1.1	1.1	1.1	+1	1.1	1.1	+1	+1	+1	—	+1
<i>Majanthemum bifolium</i> F. W. Schm.	2.1	2.1	+1	+1	1.1	1.1	1.1	+1	+1	+1	+1
<i>Trientalis europaea</i> L.	+1	+1	+1	+1	2.1	—	—	—	—	+1	+1
<i>Melampyrum siliaticum</i> L.	1.1	—	—	+1	1.1	—	—	—	—	+2	+2
<i>Oxalis acetosella</i> L.	2.5	1.1	+1	2.5	+1	—	—	—	+2	+1	+1
<i>Paris quadrifolia</i> L.	1.1	+1	+1	+1	+1	—	—	1 ex.	+1	+1	+1
<i>Isarula pilosa</i> (L.) Willd.	+1	+1	+1	+1	1 ex.	+1	—	+2	—	—	+2
<i>Carex digitalis</i> L.	+1	+1	—	1.2	+1	—	—	+2	—	+1	—

[illegible]

Remarques: Les analyses 1 à 5 sont exécutées dans la partie nord-ouest du bois, sur terrain élevé. Sous l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia* les associations à *Corylus avellana* et à *Lonicera xylosteum* et *Ribes alpinum* se trouvent dans un état fragmentaire. Ce n'est que dans l'analyse 3 que l'association à *Corylus* est bien représentée. Le sol est presque privé d'associations muscinales. Dans un état souvent fragmentaire les associations à *Rhytidiadelphus triquetrus* et à *Eurhynchium striatum* y existent pourtant. Dans cette dernière, certaines espèces de *Mnium* (*M. undulatum*, *M. cuspidatum*, *M. affine*, *M. medium*) sont plus ou moins fréquentes. Ces fragments d'associations muscinales recouvrent les bases des troncs, les branches tombées, les pierres, etc. Les analyses 6 à 11 sont faites près de la lisière nord-ouest du bois, dans le voisinage de la forêt marécageuse à vergne (*Alnus glutinosa*) d'où les nombreuses plantules de *Fraxinus excelsior* ont pénétré dans le bois analysé. Dans l'analyse 6 les mousses se trouvent seulement à la base des troncs. Le sol est recouvert de feuilles mortes. Les mousses représentent dans un état fragmentaire les associations à *Eurhynchium striatum* et *Rhytidiadelphus triquetrus*. Anal. 8. Les mousses manquent complètement. Anal. 9. On trouve les mousses (*Rhytidiadelphus triquetrus*, *Mnium cuspidatum*, *Mnium undulatum*) seulement sur la base des troncs. Anal. 10 et 11. Il y a des fragments de l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* et des parcelles de l'association à *Eurhynchium striatum*.

Association à *Eurhynchium
striatum*

	Anal. 10	Anal. 11
<i>Eurhynchium striatum</i> Schimp. . .	5.5	3.5
<i>Mnium undulatum</i> (L.) Weis. . . .	1.1—2	3.1—2
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	2.2—1	+2
(<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.)	+1	—

L'association à *Corylus avellana* et l'association à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum* sont représentées, quoique dans un état fragmentaire. Dans les analyses 1 à 11 les aires échantillons sont de 20 m².

Une analyse attentive du tableau permet les observations suivantes:

1°. *Le hasard comme facteur important dans la composition floristique de l'association.* Signalons tout d'abord le manque absolu de l'espèce caractéristique exclusive de l'association — *Pulmonaria officinalis* — dans les bois de l'île d'Abruka. Cette espèce qui en Estonie se trouve seulement dans l'association en question, n'est pas présente, bien que l'association soit très bien représentée et qu'on ne puisse parler dans ce cas d'un fragment d'association. En Estonie, *Pulmonaria officinalis* est une espèce assez répandue. Elle n'a aucune limite phytogéographique ici. Il existe cependant des lacunes dans l'aire géographique de cette espèce, et une telle lacune se trouve justement sur l'île d'Abruka. A n'en douter,

Pulmonaria officinalis pourrait très bien y pousser. Si elle manque ici, c'est parce qu'elle n'a pas eu l'occasion d'y pénétrer. Nous avons donc ainsi un exemple de plus nous prouvant que même les espèces caractéristiques exclusives peuvent faire défaut dans une association, car, sauf quelques hétérotrophes, il n'y a aucune liaison directe entre les espèces d'une association quelconque¹⁾.

2°. La composition floristique de l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) et de ses facies répond bien à la composition floristique du sous-bois des forêts à *Fagus silvatica* de l'Europe centrale, comme le montre une comparaison des données du tableau²⁾ avec les résultats d'analyses exécutées par Markgraf, Klika, Domin, Soo, Issler, Lindquist, Ostenfeld, Watt et Tansley (Rübel, Die Buchenwälder Europas). Le facies à *Aegopodium podagraria* p. ex. se trouve dans les hêtraies d'Allemagne, de même que dans les forêts à orme blanc et tilleul d'Estonie — une preuve irréfutable de l'indépendance des associations de la strate herbacée de celle de la strate arborescente (Lippmaa, 1933). *L'ombre des arbres et les propriétés du sol (humus subneutre, le sous-sol plus ou moins riche en calcaire, etc.) sont essentielles pour l'association hémicryptophyte en question.* Là où dans la forêt feuillue s'installe l'épicéa, la nature de l'humus change et le facies à *Aegopodium podagraria* disparaît pour être remplacé par le facies à *Asperula odorata*.

3°. *Aegopodium podagraria*, en Estonie, est une espèce apophyte (Thellung, 1912). On pourrait donc supposer que le facies à *Aegopodium podagraria* est un facies apophyte de l'association à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*. Divers faits s'opposent pourtant à cette opinion. D'abord, le bois de l'île d'Abruka contient très peu d'apophytes dans la partie qui nous intéresse ici. Puis, l'auteur a réussi à signaler dans diverses localités de l'Estonie continentale le facies à *Aegopodium podagraria* dans

1) Il va sans dire que la dénomination „association à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*“ ne doit pas être changée parce qu'une espèce de cette combinaison caractéristique d'espèces n'est pas là. Pour éviter des confusions, il est pourtant nécessaire de placer le nom des espèces absentes, si elles figurent dans la dénomination, entre parenthèses.

2) Dans cette association sur l'île d'Abruka se trouve aussi *Lathraea squamaria*.

des lieux où une influence humaine est complètement exclue (p. ex. sur certains îlots des vastes marécages de l'Estonie boréale, sur le terrain nommé „Kõrvemaa“). — Si néanmoins ce facies est dû à l'influence de l'homme, seul le facies à *Mercurialis perennis* de la même association pourrait être la forme primaire de la végétation en question. Déjà sur l'île d'Abruka, de même que dans la forêt nommée Tiisat (péninsule Sörve de l'île de Saaremaa), et dans les forêts de la côte nord de l'Estonie, entre Tallinn et Narva, on trouve une végétation où les espèces apophytes manquent complètement et qui dans sa structure phytosociologique est conforme au facies à *Aegopodium podagraria*, excepté l'espèce dominante, qui est remplacée ici par *Mercurialis perennis*.

4°. *Allium ursinum* se trouve çà et là en îlots de grandeur variable dans la forêt à orme blanc et tilleul, surtout dans la partie nord-ouest de ce bois. La composition floristique des parcelles de l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) avec *Allium ursinum* (anal. 9, 10, 11) diffère à peine (si nous laissons de côté l'*Allium ursinum* lui-même) des parcelles sans cette espèce (anal. 1 à 8). Aussi considérons-nous cette végétation comme sous-facies de la dite association.

5°. Sur la surface analysée (tabl. p. 26) on trouve certaines espèces qui, quoique étrangères à l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*), comptent néanmoins parmi ses composantes, car elles prennent part à la concurrence vitale. Ces espèces sont en partie des apophytes ayant pénétré dans le bois à l'aide indirecte de l'homme (*Ranunculus acer*, *Deschampsia caespitosa*). D'autres sont des composantes qui ne manquent presque jamais, les conditions pour une pénétration continue leur étant très favorables. Ce sont des plantules des espèces arborescentes et arbustives des associations superposées. En s'accroissant, ces espèces sortent de l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) pour devenir successivement des composantes des associations superposées (assoc. à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum*, assoc. à *Corylus avellana*, assoc. à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*). Dans ces associations, ils sont selon l'espèce ou des espèces édifiatrices ou des étrangères de passage. Seulement, avant de sortir de l'association à hépatique ces espèces doivent y lutter contre une concurrence acharnée. L'intensité de cette concurrence est sans doute très grande, car la plupart des plan-

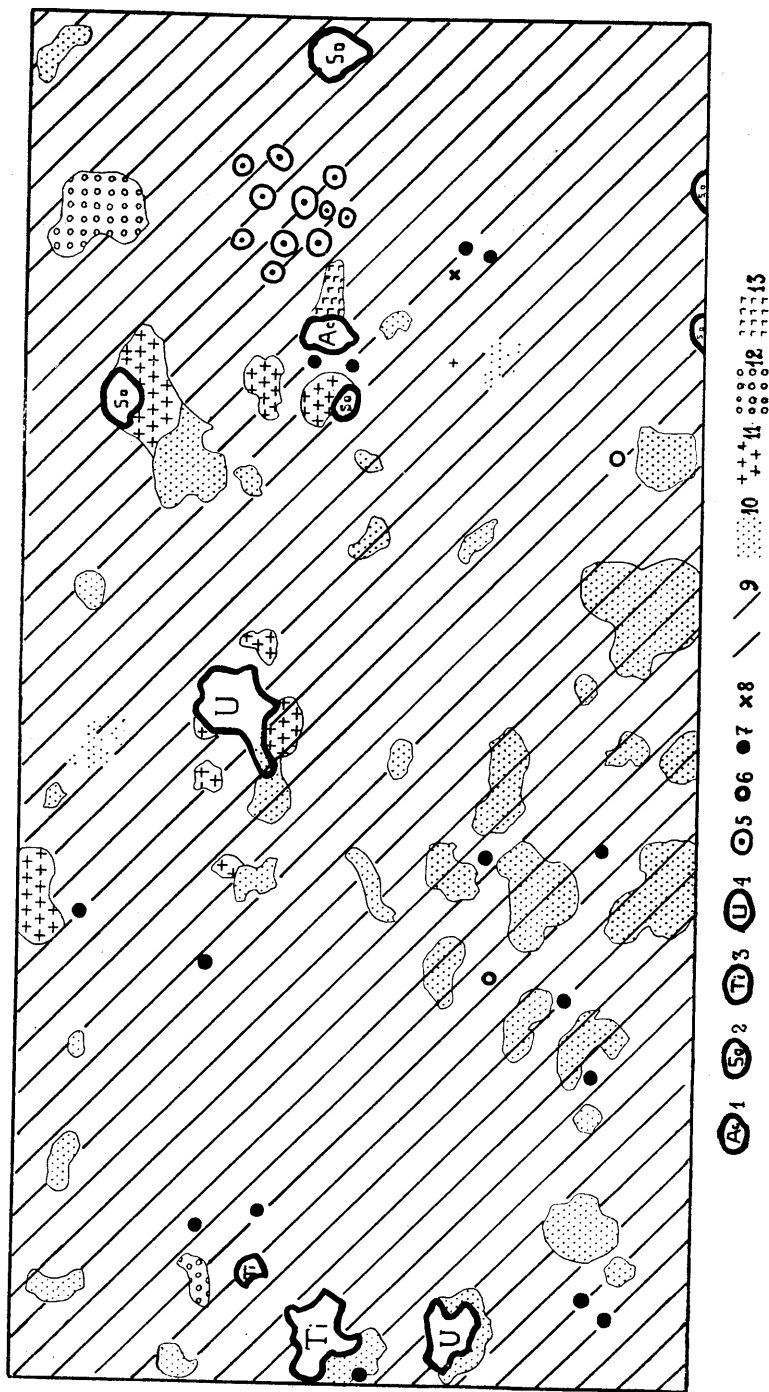


Fig. 5. 50 m² dans le bois à orme blanc et tilleul. Assoc. à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia* (1 — *Acer platanoides*, 2 — *Sorbus aucuparia*, 3 — *Tilia cordata*, 4 — *Ulmus montana*). 5 — Assoc. à *Corylus avellana* (fragm.). Assoc. à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum* (6 — *Daphne mezereum*, 7 — *Lonicera xylosteum*, 8 — *Ribes alpinum*). 9 — facies à *Aegopodium podagraria* de l'assoc. à *Hepatica triloba* (et *Palmatoria officinalis*). 10 — assoc. à *Eurhynchium striatum*. 11 — assoc. à *Rhytidadelphus triquetrus*, 12 — *Brachythecium rutabulum*.

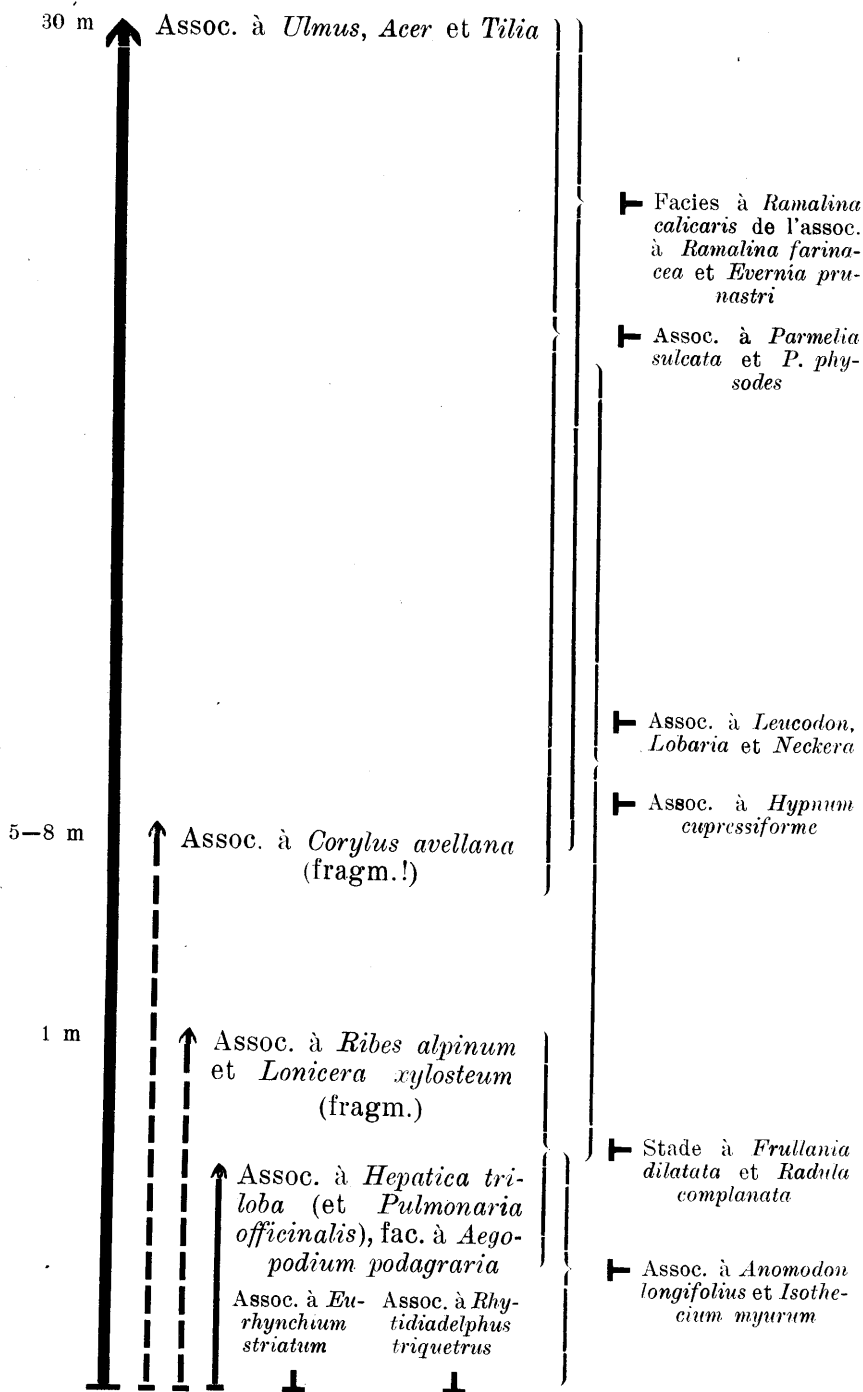
tules ne sortent jamais du niveau de l'association hémicryptophyte étant tuées par ses commensales.

6°. Seulement sur les lisières du bois et sur les clairières, jamais dans le bois lui-même, on trouve sur l'île d'Abruka les espèces suivantes: *Chaerophyllum temulum* L., *Hypericum hirsutum* L., *Lithospermum officinale* L., *Verbascum nigrum* L., *Agri-
monia eupatoria* L.

Dans la forêt ombrée à orme blanc et tilleul, sous la couverture assez dense des hémicryptophytes et cryptophytes, les conditions pour les mousses terrestres sont très défavorables. Comme le montre très bien la figure 5, les mousses couvrent en somme à peine 5 p. c. de la surface. Encore cette couverture muscinale pauvre est-elle bornée aux petites élévations du terrain, aux bases des troncs, aux pierres (en partie très basses), etc. On y trouve les associations à *Rhytidiadelphus triquetrus* et à *Eurhynchium striatum*; la dernière est beaucoup plus commune.

Nous voici au bout de notre analyse. La forêt à orme blanc et tilleul est un complexe d'un nombre d'associations unistrates disposées selon leurs exigences par rapport à la lumière, à l'humidité de l'air, etc. Dans l'ombre de l'association mesophanérophyte vivent des associations micro- et nanophanérophytes. Sous cette couverture multistrate sélectrice se développe l'association hémicryptophyte-cryptophyte. Les associations muscinales terminent ce cortège d'associations superposées. Toutes ces associations racinent dans le sol ou s'attachent au ras du sol. Leur espace de vie (Lebensraum) diffère néanmoins sensiblement. L'humidité de l'air est sans doute grande dans l'association à *Eurhynchium striatum* p. ex. Elle diminue dans la direction verticale et devient celle du plein air dans les cimes des arbres. Au contraire, l'intensité de l'éclairage diminue dans le sens opposé. Ces facteurs subissent du reste des changements énormes dans le cours de l'année.

Outre les associations nommées dont le substratum est formé par le sol, les pierres, les troncs en décomposition, etc., il existe dans la forêt à orme blanc et tilleul un certain nombre d'associations qui s'attachent au substratum vertical. Leur espace de vie se trouve donc dans une plaine souvent exacte-



ment perpendiculaire à celle des associations racinant dans le sol. Le substratum de ces associations épiphytes (l'écorce) diffère si sensiblement du substratum des autres associations (le sol), que ces deux complexes d'associations forestières ne présentent de parenté ni dans leur composition floristique, ni dans leurs formes biologiques. Notons que dans leur écologie les associations à *Eurhynchium striatum* et à *Rhytidiadelphus triquetrus* se rapprochent sans doute plus de la végétation épiphyte que de la végétation du sol (cf. p. 23).

Ce sera un problème attrayant de déterminer exactement les conditions du milieu (lumière, humidité de l'air, température de l'air et du sol, les propriétés physiques et chimiques du substratum, etc.) dans chaque association unistrate séparée. Cette tâche dépasse pourtant les limites du présent ouvrage.

Avant de quitter la forêt à orme blanc et tilleul, il nous reste à discuter les questions suivantes: 1°. A quel degré la futaie à orme blanc et tilleul, avec toutes les associations qu'on y trouve, représente-t-elle une végétation en équilibre?

2°. Comment s'effectue le renouvellement naturel de la futaie après une destruction complète de cette végétation luxuriante, à la suite d'une exploitation à blanc (exploitation en bloc)?

1°. En Estonie, excepté sur le sol sablonneux où domine toujours le pin sylvestre, la futaie mêlée à épicéa est la formation forestière dominante. Ici, comme dans les pays limitrophes, à une destruction de la haute futaie (p. ex. à la suite d'une exploitation à blanc) suit un stade de forêt d'arbres feuillus, qui se transforme peu à peu en forêt mixte à épicéa — végétation en équilibre avec les conditions du sol et du climat. Dans ces forêts, l'épicéa se renouvelle très bien. Au contraire, les espèces héliophiles — le bouleau, le tremble, etc. — disparaissent peu à peu complètement dans le sous-bois. Seulement là où par suite d'une attaque de parasites, de l'action du vent ou de la foudre, etc. la haute futaie est devenue moins dense, les espèces arborescentes héliophiles s'installent de nouveau, de sorte que la forêt autochtone reste toujours une forêt mixte.

Le bois analysé à orme blanc et tilleul représente-t-il aussi un tel stade de transition? Pour répondre à cette question, prenons en considération les faits que voici:

Sur l'île d'Abruka l'épicéa est très commun. Bien que manquant complètement dans le bois à orme blanc et tilleul, elle apparaît dans le voisinage, dans les parties à niveau aquifère un peu élevé. Là elle forme par endroits même des peuplements purs d'épicéa, d'étendue restreinte d'ailleurs. Dans les bois marécageux elle disparaît de nouveau.

Dans le facies à *Aegopodium podagraria* de l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) les plantules des espèces de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia* sont nombreuses. Signalons le fait remarquable qu'on n'a jamais constaté dans cette association des plantules d'épicéa. La cause de ce manque n'est pas claire. On ne peut sans doute l'attribuer à l'apport difficile des semences.

La futaie à orme blanc et tilleul est une végétation représentée en Estonie seulement dans certains endroits favorables à cette végétation très exigeante. Dans ces localités propices, une partie de l'île d'Abruka doit y être classée, l'épicéa n'est pas capable de lutter avec succès contre les arbres feuillus.

Il en résulte que la forêt à orme blanc et tilleul de l'île d'Abruka doit être considérée comme une végétation en équilibre (végétation stabilisée). C'est un avant-poste de la forêt à arbres feuillus de l'Europe centrale (cf. p. 29).

2°. Le mode d'exploitation forestière (récemment abandonnée) sur l'île d'Abruka était l'exploitation en bloc. La forêt à orme blanc et tilleul qui se trouvait par îlots isolés dans les parties plus élevées des parties nord-ouest et sud-ouest du bois, fut exploitée à blanc dans la période de 1890 à 1925. Ce procédé tue presque complètement et en peu de temps la végétation forestière en question. Seuls quelques individus isolés échappent à ce sort. On les trouve à l'abri des buissons échappés à la dévastation, autour des souches des arbres coupés, même dans l'herbe haute et luxuriante formée par des envahisseurs dont le principal est *Calamagrostis epigeios*. La régénération de la végétation n'est pas facile, comme le montrent les analyses publiées ici.

De ces analyses résultent les thèses suivantes :

1°. Beaucoup d'espèces du bois persistent même dans le cas de l'exploitation à blanc, sur les endroits où elles avaient poussé dans la futaie. Leur nombre *diminue* pourtant avec chaque année écoulée depuis le moment du déboisement. Sans doute,

Régénération de la forêt à orme blanc et tilleul.

De l'exploitation à blanc sont passées:

	10 ann.	30 ann.	40 ann.
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	+1	1.1—2	—
<i>Majanthemum bifolium</i> F. W. Schm.	4 ex.	+1 ¹⁰	2.1
<i>Tridentalis europaea</i> L.	+1 ¹⁰	+1	1.1
<i>Hepatica triloba</i> Gil.	+1 ¹⁰	6 ex.	—
<i>Asperula odorata</i> L.	+2	—	—
<i>Aspidium filix mas</i> (L.) Sw.	+1—2	1 ex.	—
<i>Viola Riviniana</i> Rehb.	+1	+1	—
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	+1	+1	—
<i>Poa nemoralis</i> L.	1.2	+1	—
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	+2 ⁰	—	2.1—2
<i>Melampyrum pratense</i> L.	+1 ¹⁰	+1	—
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	—	+1 ¹⁰	+1
<i>Ranischia secunda</i> Garcke.	—	—	+1
<i>Satureja vulgaris</i> (L.) Fritsch	+2	—	—
<i>Festuca gigantea</i> Vill.	+2 ⁰	—	—
<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	+1 ¹⁰	—	—
<i>Vicia sepium</i> L.	+1	—	—
<i>Rubus saxatilis</i> L.	+1 ¹⁰	—	—
<i>Milium effusum</i> L.	+1	—	—
<i>Mercurialis perennis</i> L.	+1—2 ⁰	—	—
<i>Carex Pairaei</i> F. Schultz	1 ex.	—	—
<i>Oxalis acetosella</i> L.	+1 ¹⁰	—	—
<i>Melica nutans</i> L.	1.1—2	—	—
<i>Stachys silvaticus</i> L.	+1	—	—
<i>Viola mirabilis</i> L.	+1 ¹⁰	—	—
<i>Primula officinalis</i> Jacq.	+1	—	—
<i>Ranunculus auricomus</i> L.	+	1 ex.	—
<i>Anemone nemorosa</i> L.	+	1 ex.	—
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	+1	—	+1
<i>Populus tremula</i> L.	—	—	+1
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	+1	—	—
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	—	1 ex.	—
<i>Deschampsia flexuosa</i> Trin.	3.2—3	+1	4.3—5
<i>Calamagrostis epigeios</i> Roth.	2.3	5.5	4.5
<i>Scrophularia nodosa</i> L.	+1	+1	+1
<i>Dactylis glomerata</i> L.	2.1—2	+1—2	—
<i>Cirsium arvense</i> (L.) Scop.	2.1	+1	—
<i>Allium oleraceum</i> L.	2.1—3	—	—
<i>Galium mollugo</i> L.	1.2	1.1	—
<i>Deschampsia caespitosa</i> P. Beauv.	1.2	—	—
<i>Fragaria vesca</i> L.	1.1—2	—	—
<i>Solidago virgaurea</i> L.	+1	—	—
<i>Veronica officinalis</i> L.	+2	—	—
<i>Festuca rubra</i> L.	+1—2	—	—
<i>Chaerophyllum silvestre</i> (L.) Sch. et Th.	+1	+1	—
<i>Ranunculus polyanthemus</i> L.	+1	—	—
<i>Sesleria coerulea</i> Ard.	+2	—	—
<i>Rubus idaeus</i> L.	—	+2	+2
<i>Galium verum</i> L.	—	+2	—
<i>Urtica dioeca</i> L.	—	+1	—
<i>Poa pratensis</i> L.	—	1.1	—
<i>Agrostis vulgaris</i> With.	+1	—	—
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	+2	—	—
<i>Lathyrus pratensis</i> L.	+1	—	—
<i>Rubus caesius</i> L.	+2	—	—
<i>Centaurea jacea</i> L.	+1	—	—
<i>Festuca ovina</i> L.	+2	—	—
<i>Festuca pratensis</i> Huds.	—	+1	—
<i>Hypericum quadrangulum</i> L.	—	+1	—
<i>Allium scorodoprasum</i> L.	—	1 ex.	—

Anal. 1. De la forêt de jadis existent encore des chênes pédonculés, isolés, quelques trembles, des buissons de *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*, *Ribes alpinum*, *Daphne mezereum*, *Rhamnus cathartica*, *Crataegus curvisepala*. Les conditions pour les espèces arbustives sont assez bonnes, et par endroits elles forment des peuplements denses. Il y a relativement beaucoup d'espèces muscinales: *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Rhodobryum roseum*, *Pleurozium Schreberi*, *Mnium affine*, *M. cuspidatum*, *Thuidium recognitum*; comme espèce envahisseuse *Ceratodon purpureus*. Ces survivants des associations muscinales du bois sont en train de disparaître dans la strate herbacée étouffante. Partie sud-ouest du bois. 14. VIII. 1931. Les aires échantillons (anal. 1, 2 et 3) à 100 m².

Anal. 2. Dans la strate arborescente des bouleaux (*Betula verrucosa*) épars. La strate herbacée est dense, haute d'un mètre environ. La strate arbustive est représentée par *Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*, *Ribes alpinum*. Les espèces herbacées du bois étouffent dans l'herbe luxuriante des graminées. Il n'y a pas de plantules d'espèces arborescentes¹⁾. Les mousses manquent presque. Ça et là on trouve quelques mousses à vitalité réduite: *Cirriphyllum piliferum*, *Mnium affine*, *Pleurozium Schreberi*, *Hylocomium proliferum*, *Rhodobryum roseum*. Partie nord-est du bois. 16. VII. 1934.

Anal. 3. Dans la strate arborescente des bouleaux (*Betula verrucosa*) épars. Ça et là des buissons (*Corylus avellana*, *Lonicera xylosteum*). Les mousses et lichens (*Hypnum cupressiforme*, *Isopterygium repens*, *Dicranum scoparium*, *D. majus*, *Pleurozium Schreberi*, *Hypnum pallescens*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Amblystegium serpens*, *Cladonia fimbriata*) exclusivement sur les souches des arbres en décomposition presque accomplie. Partie nord-est du bois. 13. VII. 1931.

dans un certain stade de régénération du bois, ce chiffre doit subir un changement dans le sens inverse. Sur les étendues analysées, même après 40 années, une augmentation du nombre des espèces forestières n'a pas été observée.

Voici les chiffres obtenus sur les aires échantillons de 100 m²:

Nombre des années écoulées depuis le moment du déboisement :

	10	30	40
Espèces forestières	24	12	5
Espèces envahisseuses	21	14	4
Total	45	26	9

2^o. Le nombre des espèces envahisseuses diminue rapidement: après 10 années passées depuis le déboisement on trouve 21 espèces sur un espace de 100 m². Après 40 années il n'y en a plus que 4! Il en résulte que la concurrence entre les envahisseurs eux-mêmes est très sévère. Le terrain est peu à peu conquis par *Deschampsia flexuosa* et *Calamagrostis epigeios*²⁾.

1) On fauche de temps en temps ces „prés“.

2) Ces espèces psammophiles poussent ici sur un sol graveleux (p. 13). Les cultures du pin sylvestre exécutées dans ces „prés à *Calamagrostis epigeios*“ n'ont pas donné de résultats quelque peu satisfaisants.

3°. L'exploitation à blanc du bois à orme blanc et tilleul est un procédé tout à fait irrationnel, la régénération du bois étant extrêmement difficile¹⁾ dans ce cas.

2. La forêt mixte à épicéa et la forêt à épicéa pure.

À l'ouest et à l'est de la partie centrale de la croupe graveleuse recouverte d'une futaie haute à orme blanc et tilleul, suivent une forêt mixte à épicéa et çà et là des parcelles de forêt

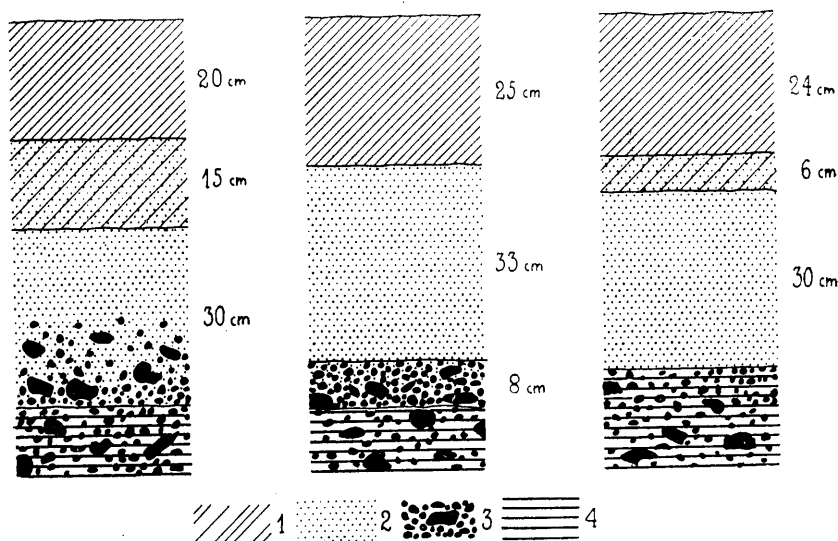


Fig. 6. Le sol dans la forêt mixte à épicéa (A) et la forêt à épicéa pure (B et C): 1 — humus acide [pH = 3,96 (A), 3,41 (B), 3,66 (C) dans la couche supérieure, dans la couche suivante — 6,16 (A) et 5,85 (C)], 2 — sable, 3 — couche graveleuse contenant des cailloux et pierres (Ca, Si), 4 — couche argileuse.

à épicéa pure. Sans doute, l'étendue du bois de ce caractère était beaucoup plus grande autrefois, car on en a beaucoup abattu

1) Il n'est peut-être pas sans intérêt de rappeler ce que M. Humbert écrit à ce sujet sur une forêt beaucoup plus compliquée, la forêt tropicale ombrophile sur l'île de Madagascar: „ . . . la forêt autochtone, association végétale très complexe, est extrêmement fragile . . . si puissante, si imposante que soit la forêt primitive, ce serait une grave erreur de croire qu'elle peut sans dommage être exploitée à blanc“ (Humbert, 1927). Ces thèses de M. Humbert peuvent être appliquées à la forêt septentrionale à orme blanc et tilleul de l'île d'Abrika, sans y changer un mot.

dans le courant des dernières 40 années, surtout dans les parties nord-est et sud-est. Dans ces forêts, le sol est de la composition suivante: à une couche d'humus acide (Rohhumus) suit un horizon sablonneux de profondeur variable, puis un horizon graveleux et très pierreux, enfin, à une profondeur de 60 à 80 cm, une couche argileuse contenant du gravier et des pierres (calcaires, dolomites, granit, etc.). Cette dernière étant impénétrable pour l'eau, le niveau aquifère est relativement élevé.

Le pH des couches supérieures, à humus généralement bien décomposé, est assez différent dans les forêts en question et la forêt à orme blanc et tilleul. Voici quelques données¹⁾:

Assoc. à <i>Ulmus</i> , <i>Acer</i> et <i>Tilia</i>	Facies à <i>Picea excelsa</i> de l'assoc. à <i>Ulmus</i> , <i>Acer</i> et <i>Tilia</i>	Assoc. à <i>Picea excelsa</i>
6.34	4.15	3.66
6.48	3.96	3.41
5.82		

Dans ces forêts à épicéa, la strate arborescente, d'ordinaire d'une hauteur de 30 m environ, est bien développée. Contrairement à l'épicéa, les troncs de l'orme blanc et du tilleul se divisent souvent, ce qui leur permet de former des cimes d'une dimension remarquable. Cette haute futaie est très ombrée.

Les déterminations de l'espace minimum du facies à *Picea excelsa* de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia* nous ont donné le résultat que voici:

	25 m ²	100 m ²	400 m ²
<i>Populus tremula</i> L.	+ + - - -	+ + + + +	+ + + - -
<i>Picea excelsa</i> (Lam.) Link . . .	+ + + + +	+ + + + +	+ + + + +
<i>Tilia cordata</i> Mill.	+ - - + +	+ - - + +	- - - + +
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	- + + + +	+ + + + +	+ + + + +
<i>Ulmus montana</i> With.	- - - - -	- + + - +	+ + + + +
<i>Corylus avellana</i> L.	- - - - -	- + - - -	- - - - -
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	- - - - -	- - - - -	+ + + + +
<i>Acer platanoides</i> L.	- - - - -	- - - - -	+ - - + +
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	- - - - -	- - - - -	- - + + +
	3 3 2 3 2	4 5 4 4 4	6 5 6 7 6
	2.6	4.2	6.0

Aux espèces trouvées (tabl. p. 39) peuvent s'ajouter encore sur l'île d'Abruka, dans les forêts en question, deux espèces: *Quercus pedunculata* et *Salix caprea*. Dans ce cas, le nombre total des espèces sera de 11. Prenant en considération ce fait,

1) Ces analyses sont exécutées à l'Institut Pédologique à Tartu (directeur M. le prof. A. Nõmmik) à l'aide de la méthode électrométrique. Sur le terrain on a obtenu des chiffres conformes, à l'aide du colorimètre Wulff.

de même que l'importance de l'accident comme facteur déterminant la distribution des plantes, il devient évident, qu'avec une augmentation de l'espace au-delà de 400 m² la montée de la courbe ne peut être que très lente. Nous avons donc accepté 400 m² comme espace minimum. En nous basant sur ce résultat, dans les analyses des associations mésophanérophytes des aires échantillons de cette grandeur furent employées.

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Picea excelsa</i> (Lam.) Link	+1	+1	2.1	1.1	1.1	+1	+1
<i>Populus tremula</i> L.	2.1	2.1	1.1	—	—	4.1	3.1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	+1	+1	2.1	2.1	2.1	+1	2.1
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	2.1	+1	1.1	+1	—	—	+1
<i>Ulmus montana</i> With.	1.1	3.1	2.1	3.1	3.1	+1	—
<i>Acer platanoides</i> L.	+1	—	—	+1	+1	+1	1 ex.
<i>Tilia cordata</i> Mill.	—	—	—	+1	2.1	2.1	+1
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	—	—	+1	+1	1.1	—	—
<i>Salix caprea</i> L.	—	—	—	—	—	+1	+1
<i>Quercus robur</i> L.	—	—	—	—	—	—	1 ex.

Remarque. Ces analyses sont exécutées dans la partie nord-ouest du bois.

Comme on le voit très bien, la composition floristique du facies à *Picea excelsa* sur l'île d'Abruka diffère peu de la composition floristique de l'association mère (assoc. à orme blanc et tilleul). Mentionnons toutefois l'importance plus grande du bouleau et du tremble dans le facies. Il est très probable, que jadis l'if (*Taxus baccata*) était cantonné dans ce facies; maintenant il est presque complètement exterminé¹⁾.

Les associations éphytes (facies à *Ramalina calicaris* de l'association à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri*, ass. à *Parmelia sulcata* et *P. physodes*, ass. à *Anomodon longifolius* et *Isothecium myurum*, ass. à *Hypnum cupressiforme*, ass. à *Neckera-Leucodon* et *Lobaria*, stade à *Frullania dilatata* et *Radula complanata*) sont bien développées sur les arbres feuillus. On ne les trouve pas (excepté l'ass. à *Hypnum cupressiforme*) sur l'épicéa.

De même, quoique dans un état très fragmentaire, les associations à *Corylus avellana* et à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum* sont représentées.

¹⁾ Encore en 1906, pendant une chasse, les rabatteurs ont apporté sur une clairière des tas de branches d'if. Maintenant seulement 2 individus malingres de cette espèce sont connus dans le bois à Abruka.

Dans la strate herbacée et la strate muscinale au contraire, certaines différences à l'égard de la forêt à orme blanc et tilleul s'offrent. Comme dans la forêt à orme blanc et tilleul, la végétation hémicryptophyte et cryptophyte dominante est formée ici par l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*), cette association étant cependant représentée ici par un

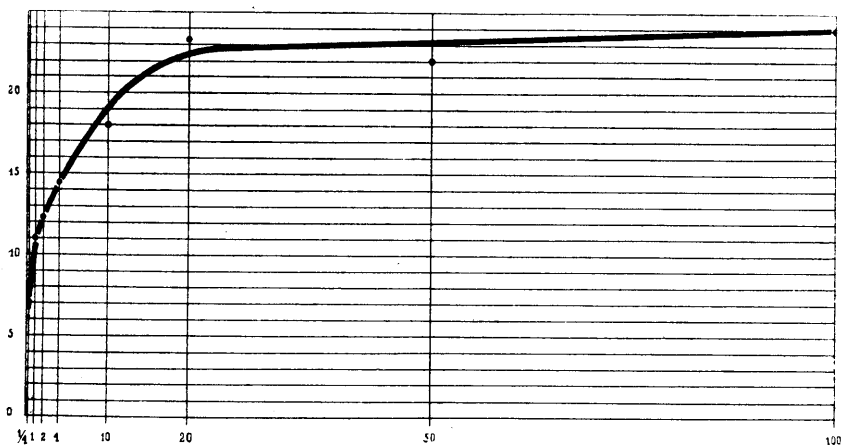


Fig. 7. Cours du rapport entre le nombre des espèces et l'aire occupée correspondante du facies à *Asperula odorata* de l'assoc. à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*).

autre facies, le facies à *Asperula odorata*. La détermination de l'espace minimum de ce facies (p. 42) a donné le résultat que voici :

L'accroissement rapide du nombre des espèces finit à 20 m². Après, la courbe s'élève très doucement. Or, l'aire minimum de cette association est de 20 m². Sur cette surface on trouve en moyenne 60 p. c. des espèces de l'association représentées sur l'île d'Abruka¹⁾.

Le facies à *Asperula odorata* présente, sur l'île d'Abruka, la composition suivante :

1) Plusieurs espèces trouvées sur les aires échantillons sont exclues, comme espèces étrangères à l'association étudiée (cf. Lippmaa, 1932, 1933). Ces espèces sont: *Sorbus aucuparia*, *Fraxinus excelsior*, *Populus tremula*, *Corylus avellana*, *Ulmus montana*, *Lonicera xylosteum*, *Acer platanoides*, *Ribes alpinum*, *Veronica chamaedrys*, *Deschampsia flexuosa*, *D. caespitosa*, *Ranunculus auricomus*, *Aspidium dilatatum*. On y trouve en partie des espèces apophytes (*Veronica chamaedrys*, *Deschampsia caespitosa*, *Ranunculus auricomus*); la majorité cependant sont des espèces d'autres associations forestières.

	0.25 m ²				1 m ²				2 m ²				4 m ²				10 m ²				20 m ²				50 m ²				100 m ²			
<i>Asperula odorata</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Hepatica triloba</i> Gil.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Oxalis acetosella</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Mojanth. bifolium</i> F. W. Schm.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd. . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Carex digitata</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Milium effusum</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Trifolialis europaea</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Moehringia trinervia</i> Clairv.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Viola Riviniana</i> Rchb.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Dentaria bulbifera</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Anemone ranunculoides</i> L. . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Anemone nemorosa</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Paris quadrifolia</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Lactuca muralis</i> (L.) Fries . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Poa nemoralis</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Melica nutans</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Vicia sepium</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Ranunculus cassubicus</i> L. . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Aspidium filix mas</i> (L.) Sw.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Aspid. dryopteris</i> (L.) Baumg.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Rubus saxatilis</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Actaea spicata</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Melampyrum pratense</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Melampyrum silvaticum</i> L. . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Calamagrostis arund.</i> Roth. . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Polygonatum multifl.</i> All.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh. . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Hieracium vulgatum</i> Fries . . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Fragaria vesca</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Aspidium euspinul.</i> Asch.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Athyrium fil. fem.</i> (L.) Roth. . .	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Sanicula europaea</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Geum urbanum</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Viola mirabilis</i> L.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Brachypod. silvat.</i> R. et Sch.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Ranischia secunda</i> Garcke	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
8 6 6 8 9 15 11 9 9 11 12 11 12 14 12 13 13 15 14 18 20 17 17 19 25 21 23 29 26 21 21 21 21 22 25 21 26 26	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4	7,4
	11,0				12,2				14,6				17,8				23,4				22,0				24,0							

**Facies à *Asperula odorata* de l'assoc. à *Hepatica triloba* (et
Pulmonaria officinalis).**

	1	2	3	4	5
<i>Asperula odorata</i> L.	3.1—3	2.2	4.5	3.1—3	4.5
<i>Hepatica triloba</i> Gil.	3.5	2.1—2	2.1—2	1.1—2	2.1—2
<i>Viola Riviniana</i> Rchb.	1.1	+1	1.1	+1	1.1
<i>Oxalis acetosella</i> L.	3.5	3.5	2.1	2.5	2.5
<i>Majanthemum bifolium</i> F. W. Schm.	2.5	3.5	1.1	2.5	1.1
<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Dentaria bulbifera</i> L.	1.1	+1	1 ex.	+1	1 ex.
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	1.1	+1	+1	+1	+1
<i>Carex digitata</i> L.	1.2	1.2	1.2	+1	+2
<i>Vicia sepium</i> L.	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	1.1	+1	+1	+1	+1
<i>Aspidium filix mas</i> (L.) Sw.	1.2	1.2	+2	+1	+2
<i>Lactuca muralis</i> (L.) Fries.	+1	+1	1.1	1 ex.	+1
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	+1—2	+1	+1	+1	1.1
<i>Poa nemoralis</i> L.	+1	+1	+1	+1	+2
<i>Paris quadrifolia</i> L.	+1	1 ex.	+1	—	+1
<i>Trientalis europaea</i> L.	+1	+1	1.1	—	+1
<i>Melica nutans</i> L.	+2	+1	+1	—	+1
<i>Milium effusum</i> L.	—	+1	+1	+1	+1
<i>Aspidium dryopteris</i> (L.) Baumg.	—	—	1.1	1.1	+1
<i>Fragaria vesca</i> L.	—	—	+1	+1	+1
<i>Rubus saxatilis</i> L.	—	—	—	2.1—2	+1
<i>Brachypodium silvaticum</i> R. et Sch.	—	—	—	+2	1.2
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	—	+1	—	+1	+1
<i>Anemone nemorosa</i> L.	—	+1	—	+1	—
<i>Sanicula europaea</i> L.	—	+1	—	—	1.2
<i>Moehringia trinervia</i> Clairv.	+1	—	—	—	—
<i>Actaea spicata</i> L.	—	+1	—	—	—
<i>Melampyrum pratense</i> L.	—	+1	—	—	—
<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth.	—	+2	—	—	—
<i>Viola mirabilis</i> L.	—	—	—	+1	—
<i>Geum urbanum</i> L.	—	—	—	+1	—
<i>Melampyrum silvaticum</i> L.	—	—	—	—	+1
<i>Ramischia secunda</i> Garcke	—	—	—	—	+2
<i>Hieracium vulgatum</i> Fries.	—	—	—	—	+1
<i>(Fraxinus excelsior</i> L.)	+1	+1	—1	1.1	+1
<i>(Ribes alpinum</i> L.)	+1	—	+	—	+1
<i>(Corylus avellana</i> L.)	+1	—	+1	+1	—
<i>(Daphne mezereum</i> L.)	+1	—	+1	—	+1
<i>(Lonicera xylosteum</i> L.)	1 ex.	1 ex.	+1	+1	+1
<i>(Sorbus aucuparia</i> L.)	—	+1	+1	+1	+1
<i>(Populus tremula</i> L.)	—	+1	+1	+1	+1
<i>(Acer platanoides</i> L.)	—	—	1.1	1.1	+1
<i>(Picea excelsa</i> (Lam.) Link.)	—	—	—	—	+1
<i>(Veronica chamaedrys</i> L.)	+1	—	+1	+1	+1
<i>(Deschampsia flexuosa</i> Trin.)	+1	—	—	—	+2
<i>(Listera ovata</i> R. Br.)	—	—	1 ex.	—	—

Remarques. Les relevés 1 à 5 sont pris dans la partie nord-ouest du bois, les derniers (4, 5) près de la lisière ouest, dans le voisinage de la forêt marécageuse. Les aires échantillons sont de 20 m².

Anal. 1. La strate muscinale bien développée, se composant principalement de l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus*. *Hylocomium proliferum* se trouve surtout sur les pierres. Ça et là des buissons de *Lonicera xylosteum*; *Daphne mezereum* est présent. L'association à *Corylus avellana* représentée par des fragments. La strate arborescente est formée surtout par le tremble, l'orme blanc, le sorbier des oiseaux et l'épicéa.

Anal. 2. La strate muscinale moyenne. L'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* prévaut; il y a aussi des peuplements à *Eurhynchium striatum* avec *Mnium undulatum*, *M. cuspidatum*, *M. affine*. Dans la strate arborescente, outre le tremble, le bouleau (*Betula verrucosa*) et l'épicéa, l'orme blanc (1 exempl.) et quelques sorbiers des oiseaux de 10 à 12 m de hauteur.

Anal. 3. Les mousses couvrent à peu près un quart de l'aire analysée. La composition floristique du tapis muscinal comme dans l'analyse 2. *Daphne mezereum* et *Lonicera xylosteum* sont bien communes, de même que *Corylus avellana* et *Sorbus aucuparia* dans la strate microphanérophyte; dans la strate arborescente domine le tremble.

Anal. 4 et 5. La strate muscinale, assez bien développée, est de la même composition que dans les analyses précédentes. L'association à *Corylus avellana* est représentée par des fragments. On y trouve, à part le noisetier, le sorbier des oiseaux, le tilleul, le marseau.

Le facies à *Asperula odorata* est sur l'île d'Abruka sensiblement plus pauvre en espèces que le facies exigeant à *Aegopodium podagraria* (tableaux, p. 26). Nombre d'espèces qu'on trouve ailleurs en Estonie dans ce facies manquent ici. Nommons surtout *Pulmonaria officinalis*, *Lamium galeobdolon* et *Asarum europaeum*. Excepté *Pulmonaria officinalis* qu'on trouve p. ex. dans les environs de Kuressaare, ces espèces manquent sur les îles estoniennes¹⁾. Sans doute, toutes ces espèces pourraient pousser sur l'île d'Abruka. Elles y manquent seulement parce qu'elles n'ont pas eu l'occasion d'y arriver. Le „facteur de la position insulaire“ s'y présente très nettement. Du point de vue de l'écologie des espèces, le facies à *Asperula odorata* est assez hétérogène. A côté des plantes de l'humus acide comme *Luzula pilosa*, *Trientalis europaea*, *Melampyrum pratense* on y trouve des espèces exigeantes: *Asperula odorata*, *Dentaria bulbifera*, *Anemone ranunculoides*, *Lactuca muralis*, *Brachypodium silvaticum*, *Sanicula europaea*, *Actaea spicata*, *Hieracium vulgatum*, etc. Les dernières dominent complètement.

La strate muscinale sous le facies à *Asperula odorata* est beaucoup mieux développée que sous le facies à *Aegopodium podagraria*.

1) Gröntved a pourtant trouvé 1 exempl. de *Lamium galeobdolon* sur l'île de Ruhnu (Gröntved, 1929).

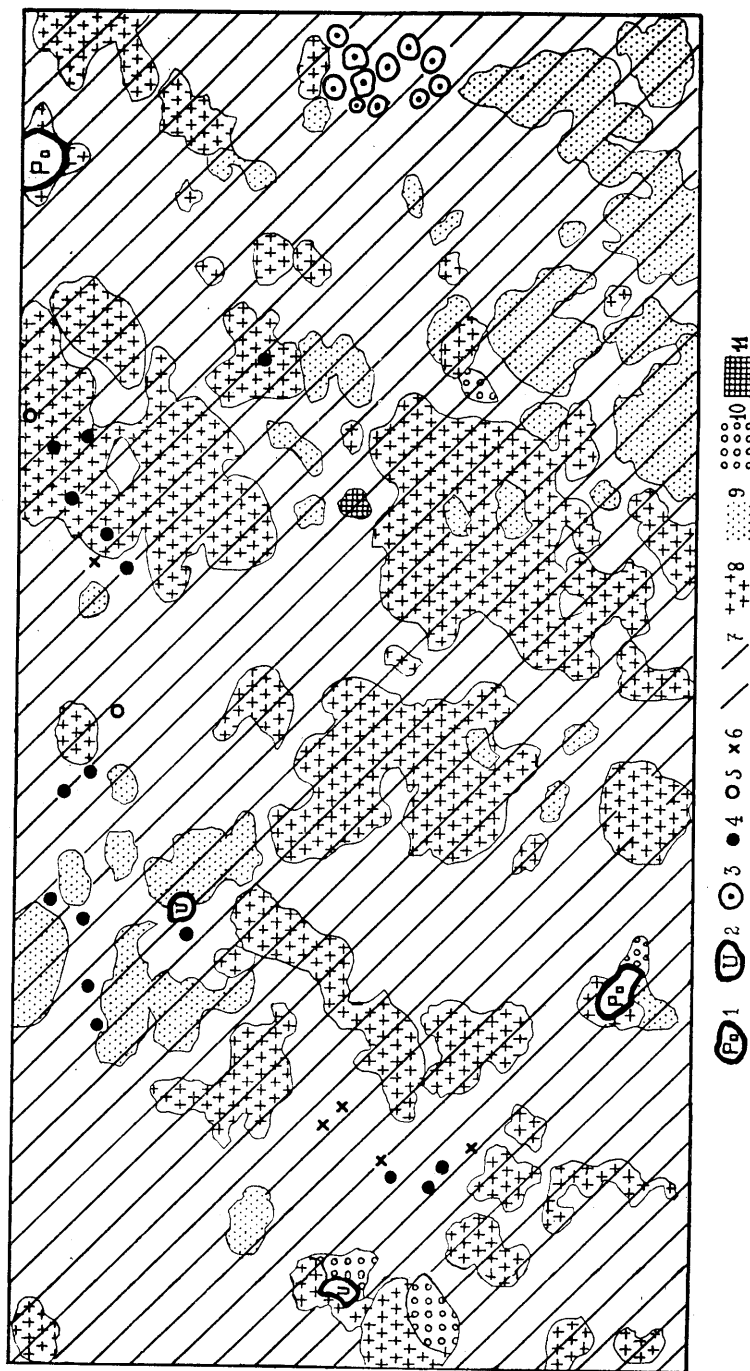


Fig. 8. 50 m² dans le bois mixte à épicea. 1 — *Populus tremula*, 2 — *Ulmus montana*, 3 — *Corylus avellana*. Assoc. à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum* (4 — *Lonicera xylosteum*, 5 — *Daphne mezereum*, 6 — *Ribes alpinum*). 7 — *facies* à *Asperula odorata* de l'assoc. à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*). 8 — assoc. à *Rhytidatelpus triquetrus*. 9 — assoc. à *Eurhynchium striatum*. 10 — *Isoetes myrurus*. 11 — *Mnium hornum*.

graria. La surface couverte par le tapis muscinal du moins est toujours sensiblement plus grande ici. Il faut souligner le fait très intéressant que les associations muscinales qui se trouvent à l'abri de ces facies sont identiques. Dans toutes les deux, ce sont l'assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus* et l'assoc. à *Eurhynchium striatum*. Ce n'est que sous le facies à *Asperula odorata* que domine l'association à *Rhytidiadelphus*, tandis que sous le facies à *Aegopodium podagraria* c'est l'assoc. à *Eurhynchium*. Voici le résultat des analyses de ces associations:

Assoc. à *Eurhynchium striatum*.

	5	2	3	4	5	6
<i>Eurhynchium striatum</i> Schimp.	5.5	4.3	5.5	4.5	5.5	5.5
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	+1-2	1.1	—	1.2	+2	+1
<i>Rhodobryum roseum</i> Limpr.	+1	+1	+1	+1	+1	+1
<i>Thuidium recognitum</i> Hedw.	1.1	1.	+1	—	—	—
<i>Mnium undulatum</i> (L.) Weis.	—	—	—	+1	+1	1.2
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.	+1	+2	2.1-2	—	—	—
<i>Thuidium tamariscifolium</i> Lindb.	—	—	—	—	—	1.1
<i>Plagiochila asplenoides</i> Dum.	—	—	—	—	—	1.1-2
<i>Hylocomium proliferum</i> Lindb.	—	+1	—	1.2	—	—
<i>Neckera complanata</i> Hüb.	2.1-2	—	—	—	—	—
<i>Cirriphyllum piliferum</i> Grout	+2	—	—	—	—	—
<i>Homalia trichomanoides</i> Br. eur.	—	—	—	+2	—	—
<i>Hypnum cupressiforme</i> L.	—	—	—	1.2	—	—

Remarques: Anal. 1: sur la base du tronc d'un frêne mort. Anal. 2: sur des pierres plates d'une hauteur de 20 cm. environ. Anal. 3 et 4: sur des souches en décomposition s'élevant jusqu'à 50 cm de hauteur. Anal. 5: sur des pierres plates et basses. Anal. 6: partiellement sur le sol, partiellement sur des pierres basses. Les analyses sont exécutées dans la partie nord-ouest du bois, dans la forêt mixte à épicéa. Les aires échantillons à 2 m².

Assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus*.

	1	2	3	4
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.	4.5	5.5	4.5	4.5
<i>Hylocomium proliferum</i> Lindb.	—	1.2-1	+1	+1
<i>Mnium undulatum</i> (L.) Weis.	+1	1.2	1.1-2	2.1-2
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	—	+2	—	+2
<i>Cirriphyllum piliferum</i> Grout	—	+1	+1	+2
<i>Eurhynchium striatum</i> Schimp.	+2	+2	—	—
<i>Rhodobryum roseum</i> Limpr.	—	+1	—	—
<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	—	—	—	+2

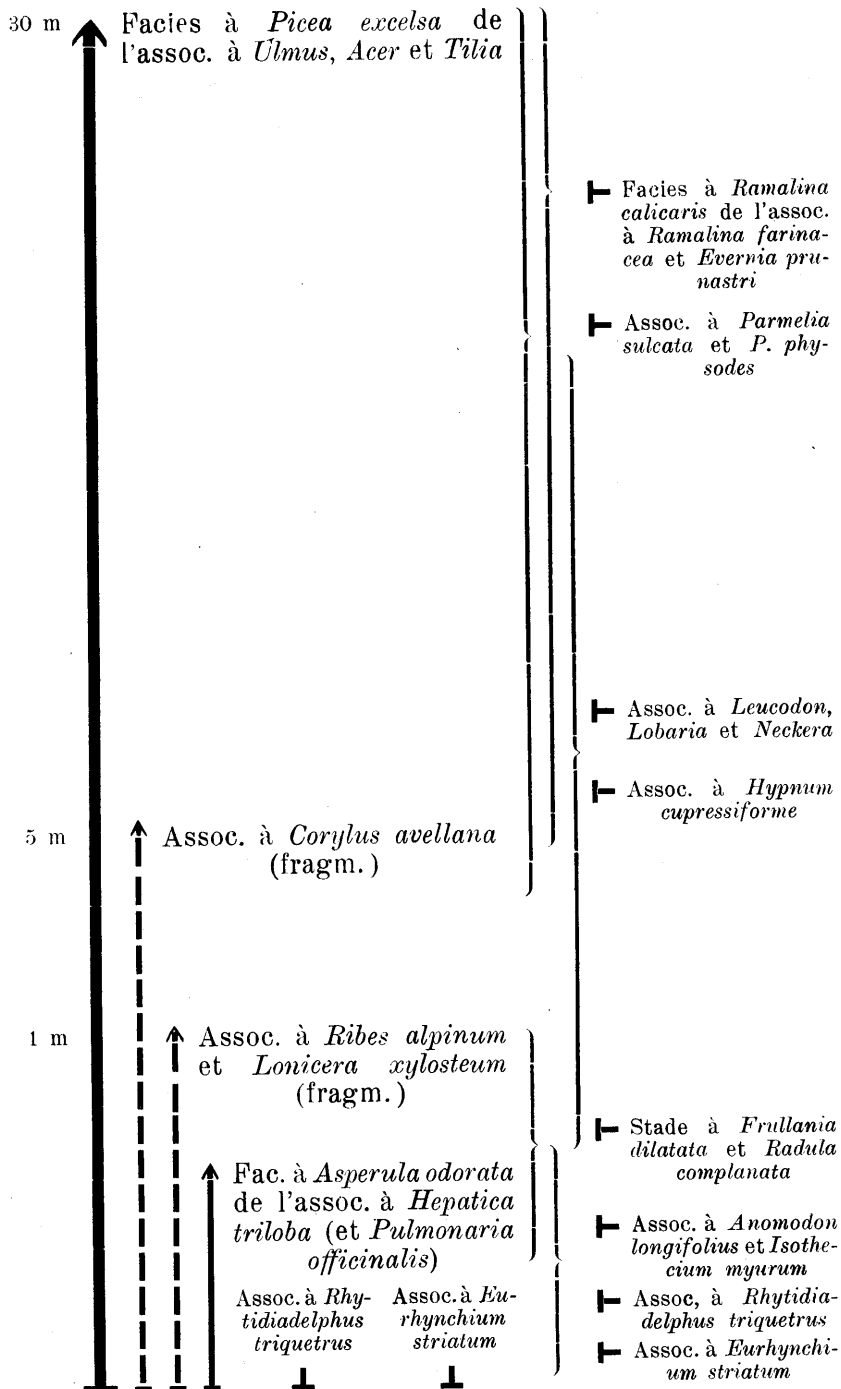
Remarques: Toutes les analyses sont exécutées dans la partie nord-ouest du bois, dans la forêt mixte à épicéa avec des espèces arborescentes feuillues dominantes. L'association se trouve d'ordinaire directement sur le sol, çà et là aussi sur les pierres basses, les souches, la base des troncs. Les aires échantillons à 2 m².

Ces associations possèdent toutes les deux une seule espèce caractéristique qui est en même temps l'espèce dominante: le *Rhytidiadelphus triquetrus* ou l'*Eurhynchium striatum*. Dans une concordance parfaite avec les différences écologiques de ces espèces dominantes, l'association à *Eurhynchium striatum* est plus riche en espèces exigeantes que l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus*. Notons enfin que le *Hylocomium proliferum*, qui d'ordinaire se trouve comme espèce compagne dans la dernière association ailleurs en Estonie, est d'importance médiocre sur l'île d'Abruka.

Comme le montrent les recherches dans le bois d'Abruka et ailleurs en Estonie, l'association à *Eurhynchium striatum* préfère dans les forêts mixtes à épicéa les petites élévations du sol. (les racines qui s'élèvent au-dessus du sol, les bases des troncs, le sol entourant ces bases, des pierres basses, etc.). Les causes de ce phénomène ne sont pas claires. Wiśniewski, qui classe cette association parmi les associations épiphytes, trouve qu'elle réclame beaucoup d'humidité et qu'elle est caractéristique en Pologne pour les forêts dont le sol est imperméable.

Si nous réunissons dans un schéma toutes les associations de la forêt mixte à épicéa, comme nous l'avons fait avec les associations du bois à orme blanc et tilleul, le résultat ne diffère que dans les détails. Néanmoins, comme les conditions édaphiques sont différentes (l'humus beaucoup plus acide, la couche supérieure graveleuse remplacée par une couche sablonneuse, le niveau aquifère relativement élevé, cf. p. 38), un déplacement en faveur des associations moins exigeantes est évident:

L'association à orme blanc et tilleul est remplacée par le facies moins exigeant de cette association, dans lequel les espèces triviales — bouleau, tremble, épicéa — sont d'importance. Avec cela, le rôle de l'association à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* est sensiblement diminué, les troncs recourbés si ordinaires chez les vieux ormes et marseaux étant assez rares dans la forêt mixte à épicéa. Malgré le fait que cette association se développe aussi sur les troncs des trembles, les conditions y sont moins favorables, à cause des troncs dressés tout droit. Sur l'épicéa l'association en question manque toujours.



La végétation des bases des troncs a aussi subi des changements assez grands. L'association exigeante à *Anomodon* et *Neckera* s'est retirée et n'a pas d'importance. A sa place sont venues l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* et l'association à *Eurhynchium striatum*. Il en est de même dans la strate muscinale, où l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* est devenue l'association dominante. Enfin, le facies à *Aegopodium podagraria* de l'assoc. à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) est remplacé par le facies de cette association à *Asperula odorata*.

Au contraire, dans les associations épiphytes des troncs d'arbres, aucun changement ne s'est produit. Le stade à *Frullania dilatata* et *Radula complanata* est très bien développé les troncs du tremble représentant pour lui un substratum très propice. Ce stade manque, ou bien il se trouve dans un état très pauvre, sur l'écorce d'épicéa. L'association à *Parmelia sulcata* et *P. physodes* est de composition ordinaire, de même que le facies à *Ramalina calicaris* de l'assoc. à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri* sur les arbres feuillus.

La forêt à épicéa est, sur l'île d'Abruka, d'importance modeste. On la trouve p. ex. par endroits dans la partie centrale du bois. Dans ces peuplements, l'épicéa domine complètement. Voici les résultats obtenus :

Assoc. à *Picea excelsa*.

	1	2	3
<i>Picea excelsa</i> (Lam.) Link	5.1	4.1	3.1
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	2.1	+1	2.1
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	—	+1	+1
<i>Populus tremula</i> L.	+1	—	2.1
(<i>Acer platanoides</i> L.)	1 ex.	—	—
(<i>Quercus robur</i> L.)	—	1 ex.	—

Remarques : Ces analyses sont faites dans différentes parties du bois du nord-ouest. La hauteur de la futaie est de 30 m environ, les diamètres des arbres entre 30 et 50 cm à une hauteur de 1,5 m de la surface du sol.

Parmi les associations épiphytes dans la forêt à épicéa, seule l'association à *Parmelia sulcata* et *P. physodes* est bien développée. L'assoc. à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri* est représentée surtout sur la partie supérieure des troncs de tremble. Le stade à *Radula complanata* et *Frullania dilatata*, l'assoc. à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* ne manquent pas,

ceux-ci se trouvant (quoique d'ordinaire dans un état fragmentaire) sur les troncs du tremble. Au contraire, l'écorce des épicéa est très pauvre en lichens foliacés et lichens fruticuleux. On ne les a pas analysés de plus près. A la base des troncs, l'association presque unique est l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* (souvent riche en *Hylocomium proliferum*). L'association à *Eurhynchium striatum* ne manque pas dans ces endroits, mais elle est tout de même de moindre importance. Sur 100 m² du tapis muscinal une analyse a donné le résultat que voici: *Rhytidiadelphus triquetrus* 4. 3—4; *Hylocomium proliferum* 3. 1—3; *Pleurozium Schreberi* 1. 2; *Dicranum majus* 2. 2—3; *Dicranum scoparium* 1. 2; *Brachythecium curtum* +.2; *Mnium cuspidatum* +.2; *Rhodobryum roseum* +.1—2; *Eurhynchium striatum* +.2.

L'association à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium* (fragm.).

L'association hémicryptophyte-cryptophyte la plus importante de la forêt à épicéa, l'assoc. à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium* n'est pas sans intérêt du point de vue de la théorie des associations végétales. Bien que la composition floristique ne permette pas de douter que la végétation en question appartienne à l'association à *Vaccinium myrtillus* et *Majanthemum bifolium* (Lippmaa, 1932), une des espèces les plus importantes — *Vaccinium myrtillus* — ne se trouve pas dans les relevés. Nous avons ici un bel exemple de la puissance du „facteur de la situation insulaire“ dans la composition floristique des associations végétales (cf. pp. 28, 44).

Ces relevés (à 100 m²) nous donnent une idée de la composition floristique de cette association. Elle est d'ailleurs modifiée ici par les nombreuses espèces étrangères appartenant à l'association à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis* et à l'association à *Oxalis acetosella* et *Anemone nemorosa*.

La régénération de la forêt mixte à épicéa et de la forêt à épicéa sur l'île d'Abruka, après une exploitation à blanc, se déroule en général conformément à la régénération des forêts

**Association à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum*
bifolium (fragm.).**

<i>Majanthemum bifolium</i> F. W. Schm.	3.1—3	1.1—3	3.5
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	1.1	+1	1.1
<i>Trientalis europaea</i> L.	+1	1.1	+1
<i>Aspidium</i> * <i>cuspidulosum</i> Aschers.	+1	+2	+1
<i>Pyrola uniflora</i> L.	+1	—	—
<i>Deschampsia flexuosa</i> Trin.	1.3	—	3.5
<i>Anemone nemorosa</i> L.	—	+1	—
<i>Lycopodium annotinum</i> L.	—	—	+3
<i>Melampyrum pratense</i> L.	—	—	+1
<i>Ramischia secunda</i> Garcke	—	—	+2
(<i>Anemone ranunculoides</i> L.)	+1	—	—
(<i>Carex digitata</i> L.)	1.1	1.1	+1
(<i>Oxalis acetosella</i> L.)	2.5	1.3	+2
(<i>Melica nutans</i> L.)	+1	—	—
(<i>Hepatica triloba</i> Gil.)	—	1 ex.	—
(<i>Dentaria bulbifera</i> L.)	—	1 ex.	—
(<i>Athyrium filix femina</i> (L.) Roth)	—	+2	—
(<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	+1	—	—
(<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	+1	+1	—
(<i>Populus tremula</i> L.)	—	—	+1
(<i>Picea excelsa</i> (Lam.) Link)	—	—	+1

à orme blanc et bouleau. Vu le fait que la couche d'humus acide est suivie par une couche sablonneuse, l'installation des espèces psammophiles *Deschampsia flexuosa* et *Calamagrostis epigeios* se comprend bien. Sur des clairières d'une ancienneté suffisante, la *Calamagrostis epigeios* paraît souvent en masse. Ce stade à *Calamagrostis epigeios* peut se maintenir pendant un demi-siècle sans changements visibles, peut-être même davantage.

Peu à peu le bouleau s'installe. L'ombre, quoique peu profonde, change les conditions dans un sens défavorable à la *Calamagrostis epigeios*. Celui-ci devient de plus en plus souvent végétatif. Ces changements d'équilibre sont très favorables à la *Deschampsia flexuosa*, et c'est pourquoi le stade à *Calamagrostis epigeios* est suivi par un autre à *Deschampsia flexuosa*¹⁾.

Les analyses exécutées sur les terrains déboisés il y a 30 à 40 années, dans la partie nord-est du bois, nous ont donné le résultat que voici:

1) Sur les terrains occupés jadis par l'association à *Picea excelsa*. La régénération du stade à *Picea excelsa* de l'association à orme blanc et tilleul se produit comme la régénération de la dite association (cf. p. 35).

	1	2
<i>Calamagrostis epigeios</i> Roth	3.1—3	4.5
<i>Pteridium aquilinum</i> Kuhn	4.1—5	—
<i>Deschampsia flexuosa</i> Trin.	5.5	4.3—5
<i>Rubus idaeus</i> L.	+2	+2
<i>Majanthemum bifolium</i> F. W. Schm.	2.5	2.1
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	1.1—2	2.1—2
<i>Trientalis europaea</i> L.	+1	1.1
<i>Rubus saxatilis</i> L.	+2	—
<i>Aspidium* euspinulosum</i> Aschers.	+1	—
<i>Ramischia secunda</i> Garcke	—	+1
(<i>Carex digitata</i> L.)	+2	—
(<i>Melica nutans</i> L.)	+1	—
(<i>Veronica officinalis</i> L.)	+2	—
(<i>Milium effusum</i> L.)	1 ex.	—
(<i>Moehringia trinervia</i> Clairv.)	2 ex.	—
(<i>Anemone ranunculoides</i> L.)	—	+1
(<i>Scrophularia nodosa</i> L.)	—	+1
(<i>Epilobium angustifolium</i> L.)	—	2 ex.
(<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	+1	+1
(<i>Juniperus communis</i> L.)	—	+1
(<i>Populus tremula</i> L.)	—	+1

Remarques:

Anal. 1. Dans l'aire-échantillon de 100 m², le nombre des arbres surpasse 50, dont la moitié est morte. Ce sont des bouleaux de 15 à 20 m de hauteur, au diamètre de 10 à 18 cm à une hauteur de 1,5 m au-dessus du sol. On trouve des mousses seulement sur les souches décomposées de l'ancienne futaie. Beaucoup d'entre eux sont sans doute les survivants de cette futaie que les 30 à 40 années défavorables n'ont pu tuer. On y retrouve les espèces suivantes (souvent le nombre des individus est tout petit): *Cladonia bacilliformis*, *C. cenotea*, *C. fimbriata*, *Aulacomnium androgynum*, *Pleurozium Schreberi*, *Dicranum scoparium*, *Hypnum cupressiforme*, *Eurhynchium striatum*, *Mnium affine*, *M. hornum*, *Georgia pellucida*, *Isopterygium repens*, *Buxbaumia indusiata*¹⁾. Tout près furent trouvées des fructifications mûres du *Phallus impudicus*¹⁾. La vitalité de la *Calamagrostis epigeios* est réduite. Elle est d'ordinaire en état végétatif et assez clairsemée. Au contraire, la *Deschampsia flexuosa* est très dense et bien développée, avec des fruits mûrs. 13. VIII 1931.

Anal. 2. La strate arborescente éparse sur l'aire-échantillon est formée par le bouleau (hauteur: 15 m). On y trouve aussi quelques buissons isolés de *Corylus avellana* et de *Lonicera xylosteum*. Les propriétés du sol ne laissent aucun doute sur la nature du bois disparu: c'était une forêt à épicéa avec *Majanthemum bifolium* dominant dans la strate herbacée. On y trouve des mousses et lichens, comme dans l'anal. 1, seulement sur les souches en décomposition. Les espèces suivantes furent signalées: *Cladonia fimbriata*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hypnum cupressiforme*, *Isopterygium repens*, *Dicranum scoparium*, *D. majus*, *Pleurozium Schreberi*, *Hypnum pallescens*, *Amblystegium serpens*. Leur recouvrement sommaire ne dépasse pas +1—2.

1) Lippmaa, T., Kahe huvitava taime leid Abruksa saarel. Eesti Loodus 2, Tartu 1933.

Une comparaison des relevés des tableaux sur les pp. 51 et 52 montre nettement que l'association hémicryptophyte-cryptophyte s'est déjà assez bien régénérée, quoique les espèces dominantes des stades à *Calamagrostis epigeios* et à *Deschampsia flexuosa* ne soient pas encore complètement chassées par l'ombre de la strate arborescente. Dans la strate arborescente règne le bouleau. L'épicéa manque encore complètement. L'association caractéristique de la forêt à épicéa — l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum* — manque également. Ce cas nous semble être un exemple frappant de l'autonomie des associations unistrates.

3. La forêt marécageuse à bouleau et vergne.

Partout dans le bois d'Abruka, où la structure du sol le rend possible, la forêt marécageuse à bouleau, vergne et frêne se rencontre. Une futaie bien développée se trouve dans les parties nord-ouest et nord-est. Les analyses de cette association mésophanérophite nous ont donné le résultat suivant:

<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	3.1	3.1	3.1	3.1	3.1
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	3.1	3.1	3.1—3	1.1	2.1
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	2.1	3.1	+1	+1	1.1
<i>Picea excelsa</i> (Lam.) Link	+1	+1	2.1	2.1	—
<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.	—	+1	—	—	—
<i>Populus tremula</i> L.	—	—	—	2.1	—
(<i>Ulmus montana</i> With.)	+1	—	—	—	—

Remarques:

Les anal. 1 et 2 sont exécutées dans la partie nord-ouest du bois. La hauteur de la futaie est de 30 m environ, seules les épicéas sont plus basses. La surface du sol est peu inégale, l'alternance des élévations (formées par les bases des arbres) avec des dépressions humides si caractéristique pour certaines forêts marécageuses, y manque complètement. Anal. 3. Dans la partie sud-est du bois. Les conditions du sol et la hauteur de la futaie comme dans les anal. 1 et 2. Anal. 4. Dans la partie sud-ouest du bois. Anal. 5. Dans la partie sud-est du bois. Les conditions du sol, etc., comme dans les analyses précédentes. Aires-échantillons de 400 m².

La forêt marécageuse de bouleau et vergne se compose principalement des espèces suivantes: *Betula pubescens*, *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior*. L'épicéa y est assez fréquente. Comme le montrent les recherches, la prédominance du frêne pourrait être beaucoup plus considérable, si le renouvellement naturel de cette espèce n'avait pas été empêché par les chevreuils (*Capreolus capreolus* L.) très nombreux dans les forêts d'Abruka. Pendant l'hiver, la nourriture principale de ceux-ci

se compose des jeunes pousses du frêne. C'est une tâche difficile pour un arbrisseau de cette espèce de franchir „la zone de mort“, c'est à dire la hauteur qui est encore accessible aux chevreuils. Seulement après des tentatives très nombreuses (ce qui se constate très bien sur chaque arbrisseau), quelques-uns d'entre eux atteignent la hauteur qui les mette hors de danger. Comme résultat de ces attaques annuelles des peuplements plus

ou moins denses de jeunes frênes se forment; c'est de ceux-ci et de certaines associations hémicryptophytes que se compose le sous-bois de la forêt en question.

Les conditions pédologiques dans ces forêts marécageuses sont très caractéristiques.

Une couche de tourbe à bois marécageux (Bruchwaldtorf) bien décomposée, d'une couleur noirâtre et souvent saturée d'eau, est suivie, à une profondeur de 20 à 30 cm ou plus, par une couche graveleuse à cailloux et pierres de nature assez différente (calcaires, granits, etc.). Sous cette couche (souvent de 10—15 cm) se trouve l'horizon imperméable argilo-graveleux. C'est pourquo, dans ces forêts, le sol en automne, hiver et printemps est d'ordinaire complètement saturé d'eau. Le pH de la rhizosphère (tourbe du bois marécageux) est 6.4.

Ces conditions particulières de l'habitat sont en concordance parfaite avec la végétation qu'on y trouve et qui diffère absolument de la forêt à orme blanc et tilleul, de la forêt mixte à épicéa et de la forêt à épicéa.

Dans cette forêt marécageuse à bouleau et vergne on trouve les associations épiphytes suivantes: Dans la partie inférieure (entre 0.5 m et 2 m d'ordinaire) les troncs des arbres (excepté l'épicéa et le bouleau) sont couverts assez souvent par le stade à *Radula complanata* et *Frullania dilatata*. Plus haut suivent les „associations grises“ — l'association à *Parmelia sulcata* et *P. physodes* et l'assoc. à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri*. Leur composition floristique est la même que dans le bois à

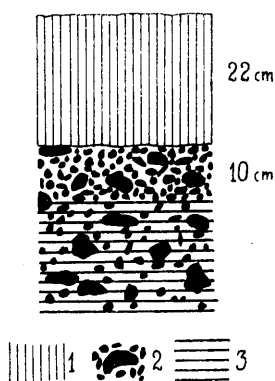


Fig 3. Le sol dans la forêt marécageuse à bouleau et vergne: 1 — tourbe du bois marécageux bien décomposée, subneutre (pH = 6.44); 2 — couche graveleuse contenant des cailloux et pierres (Ca, Si); 3 — couche argileuse.

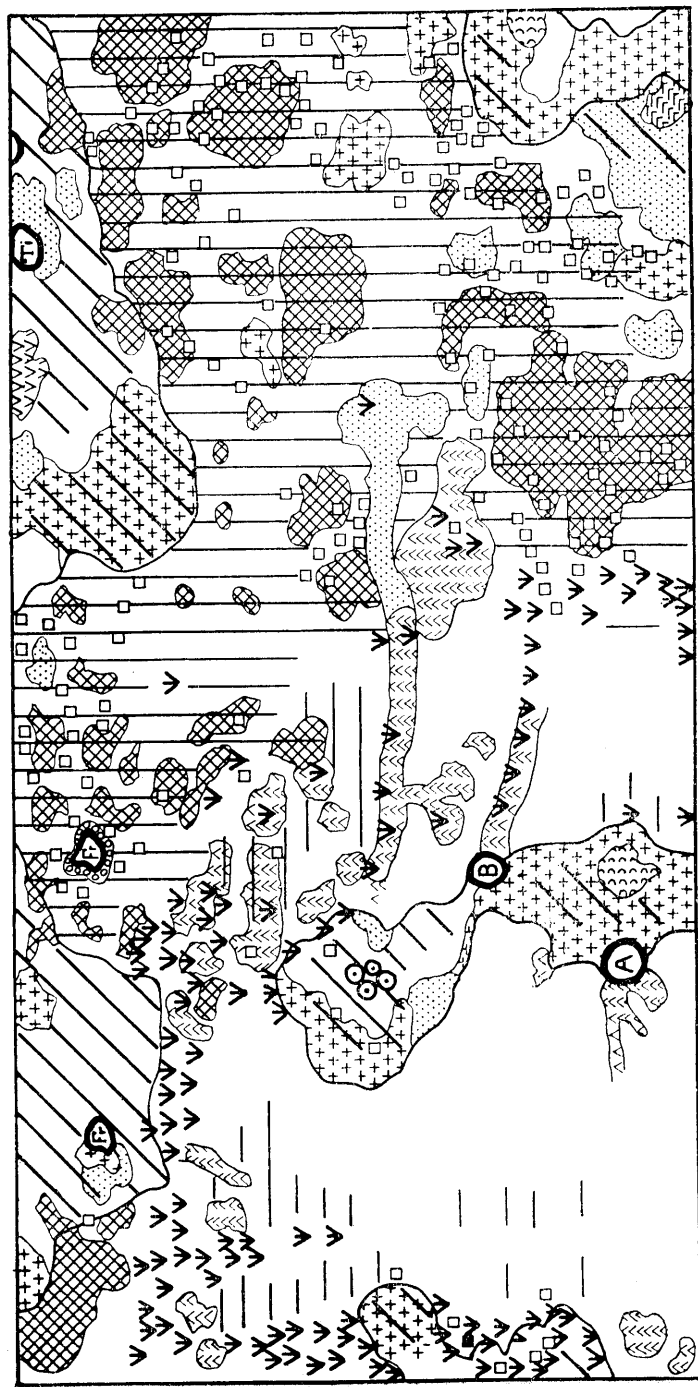
orme blanc et tilleul. Ça et là on trouve sur l'écorce du frêne et du vergne des coussins à *Hypnum cupressiforme*. L'association à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* est également représentée, quoique dans un état fragmentaire. On peut souvent y observer l'envahissement du *Leucodon sciuroides* dans les peuplements à *Radula* et *Frullania*, on trouve des coussins, quoique d'ordinaire petits, à *Neckera complanata* (surtout sur le tremble), de même à *Lobaria pulmonaria*. La base des troncs est occupée par les associations à *Rhytidiadelphus triquetrus* et à *Eurhynchium striatum*. Dans cette dernière, les *Thuidium tamariscifolium* et *T. recognitum* sont fréquents.

Les associations microphanérophytes et nanophanérophytes manquent dans ce bois. Le stade à *Fraxinus excelsior* (cf. p. 54) seul est très commun.

Sur l'île d'Abruka, dans la forêt marécageuse à bouleau et vergne, deux associations hémicryptophytes sont répandues. Pendant des années, l'auteur les a considérées comme une seule association. Les recherches de l'été passé ont pourtant relevé des différences frappantes dans leur écologie. Ces associations sont: (1) l'association à *Carex remota* et (2) l'association à *Carex silvatica* et *Crepis paludosa*.

De ces associations l'assoc. à *Carex remota* est sensiblement plus hygrophile, comme le montre très bien le schéma (fig. 10). Sur ce schéma on voit la *Carex remota* formant une bordure caractéristique autour des dépressions de grandeur très variable, qui, en hiver surtout, sont remplies d'eau (ou de glace) et se dessèchent complètement en été. Ça et là la surface nue noirâtre est recouverte par quelques plantes de marécages (p. ex. *Galium palustre*).

Dans l'Estonie continentale, l'association caractéristique hémicryptophyte des forêts marécageuses à bouleau et vergne est l'association à *Carex loliacea* (*tenella*) et *Crepis paludosa*. Les espèces caractéristiques de cette association sont surtout *Crepis paludosa*, *Carex loliacea* et *C. tenella*. Parmi les espèces constantes nommons en premier lieu *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Ranunculus repens*, etc. *Carex silvatica* n'est pas rare, mais elle est de moindre importance. Dans cette association on trouve encore *Cirsium oleraceum*, *Helleborine latifolia*, *Orchis maculatus*, *Paris quadrifolia*, etc. Or, *Carex tenella* et *C. loliacea* ne surpasant pas en Estonie les limites de l'Estonie continentale et



(A) 1 (B) 2 (C) 3 (D) 4 (E) 5 (F) 6 (G) 7 (H) 8 (I) 9 (J) 10 (K) 11 (L) 12 (M) 13 (N) 14 (O) 15 (P) 16 (Q) 17 (R) 18

Fig. 10. 50 m² dans la forêt marécageuse à bouleau et vergne. 1 — *Alnus glutinosa*, 2 — *Betula pubescens*, 3 — *Tilia cordata*, 4 — *Fraxinus excelsior*. 5 — stade à *Fraxinus excelsior*. 6 — *Corylus avellana*. 7 — assoc. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara* (fragm. dans des dépressions). 8 — assoc. à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium* (fragm.). 9 — facies à *Carex silvatica* de l'assoc. à [*Carex tobiacca* (tenella) et] *Crepis paludosa*. 10 — assoc. à *Carex remota*. 11 — ass. à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenoides*. 12 — assoc. à *Rhytidadelphus triquetrus*. 13 — assoc. à *Acrocladium cuspidatum*. 14 — ass. à *Eurhynchium striatum*. 15 — *Gorgia pellucida*. 16 — *Dicranum scoparium*. 17 — *Isoetes myrium*. 18 — *Plagiochila curvifolia*.

**Le facies à *Carex silvatica* de l'assoc. à [*Carex liliacea* (tenella)
et] *Crepis paludosa*.**

	1	2	3	4
<i>Crepis paludosa</i> Moench.	2.1	3.1—5	1.1—2	3.1—2
<i>Carex silvatica</i> Huds.	3.1—2	3.2—3	2.1	2.1—2
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Max.	2.5	1 ex.	4.5	3.2—3
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.	1 ex.	+1	+1	+1
<i>Geum rivale</i> L.	2.1—2	—	1.1	2.1
<i>Brachypodium silvaticum</i> R. et Sch.	+2	1.1—2	+1	—
<i>Helleborine latifolia</i> Druce	1 ex.	—	1 ex.	—
<i>Orchis maculatus</i> L.	+1	+1	+1	1.1
<i>Listera ovata</i> R. Br.	1 ex.	1 ex.	1 ex.	—
<i>Paris quadrifolia</i> L.	1.1	1.1	1.1	+1
<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	+1	+1	+1	+1
<i>Rubus saxatilis</i> L.	+1	+1	+1	+1
<i>Fragaria vesca</i> L.	+1	+1	+1	—
<i>Majanthemum bifolium</i> F. W. Schm.	1.1	+1	+1	+1
<i>Oxalis acetosella</i> L.	+1—2	—	+1	+1
<i>Viola Riviniana</i> Rehb.	+1	+1	+1	—
<i>Convallaria majalis</i> L.	—	1.1—2	—	—
<i>Angelica silvestris</i> L.	—	—	+1	—
<i>Myosotis* palustris</i> Herm.	+1	—	—	+2
<i>Ranunculus repens</i> L.	—	1.1	—	+1
<i>Carex remota</i> L.	+2	—	—	+2
<i>Equisetum palustre</i> L.	—	—	—	+1
<i>Scrophularia nodosa</i> L.	—	—	—	+1
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	—	+1	+1	—
(<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.)	—	(+1)	(+1)	—
(<i>Hepatica triloba</i> Gil.)	—	(2 ex.)	—	—
(<i>Viola mirabilis</i> L.)	—	(2 ex.)	—	—
(<i>Sanicula europaea</i> L.)	—	(3 ex.)	—	—
(<i>Vicia sepium</i> L.)	—	—	(1 ex.)	—
(<i>Epilobium montanum</i> L.)	—	—	(1 ex.)	—
(<i>Milium effusum</i> L.)	—	—	—	(+1)
(<i>Festuca gigantea</i> Vill.)	—	—	—	(+1)
(<i>Aegopodium podagraria</i> L.)	—	—	—	(+1)
(<i>Veronica chamaedrys</i> L.)	—	—	—	(1 ex.)
(<i>Asperula odorata</i> L.)	—	—	—	(2 ex.)
(<i>Deschampsia caespitosa</i> P. Beauv.)	—	1 ex.	(2 ex.)	—
<i>(Fraxinus excelsior</i> L.)	2.1—2	1.1+2	1.1	2.1
(<i>Sorbus aucuparia</i> L.)	+1	—	+1	+1
(<i>Viburnum opulus</i> L.)	—	+1	+1	—
(<i>Populus tremula</i> L.)	—	—	+1	—

Remarques: Dans ces analyses, les aires-échantillons sont de 20 m². Anal. 1. Dans la partie nord du bois. A la base des troncs et autour de ces bases les associations à *Rhytidiadelphus triquetrus* et à *Eurhynchium striatum* sont très ordinaires. Dans l'association à *Eurhynchium striatum* *Thuidium recognitum* et *T. tamariscifolium* se trouvent. A peu près $\frac{3}{4}$ de l'aire-échantillon sont couverts, sous l'association hémicryptophyte, par un tapis muscinal où domine l'assoc. à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenoides*. Anal. 2. Dans la même partie du bois que l'anal. 1. La distance entre les endroits analysés est de 100 m environ. Les associations à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Eurhynchium striatum* se trouvent seulement sur les petites élévations du sol (pierres, racines des arbres, etc.), 80 p. c. de la surface examinée sont

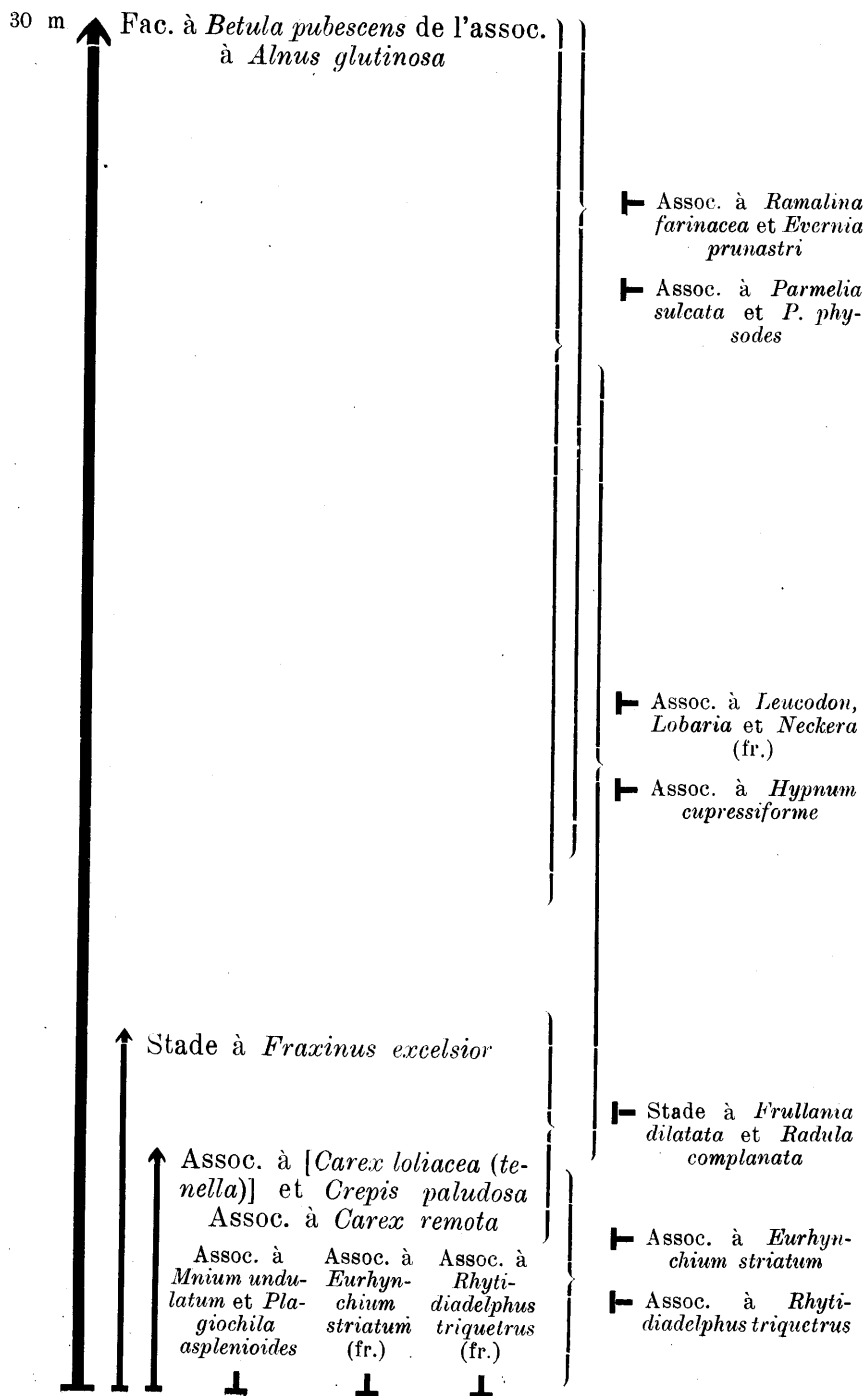
couverts dans la strate muscinale par l'association à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenioides*. Anal. 3. Dans la partie nord-ouest du bois. L'âge de la strate arborescente ne dépasse pas 50 années. L'espèce dominante est le bouleau (*Betula pubescens*). Les espèces accompagnantes sont : le tremble, le frêne, le vergne. Sur la surface analysée — des fragments des assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus* et à *Acrocladium cuspidatum*. L'association muscinale dominante est l'ass. à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenioides* (couvre 50 p. c.). Anal. 4. L'âge de la strate arborescente ne dépasse pas 40 années. L'assoc. à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenioides* couvre 25 p. c. de l'aire-échantillon. Dans les analyses 3 et 4 la strate arborescente n'est pas encore parvenue à un état d'équilibre avec les conditions de l'habitat. Néanmoins, l'association hémicryptophyte est déjà complète. Seulement le recouvrement de la *Filipendula ulmaria* est plus grand que dans la végétation en équilibre.

manquant par conséquent complètement en Estonie insulaire, cette association prend sur l'île d'Abruka une composition particulière : *Carex remota* et *Carex tenella* sont ici remplacées par *Carex silvatica*. „Le facteur de la situation insulaire“ se manifeste ici de nouveau avec une clarté surprenante et forme un facies nouveau d'une association bien répandue (cf. p. 28 et p. 50).

Le facies à *Carex silvatica* est un groupement ombrophile. Pour son développement normal, l'ombre de la strate arborescente est indispensable. Les autres facteurs essentiels sont 1^o le niveau aquifère élevé, 2^o l'humus subneutre (pH = 6.4 envir.) bien décomposé. Ce dernier facteur rend les parties du sol un peu élevées assez favorables pour les espèces du facies à *Asperula odorata* de l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*). Ainsi la pénétration des espèces de ce facies dans le facies à *Carex silvatica* se comprend bien. L'association à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium*, surtout le facies à *Rubus saxatilis*, fournit de même assez souvent des intrus (tableau p. 51).

Bien que l'association à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenioides* se trouve quelquefois sous l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*), l'habitat optimal de cette association est certainement la forêt marécageuse. C'est une association ombrophile et hygrophile. Par endroits *Fissidens adianthoides* est fréquent dans la dite association.

La distribution des associations de la forêt marécageuse à bouleau et vergne est indiquée dans le schéma p. 59. Quoique cette forêt soit très différente de la forêt mésophile à orme blanc et tilleul (le schéma p. 33), les associations épiphytes de ces forêts sont les mêmes.



Assoc. à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenioides*.

	1	2	3	4	5	6
<i>Mnium undulatum</i> (L.) Weis.	3.2—3	2.2	4.1—3	3.1—3	3.1—3	4.2—3
<i>Plagiochila asplenioides</i> Dum.	+2	+2	+1	+1	+1	+1
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	+2	+2	+2	+2	—	+1
<i>Thuidium tamariscifolium</i> Lindb.	2.1—2	—	1.1—2	2.1—2	1.2	1.1—2
<i>Cirriphyllum piliferum</i> Grout	—	+2	1.1	1.1	1.1	1.1—2
<i>Mnium affine</i> Bland.	2.2	1.2	1.1—2	—	—	—
<i>Mnium punctatum</i> Hedw.	+1—2	—	—	—	—	—
<i>Mnium medium</i> Bryol. eur.	—	—	+1	—	—	—
<i>Chiloscyphus pallescens</i> (Ehrh.) Dum.	+2	—	—	—	—	+1
<i>Eurhynchium praelongum</i> cf.	—	—	—	+2	+2	—
<i>Brachythecium Mildeanum</i> Schimp.	—	—	—	+2	+2	+2
<i>Brachythecium rutabulum</i> Br. eur.	—	—	—	—	+2	—
<i>Brachythecium</i> sp.	—	1.2	—	—	+2	+2
<i>Campyllum hispidulum</i> (Brid.) Lindb.	—	+2	—	—	—	—
<i>(Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.)	—	—	(+1)	(+1)	(+1)	—
<i>(Acrocladium cuspidatum</i> Lindb.)	—	—	(+1—2)	(+1)	—	(+1)
<i>(Calliergon cordifolium</i> Kindb.)	—	—	(+1—2)	—	(+1)	—

Remarques: Les anal. 1 à 5 sont exécutées dans des parties diverses du bois du nord-ouest, l'anal. 6 — dans le bois du nord-est. Les aires-échantillons de 4 m². La strate herbacée dans toutes les analyses bien développée (faciès à *Carex silvatica*), de même la strate arborescente (assoc. à *Betula*, *Fraxinus* et *Alnus*).

L'association à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* est seulement devenue très fragmentaire; celle à *Anomodon* et *Neckera* manque d'ordinaire complètement. L'autonomie des associations unistrates résulte clairement d'une comparaison de ces schémas.

Le renouvellement du bois marécageux à bouleau et vergne se produit assez rapidement, même dans le cas d'exploitation à blanc. Bien sûr, pendant les premières années qui suivent le déboisement, nombre d'espèces caractéristiques périssent; d'autres, comme p. ex. *Cirsium oleraceum*, se développent avec une vigueur extraordinaire.

Sur une clairière dont on avait abattu les arbres dans les années 1922 et 1923 (dans la partie sud-ouest du bois) et où, jugeant d'après les souches, la composition de la forêt était dans la strate arborescente *Betula pubescens* 3. 1, *Alnus glutinosa* 2.1—2, *Picea excelsa* 1.1, *Fraxinus excelsior* +1, et où jadis régnait sans doute dans le sous-bois une mosaïque des associations à *Carex remota* et à *Carex silvatica* et *Crepis paludosa*, la composition de la strate herbacée sur une surface de 100 m² était la suivante, en été 1931: *Cirsium palustre* (3.1—2), *Carex remota* (3.2—3), *Cirsium oleraceum* (2.1—2), *Carex silvatica* (1.2), *Carex diversicolor* (1.2), *Epilobium palustre* (1.1—2), *Cirsium arvense* (1.1), *Senecio silvaticus* (1.1), *Ranunculus repens*, *Galium palustre*, *Scrophularia nodosa*, *Carex digitata*, *Oxalis acetosella* (surtout sur le côté nord des souches!), *Poa trivialis*, *Ranunculus acer*, *Luzula multiflora*, *Sesleria coerulea*, *Festuca pra-*

tensis, *Cerastium caespitosum*, *Luzula pilosa*, *Calamagrostis lanceolata*, *Epilobium parviflorum*, *Juncus lamprocarpus*, *Typha latifolia*, *Eupatorium cannabinum*, *Agrostis alba*, *Rubus idaeus*, *Lycopus europaeus*, *Anthoxanthum odoratum*, *Cirsium lanceolatum*, *Equisetum palustre*, *Epilobium hirsutum*, *Mentha arvensis*, *Melica nutans*, *Carex pallescens*, *Fragaria vesca*, *Carex Pairaei*, *C. flava*, *Potentilla erecta*, *Brunella vulgaris*, *Leontodon autumnalis*, *Carex leporina*, *Juncus effusus*, *Plantago major* (1 exempl.!). Des jeunes plantules de *Betula pubescens*, *Fraxinus excelsior*, *Sorbus aucuparia*, *Salix nigricans* et *Virburnum opulus* étaient présentes.

Ce stade de reconstitution est caractérisé par (1) le nombre considérable des espèces qui y participent et dont la plupart est tout à fait étrangère au sol forestier, et (2) par le développement luxuriant de certaines espèces de bois marécageux, surtout des composés (*Cirsium oleraceum*, *C. palustre*, *Crepis paludosa*). Pendant ce stade les conditions pour l'association à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenioides* sont défavorables. Cette association ombrophile et hygrophile ne supporte pas le coupage à blanc et périt dans les premières années après celui-ci. Tout de même, un nombre restreint d'individus des espèces de l'association en question persistent. Sur une surface de 100 m², on a trouvé les espèces suivantes: *Mnium undulatum*, *M. cuspidatum*, *M. medium*, *M. punctatum*, *Campylium protensum*, *Thuidium tamariscifolium*, *T. recognitum*. Les autres espèces trouvées sont: *Bryum bimum*, *B. cirratum*, *Marchantia polymorpha*, *Ceratodon purpureus*, *Brachythecium salebrosum*, *Polytrichum strictum*, *P. juniperinum*, *Cladonia fimbriata*, *Plagiothecium curvifolium*, *P. denticulatum*, *Isopterygium repens*, *Aulacomnium androgynum*, *Dicranum majus*, *D. scoparium*, *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium proliferum*, *Hypnum cupressiforme*. Ces dernières se trouvaient sur les souches, sur les pierres basses, etc.

Ce stade riche en espèces est suivi par un autre, caractérisé dans la strate herbacée en premier lieu par la prédominance de la *Calamagrostis lanceolata*. La strate arborescente est formée alors par le stade à *Betula pubescens*.

Une analyse de ce stade fut exécutée dans les parties nord-est et sud-est du bois, où l'âge de ce stade était de 20 à 24 années. La hauteur de la strate arborescente s'élevait déjà à 10 m. La régénération s'accomplit en partie par les rejets des souches et des racines, en partie au moyen des graines. La composition floristique ordinaire est: *Betula pubescens* (5.5), *Alnus glutinosa* (+1), *Picea excelsa* (+1). Sur une surface de 400 m² le nombre des troncs est de 300—500. Il en résulte que dans le stade à *Calamagrostis lanceolata*, qui se trouve sous la protection de cette strate arborescente, l'intensité du jour est sensiblement diminuée.

Stade à *Calamagrostis lanceolata*.

	1	2
<i>Calamagrostis lanceolata</i> Roth.	3.1—3	5.5
<i>Carex silvatica</i> Huds.	2.2	+1
<i>Crepis paludosa</i> Moench	1.1	+1
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Max.	2.1	—
<i>Cirsium palustre</i> (L.) Scop.	+1	—
<i>Helleborine latifolia</i> Druce	+1	—
<i>Paris quadrifolia</i> L.	+1	+1
<i>Orchis maculatus</i> L.	—	+1
<i>Listera ovata</i> R. Br.	—	1 ex.
<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	1.1	+1
<i>Rubus saxatilis</i> L.	—	+1
<i>Fragaria vesca</i> L.	1.1	—
<i>Mayanthemum bifolium</i> F. W. Schm.	+1	+1
<i>Oxalis acetosella</i> L.	+1—2	—
<i>Viola Riviniana</i> Rehb.	+1	—
<i>Ranunculus repens</i> L.	+1	—
<i>Carex remota</i> L.	1.2	1.2
<i>Myosotis *palustris</i> Herm.	+2	—
<i>Geum rivale</i> L.	—	+1
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	+1	+1
<i>Scrophularia nodosa</i> L.	+1—2	2 ex.
<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.	—	1 ex.
(<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.)	(1 ex.)	—
(<i>Hepatica triloba</i> Gil.)	(5 ex.)	—
(<i>Vicia sepium</i> L.)	(+1)	—
(<i>Aegopodium podagraria</i> L.)	—	(+1)
(<i>Poa nemoralis</i> L.)	(+1)	(+1)
(<i>Aspidium filix mas</i> (L.) Sw.)	(+2)	—
(<i>Melampyrum pratense</i> L.)	(+1)	—
(<i>Melica nutans</i> L.)	(1.1)	—
(<i>Dentaria bulbifera</i> L.)	(1 ex.)	—

Ces relevés contenaient en outre : *Poa palustris*, *Aspidium* euspinulosum*, *Valeriana officinalis*, *Calamagrostis epigeios*, *Veronica officinalis*, *Urtica dioeca*, *Ranunculus acer*, *Brunella vulgaris*, *Epilobium parviflorum*, *Dactylis glomerata*, *Caltha palustris*, *Potentilla erecta*, *Lysimachia vulgaris*, *Carex pallens*, *Deschampsia caespitosa*. Aires-échantillons : 1 = 100 m², 2 = 20 m².

Remarques : Anal. 1. Dans la partie nord-est du bois. Le stade à *Betula pubescens* bien développé (de l'âge de 24 années). Anal. 2. Dans la partie sud-est du bois. Le stade à *Betula pubescens* assez dense (de l'âge de 20 années).

Une comparaison des données de ce tableau avec les résultats des analyses du stade précédent (p. 60) et du facies à *Carex silvatica* (p. 57) montre clairement que, dans la régénération de l'association hémicryptophyte étudiée, *Calamagrostis lanceolata* joue un rôle important en ce qui concerne le délogement des espèces accidentelles pénétrées par suite du coupage à blanc. Dans ce stade, les espèces du facies à *Carex silvatica* ne tiennent pas beaucoup de place. Peu à peu, avec l'augmentation de l'ombrage

de la strate arborescente, les conditions de vie deviennent de plus en plus défavorables pour la *Calamagrostis lanceolata*. Cette espèce devient végétative, puis elle disparaît souvent complètement, ou bien elle se maintient par individus isolés. Comme ces analyses le prouvent, déjà après 20—25 années la régénération de l'association hémicryptophyte est presque complète, seulement c'est une espèce étrangère à cette association qui figure comme espèce dominante: *Calamagrostis lanceolata*. Après un demi-siècle, la régénération est achevée.

Pour le développement de l'association à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenoides* le stade à *Calamagrostis lanceolata* est peu favorable. Avec la raréfaction naturelle des peuplements à *Calamagrostis*, cette association s'installe pour devenir peu à peu l'association dominante de la forêt marécageuse à bouleau et vergne. Sous la strate herbacée dans l'analyse 1 (p. 62), l'association à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenoides* est déjà assez bien développée. Voici le résultat obtenu:

<i>Mnium undulatum</i> (L.) Weis. . . .	3.2—3
<i>Plagiochila asplenoides</i> Dum. . . .	+1
<i>Thuidium tamariscifolium</i> Lindb. . .	2.2
<i>Cirriphyllum piliferum</i> Grout . . .	+2
<i>Brachythecium rutabulum</i> Bryol. eur.	+2
<i>Mnium cuspidatum</i> Leyss.	+1—2
<i>Dicranum majus</i> Turn.	1.2

4. La forêt marécageuse à vergne.

Une forêt bien particulière sur l'île d'Abruka est représentée par la forêt marécageuse à *Alnus glutinosa*. On la trouve dans le bois entier, dans les dépressions où, en hiver, en automne et en printemps, le niveau aquifère est au-dessus du sol. Les arbres, souvent associés par groupes de 2 à 5, se trouvent sur des buttes de grandeur variable s'élevant jusqu'à 1 et 1,5 m. Ces buttes sont formées par les parties basses des troncs et des racines d'un certain nombre de générations de vergne plus ou moins décomposées. Les mousses (surtout le *Mnium hornum*) prennent aussi part à leur formation. Entre les buttes, les dépressions sont souvent remplies d'eau et rendent ces forêts presque impraticables. En été ces dépressions se dessèchent d'ordinaire et se présentent comme des terrains au sol tourbeux noirâtre et plat, par endroits sans aucune végétation, ou à la végé-

tation ombrophile des forêts marécageuses. Le profil caractéristique de ces forêts se voit dans la figure.

C'est surtout dans la partie nord-ouest du bois qu'on trouve une haute futaie de ce caractère.

Les conditions pédologiques sont assez compliquées. Elles diffèrent sensiblement sur les buttes et dans les dépressions. Sur les buttes, l'humus tourbeux relativement peu décomposé est d'une réaction acide prononcée (le $\text{pH} = 3,4 - 4,0$). Le niveau

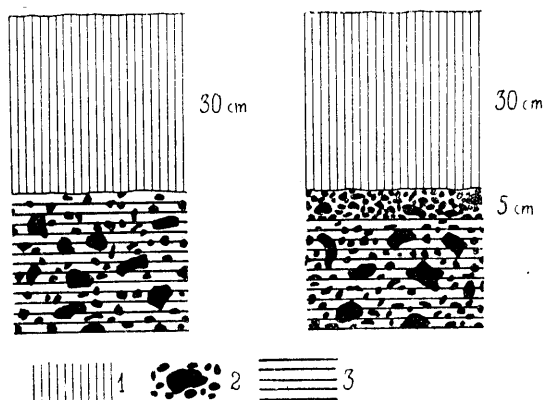


Fig. 11. Le sol dans la forêt marécageuse à vergne: 1 — tourbe du bois marécageux bien décomposée, subneutre ($\text{pH} = 6,4$); 2 — couche graveleuse contenant des cailloux et pierres (Ca, Si); 3 — couche argileuse.

aquifère s'y trouve souvent à une profondeur d'un mètre environ, vu que la couche imperméable est à une profondeur qui quelquefois dépasse 1,5 m — 2 m. Il en est autrement dans les dépressions. Ici la couche supérieure, souvent saturée d'eau et bien humide même en été, se compose d'un humus tourbeux bien décomposé, beaucoup plus foncé et d'une réaction subneutre ($\text{pH} = 6,4$). Immédiatement sous cette couche, à une profondeur de 30 cm environ, suit ordinairement sans aucune transition visible le sous-sol imperméable de nature argilo-graveleuse, riche en calcaire (fig. 11).

Revenons maintenant au profil caractéristique du bois en question. Quels sont les facteurs qui l'ont produit? Notons tout d'abord que dans le bois de l'île d'Abruka les fossés manquent complètement. Or, la formation des buttes n'est-elle pas un résultat indirect de l'activité de l'homme, comme on l'a déjà supposé parfois.

Comme le montrent les recherches sur l'île d'Abruka et ailleurs en Estonie, la formation des buttes des forêts marécageuses peut se produire de façon assez différente :

1°. Un certain nombre de ces buttes (leur nombre est assez grand) s'est formé sur des pierres recouvrant le fond de la lagune qui a donné naissance à la forêt marécageuse étudiée. Dans les buttes de cette origine, le „coeur“ de pierre constitue la preuve évidente de leur origine.

2°. Le sol tourbeux de ces forêts donnant un support comparativement faible aux espèces arborescentes à racines superficielles, les arbres sont assez souvent arrachés avec leurs racines pendant des tempêtes. La partie basale du tronc et les racines des arbres renversés se couvrent peu à peu de mousses et donnent naissance à une butte nouvelle. Simultanément une dépression s'est formée à l'endroit où poussait l'arbre avant sa chute. Surtout là où l'épaisseur de la couche à tourbe du bois marécageux est de 2 à 3 m, comme p. ex. dans des bois vastes de ce caractère au nord-est et sud-ouest de l'Estonie, c'est la cause presque unique provoquant la formation des buttes et des dépressions.

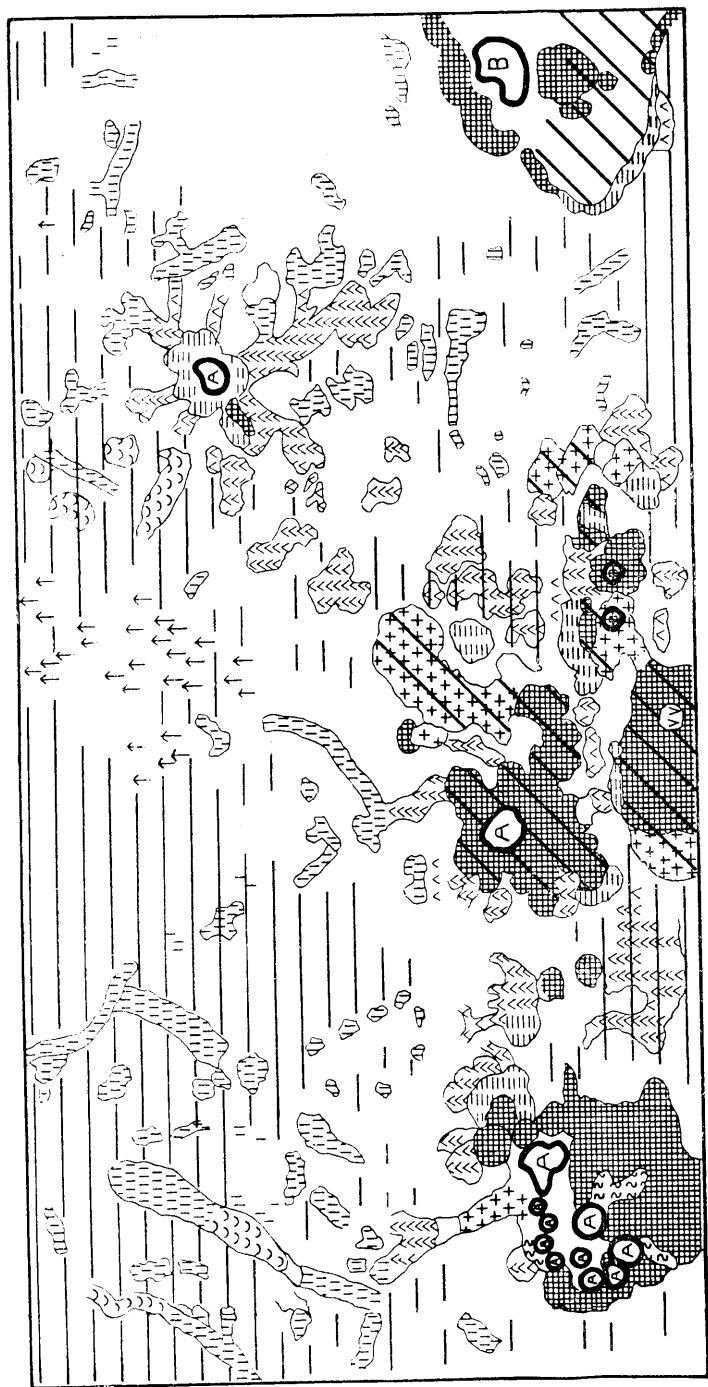
L'association mésophanérophyte de ces bois est l'association à *Alnus glutinosa* (cf. p. 63).

La composition floristique de cette association ressort des analyses suivantes :

	1	2
<i>Alnus glutinosa</i> Gaertn.	4.2	4.2
<i>Betula pubescens</i> Ehrh.	3.1	2.1
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	1.1	—
<i>Picea excelsa</i> (Lam.) Link	+1	—
(<i>Quercus robur</i> L.)	(+1)	—

Remarques : Les anal. 1 et 2 sont exécutées dans la partie nord-ouest du bois. La strate arbustive manque presque (des *Prunus padus* et *Picea excelsa* isolées dans l'analyse 1). Les aires-échantillons sont de 400 m².

Les associations épiphytes de la forêt marécageuse à vergne diffèrent assez profondément des associations épiphytes des autres forêts analysées dans cette étude. Le stade à *Frullania dilatata* et *Radula complanata* y est d'importance médiocre, parce qu'il se développe seulement sur l'écorce des troncs du frêne ; c'est-à-dire sur un arbre qui n'est pas particulièrement fréquent dans ces bois. Sur le frêne on trouve aussi les associations à



A1 B2 C3 D4 / 5 ↑↑6 7 8 9 10 11 12 13 14

Fig. 12. 50 m² dans la forêt marécageuse à vergne. 1 — *Alnus glutinosa*, 2 — *Betula pubescens*, 3 — *Betula pubescens* morte. 4 — assoc. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara*. 5 — assoc. à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium* (fragm.). 6 — *Iris pseudacorus*. 7 — stade à *Mnium hornum*. 8 — assoc. à *Amblystegium riparium*. 9 — assoc. à *Acrocladium cuspidatum*. 10 — assoc. à *Drepanocladus aduncus*. 11 — assoc. à *Rhytidadelphus triquetrus* et *Hylacomium proliferum*. 12 — *Brachythecium rutabulum*. 13 — *Hypnum cupressiforme*. 14 — *Dicranum majus*.

Parmelia sulcata et *Parmelia physodes* et à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri*. On y constate de même des „associations grises“, à partir d'une certaine hauteur, sur les troncs des bouleaux et des vergnes; pourtant ici elles sont plus pauvres en espèces.

	1 <i>Betula</i> <i>pubesc.</i>	2 <i>Betula</i> <i>pubesc.</i>	3 <i>Alnus</i> <i>glut.</i>
<i>Parmelia sulcata</i> Taylor	2.2	1.2	3.2—3
<i>Parmelia physodes</i> (L.) Ach.	3.2—3	3.2—3	+2
<i>Parmelia subaurifera</i> Nyl.	+2	1.2	+2
<i>Cetraria glauca</i> (L.) Ach.	+2	—	—

Remarque: Aires-échantillons d'1 m².

	1 <i>Betula</i> <i>pubesc.</i>	2 <i>Alnus</i> <i>glut.</i>
<i>Ramalina farinacea</i> (L.) Fr.	+2	+2
<i>Evernia prunastri</i> (L.) Ach.	3.2	3.2
<i>Alectoria implexa</i> (Hoffm.) Nyl.	+1	—
<i>Usnea</i> sp.	1.2	—

Remarque: Aires-échantillons d'1 m².

Sur des troncs du vergne plus ou moins recourbés, on trouve assez souvent, sur le côté des courbures, des peuplements à *Hypnum cupressiforme*. A la base des troncs les coussins de *Rhytidiadelphus triquetrus* et d'*Eurhynchium striatum* sont fréquents par endroits. Sur les bouleaux le *Ptilidium pulcherrimum* est commun. L'espèce la plus importante sur la surface des buttes est incontestablement le *Mnium hornum*.

Les associations micro- et nanophanérophytes manquent complètement dans le bois marécageux à vergne.

En concordance parfaite avec la structure de l'habitat (cf. p. 63—65), deux associations hémicryptophytes-cryptophytes de composition floristique très différente forment le sous-bois de cette forêt. Sur les buttes à humus acide et peu décomposé, sont cantonnés l'association à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium*, de même que le facies de cette association à *Rubus saxatilis*. Assez souvent une seule butte représente l'association nommée dans un état fragmentaire. Une sommation des buttes permet pourtant d'obtenir des surfaces suffisantes (à 20 m²) pour une analyse complète. Voici les résultats de ces analyses:

**Le facies à *Rubus saxatilis* de l'assoc. à (*Vaccinium myrtillus*
et) *Majanthemum bifolium*.**

	1	2	3	4	5	6	7
<i>Majanth. bifolium</i> F.W. Schm.	2.1	1.1	1.1	3.5	2.5	1.1	3.5
<i>Rubus saxatilis</i> L.	2.1-2	2.2	2.1-3	+1	—	3.2-3	—
<i>Aspid.* dilatatum</i> Hoffm.	4.2-3	3.2	+2	3.2-3	—	—	—
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	1.1	+1	+1	+1	2.1-2	+1	1.1
<i>Oxalis acetosella</i> L.	1.1-2	2.2-3	+2	+1	2.5	+1	—
<i>Carex digitata</i> L.	1.1	+1	+1	1.1	—	—	+1
<i>Trientalis europaea</i> L. . . .	2.1	1.1-2	1.1	2.1	1.1	1.1	2.1-2
<i>Aspid.* euspinulosum</i> Asch.	+1	+1	+1-2	+2	1.2	+2	—
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	+1	+1	+1	—	—	—	—
<i>Equisetum pratense</i> Ehrh.	+1	+1	—	—	—	—	—
<i>Paris quadrifolia</i> L.	—	+1	+1	+1	—	—	—
<i>Anemone nemorosa</i> L.	—	+1	+1	—	+1	—	—
<i>Athyrium fil. fem.</i> (L.) Roth	—	+2	—	+2	—	—	—
<i>Convallaria majalis</i> L. . . .	—	—	+1	—	—	—	—
<i>Solidago virgaurea</i> L.	—	—	+1	+1	—	—	—
<i>Ranunculus acris</i> L.	—	—	+1	—	+2	—	—
<i>Moehring. trinervia</i> Clairv.	—	—	—	—	1 ex.	—	—
<i>Melampyrum pratense</i> L. . . .	—	—	—	—	—	+1	—
<i>Melampyrum silvaticum</i> L.	—	—	—	—	—	+2	+1
<i>Deschampsia flexuosa</i> Trin.	—	—	—	—	—	—	3.5
<i>(Sorbus aucuparia</i> L.)	+1	—	+1	+1	+1	+1	+1
<i>(Fraxinus excelsior</i> L.)	1.1	1.1	+1	+1	—	—	—
<i>(Acer platanoides</i> L.)	+1	+1	+1	+1	—	—	—
<i>(Populus tremula</i> L.)	+1	+1	—	+1	—	—	+1
<i>(Picea excelsa</i> (Lam.) Link)	+1	+1	—	+1	—	—	—

Remarques: Les analyses 1 à 5 dans la partie nord-ouest du bois, les anal. 6 et 7 dans la partie nord-est. Anal. 1 et 2. Le sol est couvert surtout par l'association muscinale à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum*. Anal. 3: La strate muscinale manque complètement. Anal. 4: La strate muscinale très fragmentaire. Seule l'assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum* y est représentée. Anal. 5: La végétation n'est pas mûre. Outre les espèces données dans le tableau: *Orchis maculatus*, *Calamagrostis lanceolata*, *C. epigeios* (1.1). La strate muscinale très peu développée. On ne trouve sur le sol que *Rhytidiadelphus triquetrus*, sur les souches en décomposition: *Hylocomium proliferum*, *Dicranum scoparium*, *Pleurozium Schreberi*, *Mnium hornum*, *Pohlia nutans*, *Lepidozia reptans*, *Georgia pellucida*. Anal. 6: Outre les espèces données dans le tableau: *Calamagrostis lanceolata*, *Fragaria vesca*, *Deschampsia caespitosa*, *Potentilla erecta*. Dans la strate muscinale, très pauvre: *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Eurhynchium striatum*. Anal. 7: L'état d'équilibre n'est pas encore établi (de même que dans l'analyse 6). Depuis l'exploitation à blanc, 30 années ont passé. Dans la strate muscinale il y a un peu de *Pleurozium Schreberi* et de *Hylocomium proliferum*.

Les analyses 5, 6 et 7 du tableau (p. 68) proviennent des bois jeunes où l'équilibre entre la végétation et l'habitat n'est pas encore établi. En conséquence, *Aspidium* dilatatum* — une espèce des forêts marécageuses mûres — manque dans ces relevés. On

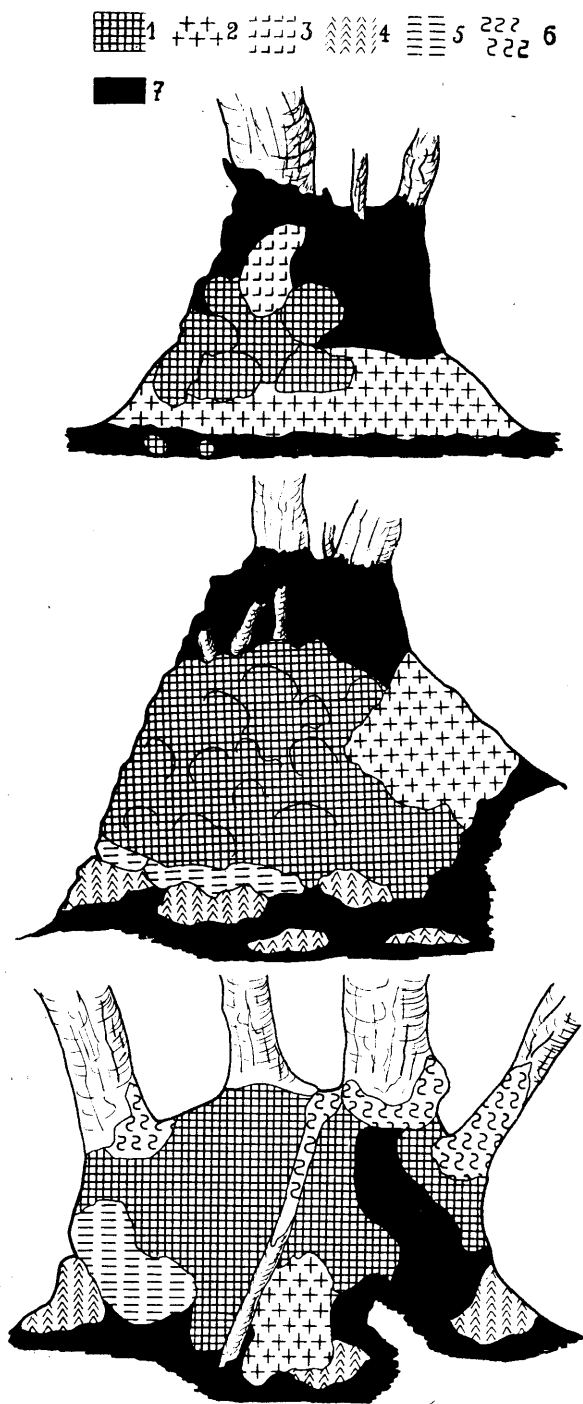


Fig. 13. La végétation des buttes de la forêt marécageuse à vergne. 1 — *Mnium hornum*. 2 — *Rhytidiadelphus triquetrus*. 3 — *Pleurozium Schreberi*. 4 — *Acrocladium cuspidatum*. 5 — *Plagiochila asplenoides*. 6 — *Hypnum cupressiforme*. 7 — tourbe nue sans mousses.

y trouve par contre beaucoup de *Deschampsia flexuosa* à vitalité complète. Dans le facies à *Rubus saxatilis* il y a beaucoup d'espèces à humus acide. Des espèces plus ou moins exigeantes, comme *Oxalis acetosella*, *Anemone ranunculoides*, etc., s'associent à celles-ci.

En concordance avec les propriétés du sol, les associations muscinales des buttes sont assez pauvres en espèces. L'association la plus importante est celle à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum*. Les analyses exécutées dans la partie nord-ouest du bois (aires-échantillons de 4 m²) nous ont donné le résultat suivant:

	1	2	3
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.	4.5	4.5	5.5
<i>Hylocomium proliferum</i> Lindb.	3.1—2	2.2	1.1—2

Le stade à *Mnium hornum* est d'une importance très grande sur les buttes. Voici la composition floristique de ce stade:

	1	2
<i>Mnium hornum</i> L.	5.5	5.5
<i>Plagiochila asplenioides</i> Dum.	1.1—2	+1
<i>Climacium dendroides</i> Web. et Mohr	+1—2	—
<i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Warnst.	—	+2
<i>Aulacomnium androgynum</i> Schwaegr.	—	+2

Ce stade se trouve à un niveau où l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum* est d'une vitalité excellente. Le *Mnium hornum* s'étend sur les buttes surtout pendant le renouvellement de la végétation. Peu à peu ce terrain est conquis par l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum*, sauf sur les côtés abrupts des buttes, où le *Mnium hornum* se maintient longtemps. Dans la partie basale des buttes on peut souvent distinguer un horizon assez marqué où domine la *Plagiochila asplenioides*. Encore plus bas se trouve l'association hygro- et hydrophile à *Acrocladium cuspidatum*. Celle-ci appartient cependant déjà à la végétation des dépressions humides.

L'association ombrophile de la strate herbacée de ces dépressions est l'assoc. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara* et le facies de cette association à *Aspidium thelypteris*.

Comme le montre clairement le tableau p. 71, l'association à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara* est assez pauvre en espèces. L'habitat de cette association étant tout à fait particulier (la tourbe des bois marécageux pH = 6.4; les inondations

Assoc. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara*.

<i>Galium palustre</i> L.					
f. <i>elongatum</i> (Presl.) Beck.	5.5	4.5	4.5	2.3	3.2—3
<i>Solanum dulcamara</i> L.	+1	+1	1.1	+1	+1
<i>Aspidium thelypteris</i> (L.) Sw. . .	—	—	3.1—5	4.5	5.5
<i>Ranunculus repens</i> L.	+1	1.1	+1	+1	+1
<i>Mentha arvensis</i> L.					
var. <i>cuneifolia</i> L. et C. ¹⁾ . . .	2.2—3	2.2—3	2.1—3	3.1—3	—
<i>Scutellaria galericulata</i> L. . . .	2.1—2	2.1—3	2.1—3	2.1—2	—
<i>Caltha palustris</i> L.	1 ex.	+1	+1	—	—
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	—	—	2.1—3	1.2	—
<i>Iris pseudacorus</i> L.	—	—	+2	+1	—
<i>Lycopus europaeus</i> L.	+1	—	—	—	—
(<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Maxim.)	(+1)	—	—	—	—

Remarques: Toutes ces analyses proviennent de la partie nord-ouest du bois, la distance entre les aires échantillons étant de 50 à 100 m. La futaie de 30 m de hauteur est bien développée et se compose surtout de la vergne.

pendant les périodes pluvieuses et l'eau persistant quelquefois pendant des années; le dessèchement complet de la surface du sol pendant les étés favorables; l'ombre souvent profonde), la sélection y est très rigoureuse. Il y a sur l'île peu d'espèces de plus pouvant vivre dans cet habitat (*Alisma plantago aquatica*, *Stachys palustris*). Les plantes aquatiques ne peuvent pas y exister longtemps, parce qu'elles y sont tuées inévitablement dans les périodes sèches de juin, juillet et août, où le sol devient ferme et se dessèche souvent de telle sorte que même en marchant on n'aperçoit aucune trace d'humidité. La plupart des espèces de cette association forment souvent des taches presque pures plus ou moins étendues (surtout *Galium palustre*, *Mentha aquatica*, *Aspidium thelypteris*). Assez souvent on y voit, parmi les taches d'espèces de l'association à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara*, la surface nue noirâtre de la tourbe sans végétation.

Trois associations muscinales existent dans les dépressions des bois marécageux à vergne, savoir: l'assoc. à *Acrocladium cuspidatum*, l'assoc. à *Amblystegium riparium* et l'assoc. à *Drepanocladus aduncus*. Ces associations y sont nommées dans l'ordre de l'hygrophilie croissante. Toutes les trois sont des associations à une espèce. Elles se maintiennent sur leurs habitats sans changement, car sur l'île d'Abruka il n'existe pas d'espèces pouvant les en chasser. Dans l'association à *Acrocladium cuspidatum*

¹⁾ Det. M. A. Topitz.

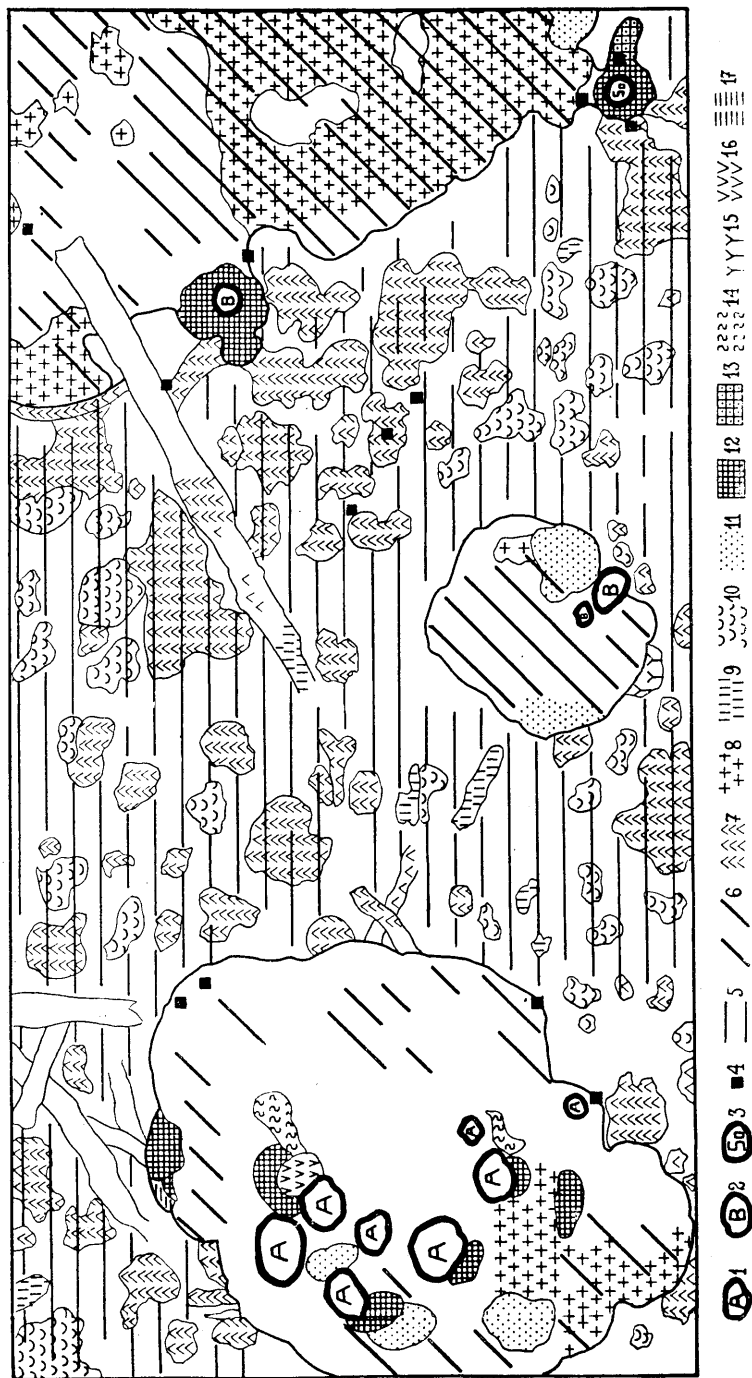
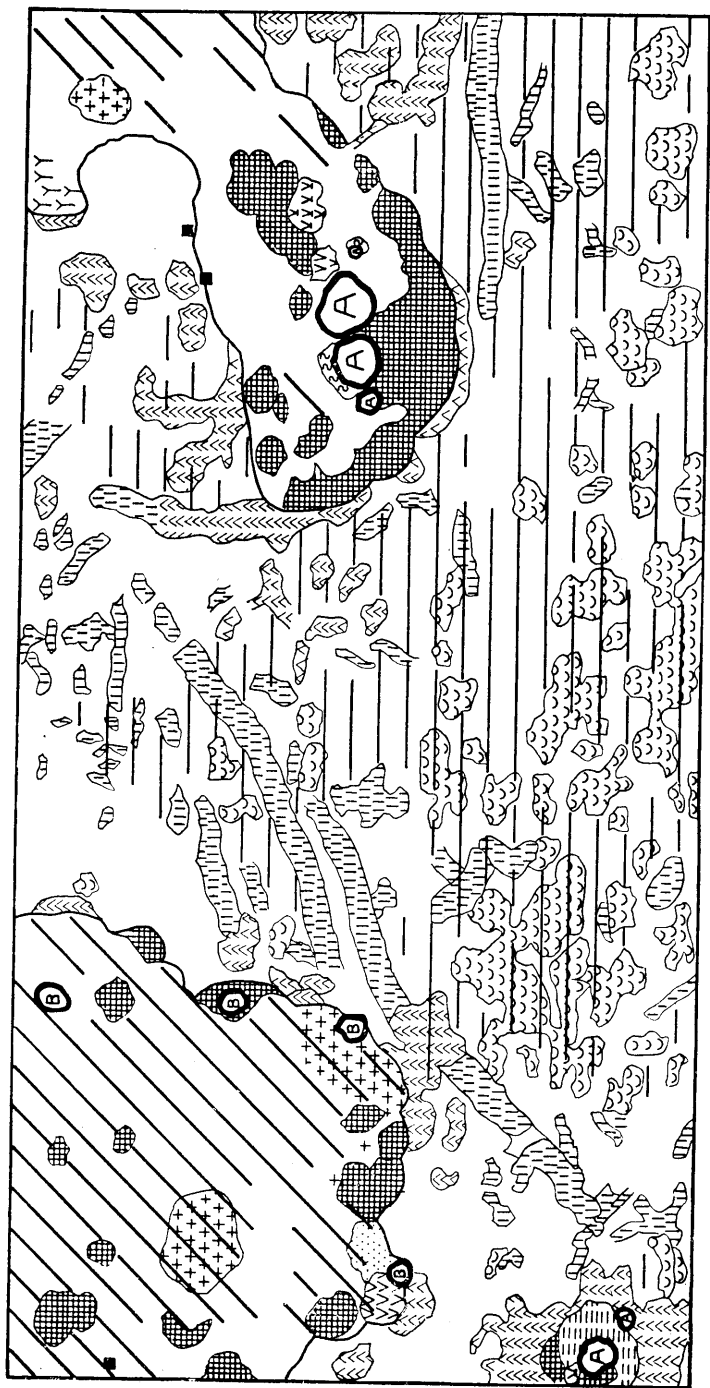


Fig. 14. 50 m² dans la forêt marécageuse à vergne. 1 — *Abies glutinosa*. 2 — *Betula pubescens*. 3 — *Sorbus aucuparia*. 4 — *Fraxinus excelsior*. 5 — facies à *Aspidium thelypteris* et *Solanum dulcamara*. 6 — assoc. à *Vaccinium myrtillus* et *Majanthemum bifolium*. 7 — assoc. à *Acrocladium cuspidatum*. 8 — assoc. à *Rhytidadelphus triquetrus*. 9 — *Amblystegium riparium*. 10 — *Drepanocladus aduncus*. 11 — *Eurhynchium striatum*. 12 — *Mnium hornum*. 13 — *Mnium punctatum*. 14 — *Hypnum cupressiforme*. 15 — *Climacium dendroides*. 16 — *Dicranum scoparium*. 17 — *Plagiobolus asplenoides*.



(A) 1 (B) 2 ■ 3 — 4 / 5 / 6 7 8 9 ++ 10 11 12 13 14 15 16

Fig. 15. 50 m² dans la forêt marécageuse à vergne. 1 — *Alnus glutinosa*. 2 — *Betula pubescens* morte. 3 — *Fraxinus excelsior*. 4 — facies à *Aspidium thelypteris* de l'assoc. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara*. 5 — assoc. à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium*. 6 — stade à *Mnium hornum*. 7 — assoc. à *Amblystegium riparium*. 8 — assoc. à *Drepanocladus aduncus*. 9 — assoc. à *Acrocladium cuspidatum*. 10 — assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus*. 11 — *Eurhynchium striatum*. 12 — *Plagiochila asplenoides*. 13 — *Dicranum scoparium*. 14 — *D. majus*. 15 — *Climacium dendroides*. 16 — *Hypnum cupressiforme*.

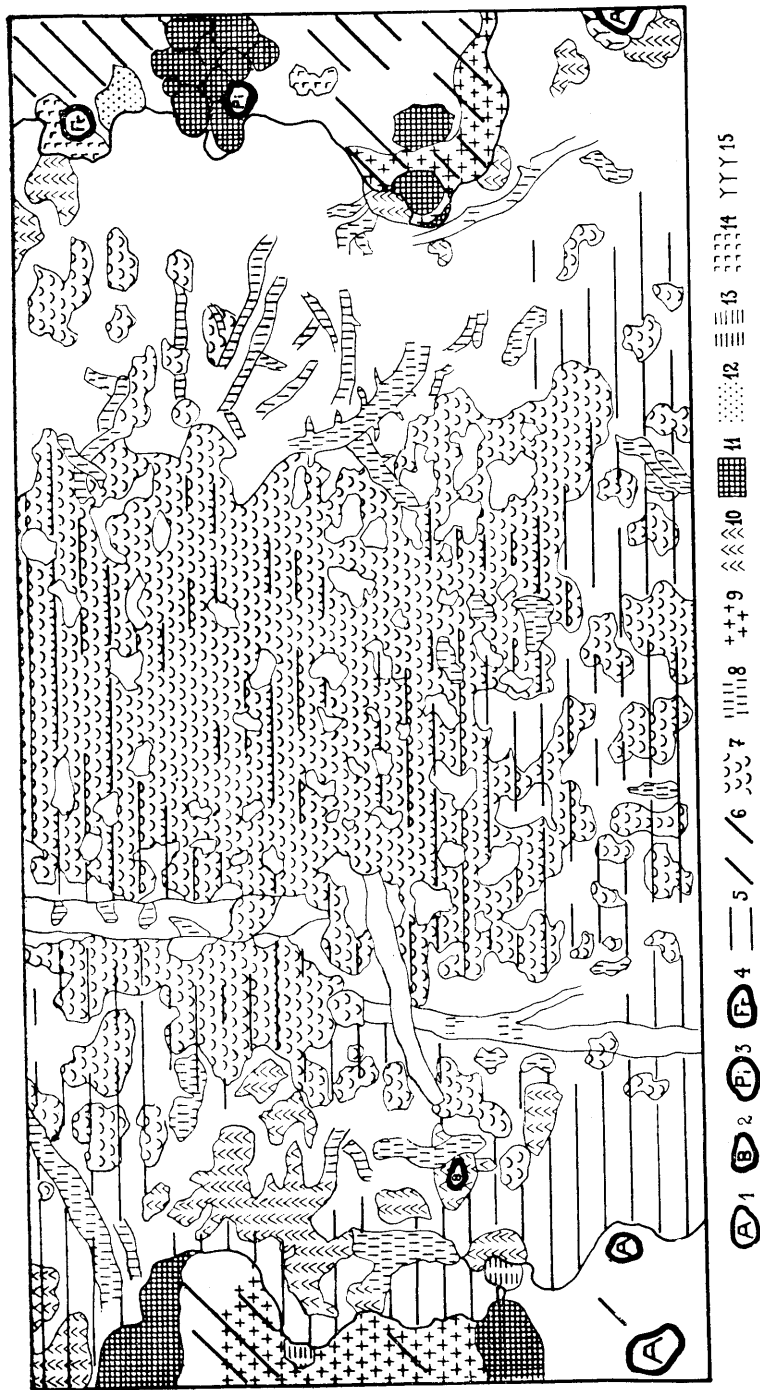
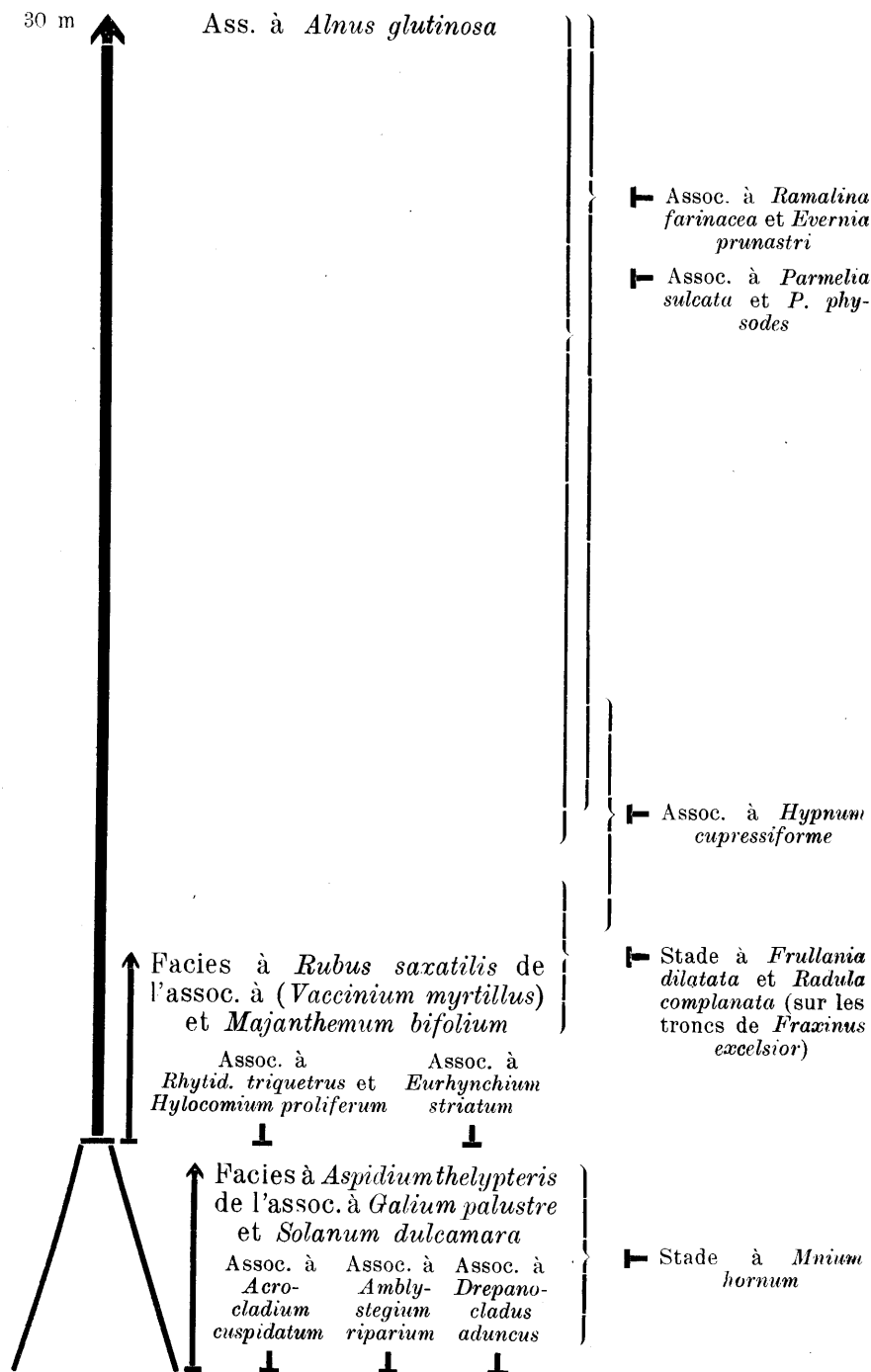


Fig. 16. 50 m² dans la forêt marécageuse à vergne. 1 — *Alnus glutinosa*, 2 — *Betula pubescens*, 3 — *Picea excelsa*, 4 — *Fraxinus excelsior*, 5 — facies à *Aspidum thelypteris*, 6 — assoc. à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium* (fragm.), 7 — assoc. à *Drepanocladus aduncus*, 8 — assoc. à *Amblystegium riparium*, 9 — assoc. à *Rhytidiacladophorus triquetrus*, 10 — assoc. à *Aerocladium cuspidatum*, 11 — stade à *Mniun hornum*, 12 — *Eurhynchium striatum*, 13 — *Plagiochila asplenoides*, 14 — *Brachythecium rutabulum*, 15 — *Climacium dendroides*.



on trouve, dans quelques endroits de l'île d'Abruka, le *Calliergon cordifolium* — espèce caractéristique des forêts marécageuses d'Estonie. Comme espèces accidentelles, on trouve encore dans cette association les *Mnium hornum*, *Amblystegium riparium*, etc.

Les exigences de ces associations par rapport à l'habitat, de même que leur distribution dans l'ensemble des associations du bois marécageux à vergne, se voient bien sur les fig. 12, 14, 15 et 16. L'association à *Acrocladium cuspidatum* commence à un certain niveau, à la base des buttes. De là elle s'étend quelquefois d'une butte à l'autre (fig. 12 et 14). Dans les parties assez basses des dépressions, cette association est remplacée par l'assoc. à *Amblystegium riparium*. Souvent celle-ci se trouve surtout sur les troncs et les branches plongés dans le sol tourbeux (fig. 12 et 15). Puis vient l'association à *Drepanocladus aduncus* qui recouvre le fond des dépressions d'une couverture basse plus ou moins continue (fig. 16.).

La forêt marécageuse à vergne compte en Estonie parmi les ensembles les plus compliqués des associations forestières (cf. le schéma p. 75).

Après une exploitation à blanc, presque toutes les associations de la forêt marécageuse à vergne périssent dans peu de temps. Sans parler des associations épiphytes, les associations muscinales (sauf l'assoc. à *Acrocladium cuspidatum*), les associations de la strate herbacée (excepté parfois le facies à *Rubus saxatilis* qui se maintient en partie), sont tuées par la sécheresse et le jour. Dans la régénération de la strate herbacée de la végétation des dépressions, un stade à *Carex vesicaria* et *Carex riparia* joue un rôle important. Déjà dans les clairières relativement jeunes, on trouve ce stade bien développé. Les analyses nous ont fourni le résultat que voici :

	1	2	3	4	5
<i>Carex riparia</i> Curtius	5.5	2.1—2	4.5	3.2—5	—
<i>Carex vesicaria</i> L.	—	4.5	—	—	5.5
<i>Carex hirta</i> L. f. <i>major</i> Peterm. . .	1.1—2	—	—	—	—
<i>Calamagrostis lanceolata</i> Roth . . .	1.1—2	—	—	4.2—5	—
<i>Equisetum palustre</i> L.	+1	—	1 ex.	—	—
<i>Epilobium palustre</i> L.	—	—	+1	+1	—
<i>Filipendula ulmaria</i> (L.) Max. . . .	1 ex.	—	+1	—	—
<i>Cardamine pratensis</i> L.	—	—	—	—	—
<i>Carex Goodenowii</i> Gay	—	—	—	+2	—

	1	2	3	4	5
<i>Galium palustre</i> L.	+1	1.1—2	2.2	+2	+2
<i>Solanum dulcamara</i> L.	+1	1 ex.	+1	—	—
<i>Aspidium thelypteris</i> (L.) Sw.	—	—	—	3.5	—
<i>Ranunculus repens</i> L.	—	1.1	+1	—	—
<i>Mentha aquatica</i> L.	—	—	+1	—	—
<i>Scutellaria galericulata</i> L.	—	+1	+1	—	—
<i>Caltha palustris</i> L.	—	+1	—	+1	—
<i>Lysimachia vulgaris</i> L.	+1	+1	+1	+1—2	3.1—3
<i>Iris pseudacorus</i> L.	—	—	—	+1—2	+2
<i>Lycopus europaeus</i> L.	—	—	—	—	1 ex.

Remarques: Les aires-échantillons dans les analyses 1 à 3 de 20 m², dans les anal. 4 et 5 de 100 m². Les analyses 1, 2 et 3 sont exécutées dans la partie sud-est du bois. Dans la strate arborescente le stade à *Betula pubescens* [*Betula pubescens* (5.5), *Alnus glutinosa* (+1), *Picea excelsa* (+1)]. La strate muscinale manque presque tout à fait. On y trouve, outre *Acrocladium cuspidatum*, le *Drepanocladus aduncus*. L'anal. 4 représente une surface déboisée en 1922 et analysée en 1931. La strate arborescente manque encore. La strate arbustive (de 3 à 4 m) est formée par le stade à *Betula pubescens* [*Betula pubescens* (2.2—1), *Alnus glutinosa* (1.2), *Fraxinus excelsior* (+1)]. La régénération se fait surtout au moyen des rejetons. Dans la strate muscinale, l'assoc. à *Acrocladium cuspidatum* est importante. Il n'y a pas d'autres espèces muscinales. Anal. 5. De la partie sud-est, où les arbres ont été coupés 18 années auparavant (1913). Composition de la strate arborescente: *Alnus glutinosa* 3.2—3; *Betula pubescens* 2.2—3; *Fraxinus excelsior* +1; *Picea excelsa* +1.

De ces analyses il résulte que la régénération de l'association hémicryptophyte-cryptophyte de la forêt marécageuse à vergne se produit assez rapidement. Déjà après 10 à 12 années, toutes les espèces de l'association à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara* sont là, bien que leur degré de recouvrement soit faible, à cause du développement exubérant des espèces héliophiles (*Carex vesicaria*, *C. riparia*, etc.). Ça et là on trouve aussi *Calamagrostis lanceolata*, de même que *Carex hirta* L. f. *major* Peterm. qui forme par endroits des peuplements de grandeur variable. D'autres espèces étrangères à l'association y sont relativement peu nombreuses. Déjà dans le stade de régénération décrit, les *Carex* sont en partie à vitalité réduite (ils restent toujours en état végétatif)¹⁾. Il faut pourtant de longues années pour chasser complètement du sous-bois des forêts marécageuses ces espèces à reproduction très vivace au moyen des stolons.

¹⁾ *Carex hirta* L. f. *major* Peterm. ne se trouve qu'à l'état végétatif dans les forêts marécageuses d'Abruka.

Résumé. Sur l'utilité de la méthode des associations unistrates pour les analyses phytosociologiques.

Mieux qu'une longue description, le schéma suivant (fig. 17) nous permet de donner une idée générale de la structure des forêts de l'île d'Abruka. Dans ce schéma on voit le caractère général de la futaie, la structure du sol, le pH de la couche superficielle, ainsi que les associations végétales qu'on y rencontre. La dépendance de la végétation de l'habitat y est bien claire. Chaque association (ou facies d'association) mésophanérophyte a un profil pédologique à part. La situation du niveau aquifère dans les habitats de ces associations n'est pas moins différente. Ce niveau est le plus élevé dans l'assoc. à *Alnus glutinosa* et de plus en plus profond dans les associations suivantes: facies à *Betula pubescens* de l'assoc. à *Alnus glutinosa*, ass. à *Picea excelsa*, facies à *Picea excelsa* de l'assoc. à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*, et assoc. à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*.

L'association microphanérophyte à *Corylus avellana* ne se trouve sous la haute futaie que dans un état fragmentaire (cf. p. 13). Cette association exige un sol plus ou moins riche en calcaire et un niveau aquifère suffisamment profond. Pour cette association, le pH des couches superficielles du sol est d'importance moindre, du moins dans certaines limites. Nous trouvons des fragments de cette association sous l'abri de l'association à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*, du facies à *Picea excelsa* et parfois dans le facies à *Betula pubescens* de l'assoc. à *Alnus glutinosa*. Le même phénomène se manifeste dans l'assoc. à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum*. Au contraire, le facies à *Aegopodium podagraria* de l'assoc. à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) se trouve seulement là où le sous-sol graveleux riche en calcaire est couvert d'une couche d'humus subneutre, tandis que là où l'humus devient acide (pH = 4—5), le facies à *Aegopodium podagraria* est remplacé par le facies à *Asperula odorata*. Aux endroits où le pH s'abaisse encore et où le niveau aquifère est assez bas, s'installent soit l'association à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium*, soit le facies de cette association à *Rubus saxatilis*. On trouve l'association nommée tant sous l'association à *Picea excelsa* que sur les buttes de l'assoc. à *Alnus glutinosa*. Très différentes de ces associations sont les associations hygrophiles du bois: le facies à *Carex silvatica* de l'assoc. à [*Carex loliacea*

(*tenella*) et] *Crepis paludosa*, assoc. à *Carex remota*, ass. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara*. Ces associations diffèrent entre elles dans le degré de l'hygrophilie. Elles sont ici nommées dans l'ordre de l'hygrophilie croissante.

L'amplitude des associations muscinales à *Eurhynchium striatum* et à *Rhytidiadelphus triquetrus* qui s'attachent à la surface du sol (surtout l'assoc. à *Rhytidiadelphus*) ou à la base des troncs etc., est assez large. Tandis que la première association est répandue dans les forêts à humus subneutre, la seconde se trouve cantonnée surtout sur le sol à réaction intermédiaire (le pH entre 4 et 5). Sur l'humus acide on trouve l'association à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum*. Des associations muscinales particulières (assoc. à *Acrocladium cuspidatum*, assoc. à *Amblystegium riparium* et assoc. à *Drepanocladus aduncus*) couvrent le sol des bois marécageux (cf. p. 71).

Il en résulte que l'amplitude des associations unistrates racinant dans le sol ou au ras du sol, varie dans de vastes limites. Il en existe dont les limites sont très étroites [p. ex. le facies à *Aegopodium podagraria* de l'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*)], il y en a d'autres à amplitude très large (p. ex. l'assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus*).

Le même comportement se manifeste chez les associations épiphytes. Il suffit peut-être de nommer p. ex. l'association à *Parmelia sulcata* et *P. physodes* (amplitude très large) et l'assoc. à *Anomodon longifolius* et *Isoetecium myurum* (amplitude restreinte).

Dans une étude récente¹⁾, l'auteur a résumé à peu près dans les termes suivants les bases de la méthode des associations unistrates:

„On pourrait se demander, si le procédé qui consiste à traiter une végétation multistrate comme unité élémentaire de la végétation — association — est suffisamment fondé. Chaque strate ayant un habitat à part, très différent des habitats des autres strates, ne serait-il pas plus naturel de discerner chaque strate comme une association spéciale? Dans ce cas, p. ex. le bois où la strate arbustive est formée par *Corylus avellana*, la strate herbacée par *Hepatica triloba*, *Pulmonaria officinalis*, etc.,

1) Lippmaa, T., Taimeühingute uurimise metoodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsioon põhijooni (avec un résumé allemand). Acta Inst. et Horti Botan. Univers. Tartuensis, vol. III, fasc. 4, Tartu 1933.

devrait être considéré comme un complexe des associations unistrates suivantes:

1. Assoc. à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*. Elle ne comprend que les arbres formant la futaie.

2. Assoc. à *Corylus avellana*. Cette association est formée surtout par l'espèce dominante et se trouve dans le bois en état fragmentaire.

3. Assoc. à *Ribes alpinum* et *Lonicera xylosteum*.

4. Assoc. à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*.

5. Assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Plagiochila asplenoides*¹⁾.

Outre les associations nommées, il y existe plusieurs associations épiphytes composées de lichens et de mousses“.

La méthode des associations unistrates a été appliquée pour la première fois dans l'étude présente. Peut-être n'est-il pas inutile pour cette raison de souligner ici les avantages de la dite méthode comme l'auteur les voit.

1^o. En appliquant la méthode des associations unistrates, l'investigateur accorde inévitablement beaucoup plus d'attention à la strate arborescente, arbustive et muscinale qu'on ne le fait dans le cas où la base pour la distinction des associations forestières est donnée par la végétation de la strate herbacée, et où toutes les autres strates se trouvent dans les aires-échantillons autant qu'elles y „tombent“. Cette *objectivité envers toutes les strates* de la végétation est d'importance fondamentale.

2^o. La méthode des associations unistrates permet de choisir pour chaque association unistrate une aire-échantillon convenable. Pour la strate arborescente des bois de l'île d'Abruka, cette aire a la grandeur de 400 m², pour les associations de la strate herbacée de ces forêts de 20 m², et pour les associations des lichens et des mousses d' 1 à 4 m². En appliquant une aire-échantillon moyenne, p. ex. 100 m², il ne se présente en général aucun inconvénient dans l'analyse de la strate herbacée. Il en est autrement de la strate arborescente. Celle-ci n'est représentée, sur des aires-échantillons de cette grandeur, qu'à l'état

1) En vérité, trois associations: assoc. à *Rhytidiadelphus triquetrus*, assoc. à *Eurhynchium striatum* et assoc. à *Mnium undulatum* et *Plagiochila asplenoides*.

fragmentaire. Cette grandeur des échantillons (100 m²) est tout à fait inapte pour les études de la strate muscinale. On n'en obtient que des mélanges accidentels des mousses habitant le bois.

3°. Les „strates indépendantes“ [overlapping layers], qui présentent une difficulté considérable pour la méthode ordinaire, ne causent aucune difficulté, cela va sans dire, à la méthode des associations unistrates. Les „strates inexorablement solidaires“ semblent être très rares et méritent d'être examinées de plus près. En admettant qu'elles existent en réalité, la méthode en question n'en souffrirait pas.

4°. Les associations unistrates sont incomparablement plus homogènes par rapport aux formes biologiques qui y règnent que les associations multistrates. C'est un avantage considérable, permettant une classification écologique des associations, ayans pour base 1) la forme biologique prédominante des espèces de l'association et 2) les conditions écologiques de l'habitat. Une classification préliminaire de ce caractère est donnée par l'auteur pour les associations de la végétation d'Estonie¹⁾.

5°. L'habitat des associations unistrates est mieux délimité que celui des associations multistrates, ce qui permet une analyse plus exacte des conditions pédologiques, climatiques, etc.

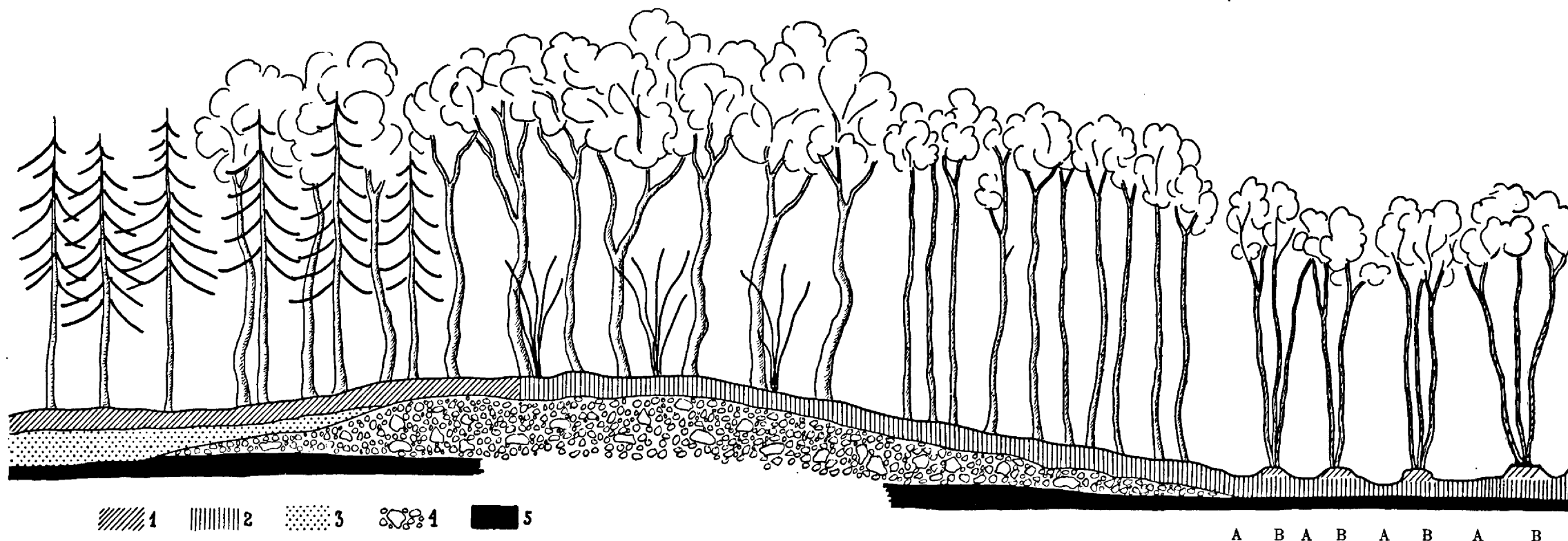
La question de la fidélité des espèces a joué un rôle important dans la littérature phytosociologique moderne. Dans une étude récente de l'auteur [Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes)] cette question fut discutée. L'accident jouant un rôle assez important dans la distribution des espèces, même dans leur area geographica, et les aires des espèces différant beaucoup, il est nécessaire de toujours ajouter à la dénomination „espèces caractéristiques“ — le mot limitant: „locales“.

Le rôle important joué par l'accident dans la composition floristique des associations se constate parfaitement dans la végétation en question, grâce à sa situation insulaire. Citons quelques exemples.

1) Lippmaa, T., op. c. p. 109—125.

L'association à *Hepatica triloba* (et *Pulmonaria officinalis*) sur l'île d'Abruka est parfaitement représentée par deux facies: le facies à *Asperula odorata* et le facies à *Aegopodium podagraria*. Les *Pulmonaria officinalis*, *Asarum europaeum* et *Lamium galeobdolon*, espèces qui dans l'Estonie continentale sont très ordinaires dans cette association, y manquent néanmoins. Il est évident qu'on ne peut créer des associations nouvelles chaque fois que l'une ou l'autre espèce, d'ordinaire présente, manque dans „l'ensemble spécifique“ d'une association quelconque. Car, procédant ainsi, on augmenterait inutilement le nombre des associations et on ne tiendrait pas compte du fait déjà bien établi que dans la composition floristique d'une parcelle d'une association quelconque l'accident joue inévitablement un rôle très important, même dans une végétation en équilibre avec les facteurs de l'habitat et non influencée par l'action de l'homme. Pourtant, vu que l'emploi d'un nom d'une espèce localement absente dans la dénomination d'une association pourrait causer des confusions, il serait peut-être utile de placer ces espèces entre parenthèses, comme dans l'ouvrage présent. Sur l'île d'Abruka, ce procédé s'est montré nécessaire encore dans les cas suivants: l'assoc. à (*Vaccinium myrtillus* et) *Majanthemum bifolium* (p. 50) et l'assoc. à [*Carex loliacea* (*tenella*) et] *Crepis paludosa* (p. 55), les *Carex loliacea* et *C. tenella* manquant complètement sur l'île d'Abruka et *Vaccinium myrtillus* n'y ayant aucune importance, bien qu'on y trouve la myrtille en peuplements insignifiants, dans deux localités.

Ce même fait s'observe également chez les associations à mousses et lichens. Dans l'association à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* de l'Estonie continentale, une espèce très commune est *Neckera pennata*. Or, cette espèce manque complètement sur l'île d'Abruka (mais pas ailleurs dans l'Estonie insulaire); elle est remplacée ici par *Neckera complanata*. Dans l'association à *Ramalina farinacea* et *Evernia prunastri* du bois d'Abruka, l'auteur n'a pas trouvé *Ramalina fraxinea*, bien que cette espèce soit très commune en Estonie. Soulignons enfin la pauvreté du bois d'Abruka en *Polytrichum* et surtout en espèces de *Sphagnum*. Du genre *Polytrichum* on a constaté cependant *P. juniperinum*, *P. gracile*, *P. attenuatum* et *P. strictum*.



A. Associations racinantes dans le sol ou s'attachant au ras du sol:

Ass. à <i>Picea excelsa</i>	Fac. à <i>Picea excelsa</i> de l'ass. à <i>Ulmus</i> , <i>Acer</i> et <i>Tilia</i>	Ass. à <i>Ulmus</i> , <i>Acer</i> et <i>Tilia</i>	Fac. à <i>Betula pubescens</i> de l'ass. à <i>Alnus glutinosa</i>	Ass. à <i>Alnus glutinosa</i>
	Ass. à <i>Corylus avellana</i> (fr.) Ass. à <i>Ribes alpinum</i> et <i>Lonicera xylosteum</i> (fr.)	Ass. à <i>Corylus avellana</i> (fr.) Ass. à <i>Ribes alpinum</i> et <i>Lonicera xylosteum</i> (fr.)	Stade à <i>Fraxinus excelsior</i>	
Ass. à (<i>Vaccinium myrtillus</i> et) <i>Majanthemum bifolium</i>	Fac. à <i>Asperula odorata</i> de l'ass. à <i>Hepatica triloba</i> (et <i>Pulmonaria officinalis</i>)	Fac. à <i>Aegopodium podagraria</i> de l'assoc. à <i>Hepatica triloba</i> (et <i>Pulmonaria officinalis</i>)	Ass. à [<i>Carex loliacea</i> (tenella) et] <i>Crepis paludosa</i> Ass. à <i>Carex remota</i>	Ass. à <i>Galium palustre</i> et <i>Solanum dulcamara</i> Fac. à <i>Aspidium thelypteris</i>
Ass. à <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> et <i>Hylocomium proliferum</i>	Ass. à <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Ass. à <i>Eurhynchium striatum</i>	Ass. à <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Ass. à <i>Eurhynchium striatum</i>	Ass. à <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> Ass. à <i>Eurhynchium striatum</i> Ass. à <i>Mnium undulatum</i> et <i>Plagiochila asplenoides</i>	Ass. à <i>Rhytidiadelphus triquetrus</i> et <i>Hylocomium proliferum</i> Stade à <i>Mnium hornum</i> Stade à <i>Plagiochila asplenoides</i>
				Ass. à <i>Acrocladium cuspidatum</i> Ass. à <i>Amblystegium riparium</i> Ass. à <i>Drepanocladus aduncus</i>

B. Associations épiphytes:

Ass. à <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i>	Fac. à <i>Ramalina calicaris</i> de l'ass. à <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i>	Fac. à <i>Ramalina calicaris</i> de l'ass. à <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i>	Fac. à <i>Ramalina calicaris</i> de l'ass. à <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i>	Ass. à <i>Ramalina farinacea</i> et <i>Evernia prunastri</i>
Ass. à <i>Parmelia physodes</i>	Ass. à <i>Parmelia sulcata</i> et <i>P. physodes</i> Ass. à <i>Neckera</i> , <i>Leucodon</i> et <i>Lobaria</i> Assoc. à <i>Hypnum cupressiforme</i> Stade à <i>Frullania</i> et <i>Radula</i> Ass. à <i>Anomodon</i> et <i>Isoetecium</i>	Ass. à <i>Parmelia sulcata</i> et <i>P. physodes</i> Ass. à <i>Neckera</i> , <i>Leucodon</i> et <i>Lobaria</i> Assoc. à <i>Hypnum cupressiforme</i> Stade à <i>Frullania</i> et <i>Radula</i> Ass. à <i>Anomodon</i> et <i>Isoetecium</i>	Ass. à <i>Parmelia sulcata</i> et <i>P. physodes</i> Ass. à <i>Neckera</i> , <i>Leucodon</i> et <i>Lobaria</i> Assoc. à <i>Hypnum cupressiforme</i> Stade à <i>Frullania</i> et <i>Radula</i>	Ass. à <i>Parmelia sulcata</i> et <i>P. physodes</i> Assoc. à <i>Hypnum cupressiforme</i> Stade à <i>Frullania</i> et <i>Radula</i>

Fig 17. 1 — humus acide [pH = 3,4 — 4 ou 4—5 (sous le facies à *Picea excelsa* de l'assoc. à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*)], 2 — humus subneutre (pH = 6,4), 3 — sable, 4 — couche graveleuse contenant des cailloux et pierres (Ca, Si), 5 — couche argileuse.

PLANCHES.

Planche I.

La partie nord-ouest du bois d'Abruka vue des champs du garde forestier. Au premier plan, des ormes blancs à cimes bien développées. Dans le bois: érable plan, orme blanc, tilleul, etc. Les conifères manquent complètement dans ce bois. 14. VII 1934.





Planche II.

Un tronc d'*Ulmus montana* dans le bois d'Abruka couvert de l'assoc. à *Neckera*, *Leucodon* et *Lobaria* (à gauche — *Neckera complanata* et *Leucodon sciuroides*, à droite — *Lobaria pulmonaria*). 14. VII 1934.

Planche III.

La forêt marécageuse à vergne d'Abruka. Le sol est couvert par le facies à *Aspidium thelypteris* de l'assoc. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara*. Au premier plan *Iris pseudacorus*. 20. VIII 1931.





Planche IV.

La forêt marécageuse à vergne d'Abruka. Au premier plan une butte recouverte surtout de *Mnium hornum*. 14. VII 1934.

Bibliographie.

- Alechin, W. W.: Die vegetationsanalytischen Methoden der Moskauer Steppenforscher. Handbuch d. biolog. Arbeitsmethoden v. Abderhalden, Abt. XI, T. 6, Berlin u. Wien 1932.
- Braun-Blanquet, J., Fuller, G. D. and Conard, H. S.: Plant Sociology, New York and London 1932.
- Braun-Blanquet, J. u. Jenny, H.: Vegetationsentwicklung u. Bodenbildung in der alpinen Stufe der Zentralalpen. Denkschr. d. Schweiz. naturforsch. Ges. **63**, 2, 1926.
- Braun-Blanquet, J. et Pavillard, J.: Vocabulaire de sociologie végétale, 3-e éd., Montpellier 1928.
- Davis, T. A. W. and Richards, P. W.: The Vegetation of Moraballi Creek, British Guiana, an ecological study of a limited area of tropical rain forest. Part I and II. Journ. of Ecology **21**, 2 (1933); **22**, 1 (1934).
- Domin, K.: The Beech Forests of Czechoslovakia. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich **8**, Bern 1932.
- Du Rietz, E.: Vegetationsforschung auf soziationsanalytischer Grundlage. Handbuch der biol. Arbeitsmeth. v. Abderhalden, Abt. XI, T. 5, 1932.
- Eichwald, K., Frisch, K., Härms, M., Luha, A. ja Tamme-kann, A.: Koguteos „Eesti“ VI, Saaremaa. Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus. Tartu 1934.
- Gams, H.: Prinzipienfragen der Vegetationsforschung. Ein Beitrag zur Begriffsklärung und Methodik der Biocoenologie. Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich **63**, Zürich 1918.
- Girgensohn, G. K.: Naturgeschichte der Laub- und Lebermoose Liv-, Ehst- und Kurlands. Archiv f. Naturk. Liv-, Ehst- und Kurlands, 2. Ser., **2**, Dorpat 1860.
- Gröntved, J.: Die Flora der Insel Runö. Svensk Bot. Tidskr. **23** (1929).
- Häyrén, E.: Über d. Landvegetation und Flora d. Meeresfelsen von Tvärminne, Helsingfors. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica **39**, 1914.
- Humbert, Henri: La destruction d'une flore insulaire par le feu, etc. Mémoires de l'Acad. Malgache, Tananarive 1927.
- Issler, E.: Die Buchenwälder der Hochvogesen. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich **8**, Bern 1932.

- Klika, J.: Remarques sur quelques associations forestières en Tchécoslovaquie et en Pologne. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich **8**, Bern 1932.
- Kujala, Viljo: Die Bestände und die ökologischen Horizontalschichten der Vegetation. Acta Forestalia Fennica **34**, Helsinki 1929.
- Kupffer, K. R.: Grundzüge d. Pflanzengeographie des ostbaltischen Gebietes. Abhandl. d. Herder-Institut. zu Riga **1**, 6, Riga 1925.
- Lindquist, B.: The Beech Forests of Sweden. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich **8**, Bern 1932.
- Linkola, K.: Zur Kenntnis der Waldtypen Eestis. Acta Forestal. Fennica **34**, Helsinki 1929.
- Lippmaa, T.: Pflanzensoziologische Betrachtungen. Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tartuensis **2**, fasc. 2/3; Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuur. Seltsi Aruand. **38**, 1—2, Tartu 1931.
- „ Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes) avec des remarques critiques sur quelques notions phytosociologiques. Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tartuensis **3**, fasc. 3; Acta et Comment. Univers. Tartuensis (Dorpatensis) A **24**, 4, Tartu 1933.
- „ Taimeühingute uurimise metoodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhijooni (Referat: Grundzüge der pflanzensoziologischen Methodik nebst einer Klassifikation der Pflanzenassoziationen Estlands), Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tartuensis **3**, fasc. 4; Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuur. Seltsi Aruanded **40**, 1—2, Tartu 1933.
- „ Beiträge zur Kenntnis der Flora und Vegetation Südwest-Estlands. Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., **13**, 3, Tartu 1932; Acta Inst. et Horti Botan. Universit. Tartuensis **2**, 3—4.
- „ La méthode des associations unistrates et le système écologique des associations. Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuur. Seltsi Aruand. **41**, 3—4, Tartu 1934; Acta Inst. et Horti Bot. Universit. Tartuensis **4**, 1—2.
- „ Kahe huvitava taime leid Abruka saarel. Eesti Loodus **1**, 2, Tartu 1933.
- Malta, N. u. Strautmanis J.: Übersicht der Moosflora des Ostbaltischen Gebietes I. Acta Horti Bot. Univers. Latv. **1**, Riga 1926.
- Malta, N.: Übersicht der Moosflora des Ostbaltischen Gebietes II. Acta Horti Bot. Univers. Latv. **5**, 1—3, Riga 1930.
- Markgraf, Fr.: Der deutsche Buchenwald. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich **8**, Bern 1932.
- Mikutowicz, J.: Bryotheca Baltica. Bog. 1—14. Riga 1908—1913.
- Ostenfeld, C. H.: The Danish Beechforest. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich **8**, Bern 1932.
- Pavillard, J.: v. Braun-Blanquet, J. et Pavillard, J.
- Räsänen, V.: Die Flechten Estlands. Annal. Acad. Scientiar. Fennicae, Ser. A, **34**, 4, Helsinki 1931.
- Regel, C.: Assoziationen und Assoziationskomplexe der Kola-Lappmark. Engler's Botanische Jahrbücher **58**, Leipzig 1923.
- Richards, P. W.: v. Davis, T. A. W. and Richards, P. W.

- Rübel, E.: Die Buchenwälder Europas. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich 8, Bern 1932.
- Schmidt, F.: Flora d. silur. Bodens v. Ehstland, Nord-Livland u. Ösel. Arch. f. Nat. Ehstl., Livl. u. Kurl. 1, Dorpat 1854.
- Skottsberg, C. und Vestergren, T.: Zur Kenntn. d. Veget. d. Insel Ösel. Bihang till K. Svensk. Vet. Akad. Handlingar 27, Afd. III, 7, Stockholm 1901.
- Tansley, A. G.: Practical Plant Ecology, London 1923.
- Tansley, A. G.: v. Watt, A. S. and Tansley, A. G.
- Watt, A. S. and Tansley, A. G.: British Beech Woods. Veröff. d. Geobot. Inst. Rübel in Zürich 8, Bern 1932.
- Wiśniewski, T.: Les associations des Muscinées (Bryophyta) épiphytes de la Pologne, en partic. celles de la forêt vierge de Białowieża. Bull. de l'Acad. Pol. des Sc. et d. Lettres., Cl. d. Sc. Mathém. et Nat., Série B: Sciences Nat., 1, 1929, Cracovie 1930.
-

Kokkuvõte.

Ühes äsja ilmunud töös¹⁾ esitas autor seisukohti taimeühingute uurimise alalt, mis tunduvalt erinevad praegu valitsevaist ja mida kokkuvõtlikult võib sõnastada järgmiselt:

Taimeühingud on üherindelised stabiliseerunud vegetatsiooni põhiühikud. Kus stabiliseerunud taimkattes on mitu rinnet, on tegemist ühingute-kompleksiga. Sellest seisukohast vaadelduna on metsavegetatsioon mitte ainult keeruline kompleks horisontaalses tasapinnas, kus, olenedes maapinna niiskusemäära, mullastiku iseärasusist jne., kõrvuti esinevad mitmesugused ühingud ja nende fragmendid, vaid ka vertikaalses suunas, kus teatavad ühingud esinevad n. ö. üleikuti. Need üleikuti asetsevad ühingud erinevad omayahel neis valitsevate eluvormide seisukohalt õige tunduvalt. Kõige kõrgemale ulatuvad mesofanerofüütide ühingud, neile järgnevad mikro-, siis nanofanerofüütide ühingud, edasi kamefüütide ühingud, hemikrüptofüütide ja krüptofüütide ühingud ning lõpuks sammalde ja põõsassamblikkude ühingud, peale nende veel kooriksamblikkude, maksja lehtsammalde ja põõsassamblikkude ühingud puukoorel. Iga seesugust üherindelist ühingut tuleb vegetatsiooni analüüsil käsitleda eri ühikuna, uurides teda pindadel, mis ta miinimareaalist pole vähemad. Metsas kõiguvad selleks tarvilikud pindalad (näit. teatavates Eesti lehtmetsades) 1 ja 400 m² vahel (1—4 m² sammalde ja samblikkude ühinguil, 20 m² hemikrüptofüütide ja krüptofüütide ühinguil, 400 m² mesofanerofüütide ühinguil).

Ka mõned teised autorid on väljendanud seisukohti, mis kõnelevad siin-esitatud meetodi kasuks [Gams (1918), Regel

1) Lippmaa, T., Taimeühingute uurimise metoodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhijooni. Acta Inst. et Horti Botan. Univ. Tartuensis 3, 4, Tartu 1933.

(1923), Du Rietz (1932)], ent tegelikult figureerivad ka nende autorite teis ikka veel mitmerindelised ühingud vegetatsioonipõhiühikutena.

Lähtudes neist alustest oli huvitav rakendada üherindeliste ühingute meetodit täies ulatuses mõne mitmerindelise ühingute-kompleksi puhul, et selgitada ta paremusi võrreldes hariliku analüüsi viisiga, kus üheskoos analüüsitakse kõiki rindeid alates puurindest kuni sammalrindeni. Kuna juba autori töös „Taimeühingute uurimise meetoodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhijooni“ oli kasutatud ühingute-kompleksi näitena *Ulmus-Acer-Tilia* üh. + *Corylus avellana* üh. + *Ribes alpinum-Lonicera xylosteum*'i üh. + *Hepatica triloba-Pulmonaria officinalis*'e üh. + *Rhytidiadelphus triquetrus*'e ühingu kompleksi, siis oli loomulik selle huvitava kompleksi valik, seda enam, et meil siin tegemist on õieti kesk-euroopalise vegetatsiooniga, mida hiljuti analüseerisid mitmed Lääne-Euroopa autorid (Rübel, Markgraf, Klika, Domin, Soo, Issler, Lindquist, Ostenfeld, Watt ja Tansley koguteoses „Die Buchenwälder Europas“) ning mis just Eestis on oma levimisala põhjapiiri lähedal.

Kavatsetud töö jaoks sobiva ala valikul jäi autor peatuma Abruca saare metsadel järgmisil põhjusil: (1) Nimetatud vegetatsioon on sel saarel väga hästi välja kujunenud. Seal on ka teisi huvitavaid metsakomplekse (lodumetsad!) just eriti keerulise taimesotsioloogilise struktuuriga. (2) Abruca saare metsad on osalise looduskaitse alaks ning tohib loota, et nende metsade kaitse tulevikus muutub veel intensiivsemaks.

Kui tahame lühidalt kokku võtta Abruca saare metsade analüüsi tulemusi, siis on selleks vahest kõige sobivam skeem, millel ühelt poolt on edasi antud vastava metsa üldine iseloom, mullastiku ehitus, huumusekihi pH, teiselt poolt aga vastavas kompleksis esinevad ühingud (joon. 17). Taimeühingute olenevus asukoha tegureist ilmneb siin otsekohe. Maas juurduvail mesofanerofüütide ühinguil, samuti ühingu teisendeil on igapäev eriline mullaprofiil (vt. lk. 13, 38, 54, 64), samuti erinev on neis põhjavee taseme asend. Järjekord on siin järgmine: jalaka-vahtra-pärna üh.¹⁾, selle ühingu kuuse teisend, kuuse üh., sanglepa ühingu

1) Ühingute floristiline (liigiline) koosseis selgub prantsuskeelses tekstis olevatest tabelitest.

sookase teisend, sanglepa ühing. Viimases on põhjavesi ka suvel võrdlemisi maapinna lähedal. Mikrofanerofüütide üh. — sarapuu ühing — mis heliofiilse ühinguuna väljakujunenud metsas muidugi esineb vaid fragmentaarselt, kasvab kohtadel, kus leidub lubjarikast kruusa küllalt sügaval asuva põhjaveega. Ülemiste mullakihtide pH osutub siin kaunis tähtsusetuks. Nii leiame seda ühingut nii saare-pärna lehtmetsas kui ka kuuse-segametsas ja sanglepa-sookase lodumetsas (viimases vähem!). Sama kordub ka *Ribes alpinum*-*Lonicera xylosteum*'i ühinguga. Sellevastu esineb *Hepatica triloba* (-*Pulmonaria officinalis*'e) ühingu *Aegopodium podagraria* teisend (lk. 26) ainult kohtadel, kus lubjarikal kruusasel aluspinnal leidub enam-vähem neutraalse huumuse kiht. Kus huumuse iseloom teine, kus see on happelisem, astub tema kohale ühingu *Asperula odorata* teisend (lk. 43). Veel madalama pH'ga kohtadel, kus põhjavesi küllalt sügaval, valitseb (*Vaccinium myrtillus*-) *Majanthemum bifolium*'i üh. (lk. 51) või selle *Rubus saxatilis*'e teisend (lk. 68). Teda leidub niihästi kuuse ühingu all, kui ka mättail sanglepa ühingu varjus. Neist ühinguist erinevad täielikult hügro-(kuni hüdro-)fiilsed [*Carex loliacea* (tenella)-]*Crepis paludosa* üh. *Carex silvatica* teisend (lk. 57), *Carex remota* üh., *Galium palustre*-*Solanum dulcamara* üh. (lk. 71). Omavahel lähevad nad lahku hügrofiilsuse määra poolest. Järjekord, milles nad praegu nimetatud, on suureneva hügrofiilsuse järjekord. Maapinnale, kividele, kändudele jne. kinnituvate tähtsamate samblaühingute — *Eurhynchium striatum*'i üh. (lk. 46) ja *Rhytidiadelphus triquetrus*'e üh. (lk. 46) — amplituud on küllalt suur, nagu näha skeemist. Kuna neutraalse huumusega metsades on esimene tähtis, on teine rohkem iseloomulik keskmise reaktsiooniga metsamuldadele. Madala pH'ga toorhuumusel leiame *Rhytidiadelphus triquetrus*-*Hylocomium proliferum*'i ühingu. — Erilised samblaühingud ja staadiumid esinevad lodumetsades (*Acrocladium cuspidatum*'i üh., *Amblystegium riparium*'i üh., *Drepanocladus aduncus*'e ühing)¹).

Nii leiame maapinnal ja maapinnas juurdumise üherindelisel ühinguil väga mitmesuguse amplituudi. Mõned esinevad väga kitsas piirkonnas (näit. *Hepatica triloba* (-*Pulmonaria officinalis*'e) ühingu

1) Samblaühingute paigutus mitmesugustes Abruka saare metsades selgub vastavatest üksikasjalistest vegetatsiooni-kaartidest ja joonistest (lk. 21, 31, 45, 56, 66, 69, 72, 73 ja 74).

Aegopodium podagraria var.), teiste amplituud on suure ulatusega (näit. *Rhytidiadelphus triquetrus*'e ühing).

Lähtudes epifüütide ühinguist võib Abruka lehtmetsas eraldada kõrgusastmeid A, B, C, D (vt. joon. lk. 15). Puutüvede alusel on lehtpuudel (kask välja arvatud) *Anomodon longifolius*-*Isothecium myurum*'i ühing sage (koosseis lk. 24). See ühing ei tõuse harilikult üle 60—80 sm (kõrgusaste A) ning koosneb tihedaist samblapolstreist. Ühel puualusel on ta harilikult puudulikult esindatud. On vaja 5—6 puutüve alust, et saada enam-vähem täielik koosseis. Järgneb kõrgusaste B, mis ulatub sageli 3 m. See on väga iseloomulik siin esineva *Frullania dilatata*-*Radula complanata* järgu tõttu (lk. 16), sest *Frullania* laigud on mustjaspruunid kuni punakasmustad, *Radula* laigud aga kollakasrohelised. Sellele järgule on võistlejaks: 1) pealetungiv *Anomodon longifolius*-*Isothecium myurum*'i ühing ja 2) eriline epifüütne ühing, mis tõuseb selleks sobiva kallakuga tüvedel ja suurte okste pealmisel pinnal ligi 20 m kõrguseni. Koosneb see peamiselt *Neckera complanata*'st, *Leucodon sciuroides*'est ja *Lobaria pulmonaria*'st (lk. 24). Sageli võib tähele panna eriti just *Leucodon sciuroides*'e sissetungimist *Frullania*-*Radula* järku. Seal, kus viimasena nimetatud ühing puudub, järgnevad kõrgusastmes C ja D samblikkude ühingud. Need on silmapaistvad hallika värvi tõttu. Nad on tunduvalt kserofiilsemad metsa alumises osas kasvavaist niiskuse- ja varjulembesist samblaühinguist. Kõrgusastmes C ja D kasvab *Parmelia physodes*-*Parmelia sulcata* ühing (lk. 17, 67). See on harukordselt laia amplituudiga, esinedes pea kõikjal Abruka saare metsades, nii kuivas salu-lehtmetsas kui märjas lodumetsas, mis ju ka arusaadav, sest teatavas kõrguses puukoorel on neis metsades elutingimused vaevalt erinevad.

Viimases kõrgusastmes D seltsib praegu käsitletud samblikkude ühinguga veel teine, mis koosneb põõsassamblikest — *Ramalina farinacea*-*Evernia prunastri* ühing ning selle ühingu *Ramalina calicaris*'e teisend (lk. 18, 67).

Käesolevas töös on üherindeliste ühingute meetod esmakordselt tegelikult rakendatud suuremas ulatuses. Selgus, et ka väga keerulist vegetatsiooni, nagu lodumetsad, on kasulik analüseerida sel viisil.

Võib-olla pole üleliigne siin esile tõsta üherindeliste ühingu-
gute meetodi paremusi, mis autorile selgusid töö juures.

1) Lähtudes üherindelisist ühinguist osutab uurija möö-
dapääsmatult märksa suuremat tähelepanu puurinde, põõsaside
ja samblarinde struktuurile, kui seda sünnib tavalise analüüsi
puhul, kus lähtekohaks ühingu-erandamisest on harilikult rohu-
rinne, sest ta peab iga rindega korraldama vaatlusi ja analüüsi,
mis muidu kuulusid vaid rohurindele ja haarasid teisi rindeid
vaid sedavõrt, kui need „satuvad“ vastavasse ruutu. See on ühe-
rindelise ühingu meetodi suurim ja tähtsaim paremus.

2) „Üleulatuvate rannete probleem“, mis tekitab palju raskusi
harilikul analüüsimisel, laheneb iseenesest käesolevas töös tar-
vitatud meetodi puhul. Just metsades on seesugused ranned
harilikud.

3) Üherindelised ühingud on homogeenised nii neis valitse-
vate eluvormide kui ka asukoha tegurite poolest. Ühingu elu-
ruum on neis palju teravamalt piiritletud ning seega antud
soodsamad alused ühingu asukoha faktorite igakülgeks uuri-
miseks.

4) Üherindelised ühingud võimaldavad ühingu-ökoloogi-
list klassifikatsiooni, mis rahuldab juba kaua tagasi taimeühin-
gute uurijate poolt (Flahault, Warming) püstitatud nõuet,
et taimeühingu klassifikatsioonil tuleb lähtuda nii ühingu-
valitsevast eluvormist kui ka ühingu asukohast. Vastav esialgne
Eesti taimeühingu klassifikatsioon on antud eespool-tsiteeritud
autori töös lk. 109—125.

Kõrvuti ühingu piiritletu küsimusega on taimesotsioloogias
alati omanud suurt tähtsust ka taimeliikide „truuduse“ küsimus
ka autor on selles küsimuses sõna võtnud (Lippmaa, 1932),
väites, et karakterliikide erandamisest on üsna tarvilik juurde-
lisada sõnale „karakterliigid“ veel teine: kohalikud. Kui
suurt tähtsust omab juhust taimeühingu koosseisu kujune-
misel, näitavad väga kujukalt Abruka saare metsaühingud, sest
et insulaarse asendi tõttu selle teguri mõju on eriti suur. Toome
sellest mõned näited.

(1) *Hepatica triloba* (-*Pulmonaria officinalis*'e) ühing on Abruka
saarel väga hästi esindatud, pealegi kahe variandiga. Vaata-
mata sellele puuduvad *Pulmonaria officinalis*, *Asarum europaeum*
ja *Lamium galeobdolon*, mis kõik kolm on Eesti mandriosas selles

ühingus väga harilikud. On selge, et pole alust püstitada igal korral uusi ühinguid, kui teatavas karaktersees liikide koosluses puudub üks või teine liik, sest nii saaksime ühinguid õige palju, ilma et kaugeltki läheneksime nende sügavamale mõistmisele. Teiselt poolt võiks viia eksiarmamisele vastaval alal üldse mitte esineva või ühingu komponendina tähtsusetu liigi figureerimine ühingu nimetuses. Autor on seesugused liigid ühingute nimetustes paigutanud sulgudesse. Seda tuli teha Abruka saarel veel järgmiste ühingute puhul: (*Vaccinium myrtillus*-) *Majanthemum bifolium*'i üh., [*Carex loliacea* (*tenella*)] *Crepis paludosa* üh., sest et Abruka saarel täielikult puuduvad *Carex loliacea* ja *C. tenella*, mustikas aga ei oma tähtsust ühingu komponendina, kuigi temast leidus üks väike laik metsas saare keskosas, sihi läheduses, ning teine saare lääneosas, puisniidul.

(2) Ka sammalde ja samblikkude ühinguis kordub sama. *Neckera-Leucodon-Lobaria* ühingus on puutüvel Eesti mandriosas *Neckera pennata* harilik. Abrukal ei leidu seda liiki ning ühinguusse on astunud *N. pennata* asemel *N. complanata*, mis muidu on harilik lubjakividel (näit. Eesti põhjarannikul). *Ramalina farinacea-Evernia prunastri* ühingus ei leidnud autor Abruka-metsas *R. fraxinea*'t, kuigi see liik mujal Eestis on üsna harilik. Edasi võiks esile tõsta *Polytrichum*-liikide, eriti aga *Sphagnum*'ite vähest tähtsust Abruka taimkattes, kuigi esimesest perekonnast on konstateeritud saarel rida liikisid: *Polytrichum juniperinum*, *P. gracile*, *P. attenuatum*, *P. strictum*.

Abruka saare metsade kasutamisel tarvitati kauemat aega paljasraiet. Kuna raieistikkude vanus on täpselt teada, oli võimalus võrrelda nende taimestikku kõigis uuritud metsades ajavahe-
mikus kuni 40 a. Selgus, et metsa uuendumine paljasraie puhul toimub suhteliselt kiirelt ja normaalselt sanglepa lodumetsades (*Alnus glutinosa* üh., lk. 65), samuti kase-sanglepa lodumetsades (*Alnus glutinosa* ühingu *Betula pubescens*'i teisend, lk. 53). Vahestadiumiks on kasemets (*Betula pubescens*'i järk), rohurin-
des aga sanglepa metsas tarnaderikas järk (lk. 76, 77), sanglepa-sookase metsas *Calamagrostis lanceolata* järk (lk. 62). Täielikult erinev eelmistest on uuendumiskäik jalaka-vahtra-pärna metsas (lk. 13, 40). Peale paljasraiet tekivad siin tihedad *Calamagrostis epigeios*'e väljad (lk. 36), millel metsa uuendumine on äärmiselt visa. Siit järgneb, et seesugustes metsades paljasraie on lubamatu.

Kõigil raiestikel püsib rida metsataimi uue metsa tekkiniseni, kuigi see arv esimesil aastakümneil peale raiet väheneb iga aastaga. Sama ilmneb ka arvukate sissetungijate juures, kuna võistlus ka nende vahel on väga tugev (lk. 37). Võitjaiks osutuvad siin kõrrelised ja tarnad (*Calamagrostis epigeios*, *C. lanceolata*, *Deschampsia flexuosa*, *Carex vesicaria*, *C. riparia*, *C. hirta*). Lõpuks kaovad ka need, kui puurinne on täiesti väljakujunenud; asemele astuvad lõplikult metsataimed.

FOUNDATIONS OF ARITHMETIC

BY

J. SARV

TARTU 1935

In the previous paper¹ arithmetic was used as the foundation of metric geometry. The paper aimed at some contribution towards bridging the gap between primitive concepts and immediate percepts in geometry. What follows aims at the same end in arithmetic.

1. *The primitive ideas.*

B. Russel and *A. N. Whitehead*² have tried to derive the concepts of arithmetic from those of logic. Percepts are the concrete bottom of concepts. The idea of perceiving involves the following primitive ideas: I. *existence*, II. *difference*, III. *parts*, IV. *becoming* and V. *tendency*. The idea of difference in its purest form is the logical concept of the negation "not", as the idea of parts is the concept of the conjunction "and".

There are constituents [III]³ of the process [IV] of perceiving: *sensation* [I II], *memory* [IV II IV], *thought* [IV III] and *imagination* [V].

There are similar (partly not different) percepts. The imagination tends [V] to associate [III IV] similar percepts with similar names (denotative words) or [III] other [II] similar symbols.

2. *Symbols and rules of mathematical deduction.*

The identical (not different) part of similar percepts is called (named) the content of a concept, and these percepts together [III] the extension of this concept or the class whose elements or members are these percepts separately (not together). A class is symbolized by a Latin letter, e. g. *a*, and its members by the same letter with an index, e. g. *a_i*.

Thought analyses [IV III] perception into concepts. The expression (naming) of a perception in the words denoting the concepts involved is called a proposition. The proposition "*a* is called (or will be or will mean or will denote the same as) *b*"

1 Acta et Comm. Univ. Tartuensis A XIX. 4 (1931).

2 Amer. Journ. of Math. XXIV (1902), p. 378. Mind 171 (1934), p. 297.

3 The square brackets contain references, here to the primitive ideas involved.

is called a definition. It will be written (symbolized) by *Heyting's*¹ symbol " $\equiv$ ":

$$a \equiv b$$

The proposition " a_i is a member of the class a " will be written by *Peano's*² symbol " ε ":

$$a_i \varepsilon a$$

So

$$\varepsilon \equiv \text{"is a (member of the class)"}'$$

The negation "not" will be written by *Whitehead's* and *Russel's*³ (or *Gabelsberger's*⁴) symbol " $\sim$ ":

$$\sim \equiv \text{"not"}$$

Brackets will often be replaced by *Leibniz's*⁵ dots, greater bracket by more dots, a group of brackets within a proposition by the dots replacing the greatest in the group, omitted at the beginning and end, e. g.

$$\begin{aligned} (\sim (a \varepsilon b)) &\equiv : \sim . a \varepsilon b \\ \sim . a \varepsilon b &: \equiv : a \sim \varepsilon b \\ \sim \varepsilon . &\equiv \text{"is not a"} \end{aligned}$$

A dot or dots will replace also the conjunction "and".

There are different steps of perception: by sensation, in memory, in thought, and in imagination. There are perceptions p in thought connected with another perception q and not thought without this, if fully [II III] thought of. This connectedness is called implication of q by p and is written by *Gergonne's*⁶ symbol " $\supset$ ":

$$p \supset q \text{ or } q \subset p$$

i. e.

$$p \supset q . \equiv \text{"if } p, \text{ then } q" \text{ or "from } p \text{ follows } q" \text{ or " } p \text{ implies } q"$$

For the sake of brevity instead of

$$p \supset q . q \supset p \text{ (from } p \text{ follows } q \text{ and from } q \text{ follows } p)$$

there will be written

$$p \supset \subset q$$

1 Sitzungsab. d. preuss. Akad. 1930, p. 57.

2 G. Peano, I Principii di Geometria (1889).

3 A. N. Whitehead and B. Russel, Principia Mathematica I (1910).

4 A. Padoa, La Logique Dédutive (1912), p. 55.

5 A. Padoa, l. c., p. 46.

6 Ibidem.

The mental (in memory, thought, and imagination, or reproductive, analysing, and constructive) activity [V IV] produces [IV] new (non existent in memory) facts (perceptions) implied by the old (existent in memory) ones. There are immutable [II IV] elements [III] in this mental activity — so-called primitive mental facts. The expressions of these primitive facts are called primitive propositions — rules, laws, axioms, postulates. The deriving (producing) of new propositions (q , r) from the given (p) and old ones (P) is called deduction.

The rules of mathematical deduction are:

- A $p \supset : p . P$ (if there are any given propositions, then there are these and the old ones)
- B $p . q : \supset q$ (if there are p and q , then there is q)
- C $p . p \supset q : \supset : p . q$ (if there is p and from p follows q , then there are p and q)
- D $p \supset q \supset r . \supset . p \supset r$
 $\therefore p \supset q \supset r . \equiv : p \supset q . q \supset r$ (if from p follows q and from q follows r , then from p follows r)
- E $p \supset . p \equiv p$
- F $p \equiv q . \supset :: p \equiv r . \supset . q \equiv r$
 $\therefore p \varepsilon r . \supset . q \varepsilon r$
 $\therefore r \varepsilon p . \supset . r \varepsilon q$
 $\therefore \sim p . \supset . \sim q$
 $\therefore p . r : \supset : q . r$
 $\therefore r . p : \supset : r . q$
 $\therefore p \supseteq q$ (if p denotes the same as q , then in combinations with the symbols $\equiv, \varepsilon, \sim, ., \supset$ p may be substituted by q)
- G $\sim p . \sim \supset p$ (from not p does not follow p)

The first rule (A) explicitly justifies the real first step of mathematical deduction, i.e. the recourse to the old propositions. Similarly the second rule (B) justifies the choosing from the existent propositions of the suitable. These two rules together with the "rules of inference" (CD) are involved almost in every deduction, and therefore will not be specially referred to.

3. *Primitive concepts and primitive propositions in arithmetic.*

The primitive concepts in arithmetic are: “*one*” [I II III], “*equal to*” [II II] and “*the sum*” [III], symbolized by 1, = and + (plus). These concepts are indefinable in arithmetic (though logically derivable from primitive ideas indicated in square brackets). Hence we must have rules for the use of these symbols. These rules are the primitive propositions of arithmetic. The first of them is the definition of natural number.

Natural numbers are 1, $1 + 1 \equiv 2$, $2 + 1 \equiv 3$, $3 + 1 \equiv 4$, $4 + 1 \equiv 5$, $5 + 1 \equiv 6$, $6 + 1 \equiv 7$, $7 + 1 \equiv 8$, $8 + 1 \equiv 9$, $9 + 1 \equiv 10$, $10 + 1 \equiv 11$, $11 + 1 \equiv 12$, and so on, $19 + 1 \equiv 20$, $20 + 1 \equiv 21$, and so on, $99 + 1 \equiv 100$, $100 + 1 \equiv 101$, and so on, i. e. *one is a natural number, and if according to this definition i is so, i + 1 will be also, and every natural number is so defined*, or in symbols:

$$\begin{array}{l} 1 \quad \boxed{\begin{array}{l} 1 \in n : \text{this definition} . \supset . i \in n : \supset . i + 1 . \in n \\ \therefore a \in n . \supset : \text{this definition} . \supset . a \in n \\ \therefore \equiv . n \equiv \text{the class of natural numbers} \end{array}} \end{array}$$

From this moment onwards a, b, c etc. will denote natural numbers and n the class of natural numbers, if not stated otherwise.

The remaining primitive propositions are:

$$2 \quad \boxed{a \equiv b . \supset . a = b}$$

$$3 \quad \boxed{a = b . c = d : \supset . a + c = b + d}$$

$$4 \quad \boxed{a + (b + 1) = (a + b) + 1}$$

$$5 \quad \boxed{\begin{array}{l} a + b = c . \supset . a \neq c \\ : \neq \equiv . \sim = \end{array}}$$

From these primitive propositions and suitable definitions according to the rules of deduction in the following pages, the fundamental facts of arithmetic will be deduced. The propositions and their deduction will be written in the introduced symbols. The deduction will be adjoined to the proposition by the symbol of implication in its second form “ $\supset$ ”.

Every proposition will have its specifying number (as the primitive propositions have their numbers 1...5, and the rules of deduction the letters A...G).

In the course of deduction the specifying numbers or letters of propositions needed as arguments will be written under the symbols of implication and equality or inequality.

4. The values of the natural numbers.

- 6 $a \supset a = a$

$$\therefore \underset{E}{\subset} :: a \supset a \equiv a : a \equiv a \underset{2}{\supset} a = a$$
- 7 $a = b \supset b = a$

$$\therefore \underset{2}{\subset} :: a = b \supset a \equiv b :: a \supset a \equiv a :: a \equiv b \underset{E}{\supset} a \equiv a : b \equiv a \underset{F}{\supset} b \equiv a$$

$$\therefore b \equiv a \underset{2}{\supset} b = a$$
- 8 $a = b = c \supset a = c :: a = b = c \equiv a = b \cdot b = c$

$$\therefore \underset{7.2}{\subset} :: a = b = c \supset b \equiv a \cdot b \equiv c \underset{F}{\supset} a \equiv c \underset{2}{\supset} a = c$$
- 9 $a = b \cdot a$ and b have the same value
- 10 $a + b \cdot n$ (the sum of two natural numbers is a natural number)

$$\underset{1}{\therefore \subset} :: b = 1 \supset a + b \cdot n \underset{1.3.2.F}{\supset} a + b$$

$$\therefore b = i \supset a + b \cdot n :: \supset :: b = i + 1 \supset a + b$$

$$\underset{3}{=} a + (i + 1) \underset{4}{=} (a + i) + 1 \underset{1.8}{\supset} a + b \cdot n$$
- 11 $a + (b + c) = (a + b) + c$

$$\underset{1}{\therefore \subset} :: c = 1 \supset a + (b + c) = (a + b) + c \underset{4}{\supset}$$

$$\therefore c = i \supset a + (b + c) = (a + b) + c \supset c = i + 1 \supset$$

$$a + (b + c) \underset{3}{=} a + (b + (i + 1)) \underset{4}{=} a + ((b + i) + 1)$$

$$\underset{4}{=} (a + (b + i)) + 1 \underset{3}{=} ((a + b) + i) + 1$$

$$\underset{4}{=} (a + b) + (i + 1) \underset{3}{=} (a + b) + c$$

$$12 \quad a + 1 = 1 + a$$

$$\cdot \underset{1}{\subset} :: a = 1. \underset{3}{\supset} . a + 1 = 1 + a$$

$$\begin{aligned} \therefore a = i. \underset{3}{\supset} . a + 1 &= 1 + a : \underset{3}{\supset} : a = i + 1. \underset{3}{\supset} . a + 1 \\ &= (i + 1) + 1 = (1 + i) + 1 = 1 + (i + 1) = 1 + a \end{aligned}$$

$$13 \quad a + b = b + a$$

$$\cdot \underset{1}{\subset} :: b = 1. \underset{12}{\supset} . a + b = b + a$$

$$\begin{aligned} \therefore b = i. \underset{3}{\supset} . a + b &= b + a : \underset{3}{\supset} : b = i + 1. \underset{3}{\supset} . a + b \\ &= a + (i + 1) = (a + i) + 1 = (i + a) + 1 = i + (a + 1) \\ &= i + (1 + a) = (i + 1) + a = b + a \end{aligned}$$

If x, y, z denote any objects of which equality and sum are defined and the associative law 11 and the commutative law 13 hold, then

$$14 \quad x + (y + z) \underset{13}{=} x + (z + y) \underset{13}{=} (z + y) + x \underset{13}{=} (y + z) + x \underset{11}{=} y + (z + x)$$

$$\underset{13}{=} y + (x + z) \underset{13}{=} (x + z) + y \underset{13}{=} (z + x) + y \underset{11}{=} z + (x + y)$$

$$\underset{13}{=} z + (y + x) \underset{13}{=} (y + x) + z \underset{13}{=} (x + y) + z \underset{13}{=} x + y + z$$

$$\underset{13}{=} x + z + y \underset{13}{=} y + x + z \underset{13}{=} y + z + x \underset{13}{=} z + x + y$$

$$\underset{13}{=} z + y + x \underset{13}{=} \text{the sum of } x, y, \text{ and } z$$

$$15 \quad a > b. \underset{13}{=} b < a. \underset{13}{=} : c. a = b + c$$

$$\therefore \underset{13}{>}. \underset{13}{=} \text{ (has) greater (value) than } : \underset{13}{<}. \underset{13}{=} \text{ smaller than}$$

$$\therefore \underset{13}{\nless}. \underset{13}{=} \sim > \quad : \underset{13}{\nless}. \underset{13}{=} \sim <$$

$$16 \quad a = b. b > c. \underset{15.3}{\supset} . a > c : a > b. b = c. \underset{15.3}{\supset} . a > c$$

$$17 \quad a > b > c. \underset{15}{\supset} . a > c : a > b > c. \underset{15}{=} : a > b. b > c$$

$$\therefore \underset{15}{\subset} :: a = b + d. b = c + e. \underset{15}{\supset} . a = (c + e) + d \underset{14}{=} c + (e + d)$$

$$18 \quad a > b. \underset{15}{\supset} . a + c > b + c$$

$$\therefore \underset{15}{\subset} : a = b + d. \underset{15}{\supset} . a + c \underset{3}{=} (b + d) + c \underset{14}{=} (b + c) + d$$

$$19 \quad a \neq 1. \supset_1 . a = b + 1$$

$$\begin{aligned}
 20 \quad & a > 1 : b < a. \supset . b \varepsilon m : a \varepsilon m : c > a. \supset . c \varepsilon m : . d \varepsilon m \supset \\
 & : (d \not\leq a. d \neq a) \supset (d > a). (d \neq a. d \not\leq a) \supset (d < a) \\
 & . (d \not\leq a. d \not\leq a) \supset (d = a) : \supset : d \varepsilon n. \supset . d \varepsilon m \\
 & : \supset : \supset : . b = 1. \supset_1 . 1 \varepsilon m \\
 & : b = i. a = b + c. c = 1 : \supset : . i \varepsilon m. a = i + 1 : \supset : i + 1. \varepsilon m \\
 & \quad \quad \quad 15 \\
 & : b = i. a = b + c. c = f + 1 : \supset : . i \varepsilon m. a = i + f + 1 \\
 & \quad \quad \quad 19 \\
 & = (i + 1) + f : \supset : . i + 1 < a. \supset : i + 1. \varepsilon m \\
 & \quad \quad \quad 14 \quad \quad \quad 15 \\
 & : a = i. \supset : i \varepsilon m. i + 1 = a + 1 : \supset : i + 1 > a. \supset : i + 1. \varepsilon m \\
 & \quad \quad \quad 15 \\
 & : c = i = a + g. \supset : i \varepsilon m. i + 1 = a + g + 1 : \supset \\
 & \quad \quad \quad 15 \quad \quad \quad 15 \\
 & : i + 1 > a : \supset : i + 1. \varepsilon m
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 21 \quad & a. b : \supset : a \neq b. a \not\leq b : \supset . a > b : a \not\leq b. a \not\leq b : \supset . a = b \\
 & \quad \quad \quad 20.17.5.6.G \\
 & : a \neq b. a \not\leq b : \supset . a < b : \equiv . \text{the values of the natural num-} \\
 & \text{bers [9] form an ordered set, and every natural number} \\
 & a \text{ cuts this set into inferior numbers } Ia < a \text{ and superior} \\
 & \text{numbers } Sa > a
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 22 \quad & a + b = b + c. \supset . a = c \\
 & : \supset : . a + b = b + c. \supset : a \not\leq c. a \not\leq c \\
 & \quad \quad \quad 21 \quad \quad \quad 18.G
 \end{aligned}$$

5. The difference, product, and quotient.

If x, y, z denote any defined objects of which the equality and the sum are defined, then

$$\begin{aligned}
 23 \quad & x + y = z. \supset . x = z - y : z - y. \equiv . z \text{ minus } y. \equiv . \text{the} \\
 & \text{difference between } z \text{ and } y
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 24 \quad & a - b = c. d - c = f. a = d. b = c : \supset . c = f \\
 & : \supset : . a = c + b. d = f + e = f + b : \supset . c + b = f + b \\
 & \quad \quad \quad 22 \quad \quad \quad 23 \quad \quad \quad 23 \quad \quad \quad 3 \quad \quad \quad 8
 \end{aligned}$$

$$25 \quad (a + b) - a = b$$

$$. \subset : a + b = c. \supset . c - a = b$$

10 23

$$26 \quad a > b + c. \supset . a - (b + c) = (a - b) - c$$

$$: \subset : . a > b + c. \supset . a = b + c + d. \supset$$

8 15 14.23

$$: a - (b + c) = d. a - b = c + d. \supset$$

23

$$. (a - b) - c = d$$

$$27 \quad a > b. \supset . (a - b) + c = (a + c) - b$$

$$: \subset : . a - b = d. \supset : (a - b) + c = d + c$$

15.23

$$= (b + d + c) - b = (a + c) - b$$

25 24

$$28 \quad a > b > c. \supset . a - (b - c) = (a - b) + c$$

$$: \supset : . b = c + d. a = b + e = c + d + e$$

8 15 15

$$: \supset : a - (b - c) = a - d = c + e$$

23 23

$$. (a - b) + c = c + c$$

23

$$29 \quad d > a. b > c. \supset : . a > b. \supset . d - a < d - b : a > b. \supset . a - c > b - c$$

$$: \subset : . a = b + e. \supset . b = a - e. \supset . d - b$$

15 15 23 24

$$= d - (a - e) = (d - a) + e : (b + e) - e = (b - e) + e$$

28 27

$$30 \quad a = 1. a \times b : \equiv 1 \times b \equiv b : . a = i + 1. a \times b : \equiv (i + 1) \times b$$

$$\equiv i \times b + b : . a \times b \equiv ab : . ab \equiv \text{the product of } a \text{ and } b$$

$$31 \quad ab. \varepsilon n$$

$$: \subset : . a = 1. \supset : ab. \varepsilon n$$

1 30

$$: : a = i. \supset : ab. \varepsilon n : . \supset : . a = i + 1. \supset : ab. \varepsilon n$$

30.10

$$32 \quad a = b \cdot c = d : \supset . ac = bd$$

$$\therefore \underset{1}{c} : a = b = 1 \cdot \underset{30}{\supset} . ac = bd$$

$$\therefore a = b = i \cdot \supset . ac = bd : \underset{30 \cdot 3}{\supset} : a = b = i + 1 \cdot \supset \\ . ac = bd$$

$$33 \quad a(b + c) = ab + ac$$

$$\underset{1}{.c} : a = 1 \cdot \underset{30}{\supset} . a(b + c) = ab + ac$$

$$\therefore a = i \cdot \supset . a(b + c) = ab + ac : \supset : a = i + 1 \cdot \supset$$

$$\cdot a(b + c) = (i + 1)(b + c) = i(b + c) + b + c$$

$$\underset{15}{=} ib + b + ic + c = \underset{30}{(i + 1)b} + \underset{32}{(i + 1)c} = ab + ac$$

$$34 \quad a - b = c \cdot \supset . d(a - b) = da - db$$

$$\underset{25}{:c} \cdot dc = (db + dc) - db = \underset{33}{d(b + c)} - \underset{24}{db} = da - db$$

$$35 \quad a1 = 1a$$

$$\underset{1}{.c} : a = 1 \cdot \underset{32}{\supset} . a1 = 1a$$

$$\therefore a = i \cdot \supset . a1 = 1a : \supset : a = i + 1 \cdot \supset . a1 = (i + 1)1$$

$$\underset{30}{=} i1 + 1 \times 1 = 1i + 1 \times \underset{30}{1} = 1(i + 1) = 1a$$

$$36 \quad ab = ba$$

$$\underset{1}{.c} : b = 1 \cdot \underset{35}{\supset} . ab = ba$$

$$\therefore b = i \cdot \supset . ab = ba : \supset : b = i + 1 \cdot \supset . ab$$

$$= a(i + 1) = \underset{33}{ai} + a = \underset{30}{ia} + a = (i + 1)a = ba$$

$$37 \quad a > b \cdot c > d : \supset . (a - b)(c - d) = (ac + bd) - (bc + ad)$$

$$\therefore \underset{15}{.c} : a = b + e \cdot \underset{15}{c} = d + f : \underset{23 \cdot 32}{\supset} : (a - b)(c - d) = ef$$

$$: (ac + bd) - (bc + ad) = \underset{36 \cdot 33}{bc + ed + ef + bd}$$

$$- (bc + bd + ed) = \underset{25}{ef}$$

38 $(ab)c = a(bc) \equiv abc$ the product of a , b , and c

$$\cdot \subset :: a = 1 \cdot \supset \cdot (ab)c = a(bc)$$

1 30

$$\therefore a = i \cdot \supset \cdot (ab)c = a(bc) : \supset a = i + 1 \cdot \supset \cdot (ab)c$$

$$= ((i + 1)b)c = (ib + b)c = (ib)c + bc = i(bc) + bc$$

30 36 . 33 . 36

$$= (i + 1)(bc) = a(bc)$$

30

If x , y , z denote any objects of which the equality and the product are defined and the commutative law 36 and the associative law 38 hold, then

$$39 \quad x(yz) \underset{36}{=} x(zy) \underset{36}{=} (zy)x \underset{36}{=} (yz)x \underset{38}{=} y(zx) \underset{36}{=} y(xz) \underset{36}{=} (xz)y$$

$$\underset{36}{=} (zx)y \underset{38}{=} z(xy) \underset{36}{=} z(yx) \underset{36}{=} (yx)z \underset{36}{=} (xy)z \cdot \equiv xyz \equiv xzy$$

$$\equiv yxz \equiv yzx \equiv zxy \equiv zyx \equiv \text{the product of } x, y, \text{ and } z$$

$$40 \quad a > b \cdot \supset \cdot ac > bc$$

$$: \subset : a = b + d \cdot \supset \cdot ac = bc + dc$$

15 15 36 . 33 . 36

$$41 \quad ab = cb \cdot \supset \cdot a = c$$

$$: \supset : ab = cb \cdot \supset : a \not> c \cdot a \not< c$$

21 40 . 6

If x , y , z denote any defined objects of which the equality and the product are defined, then

$$42 \quad xy = z \cdot \equiv \cdot x = \frac{z}{y} : \frac{z}{y} \equiv \cdot z/y : z/y \cdot \equiv \cdot \text{the quotient of } z \text{ by } y$$

$$43 \quad a/b = c \cdot d/e = f \cdot a = d \cdot b = e : \supset \cdot c = f$$

$$\therefore \subset :: a = bc \cdot d = ef : \supset \cdot bc = ef$$

42 42

$$\therefore bc = ef \cdot b = e : \supset \cdot c = f$$

41

$$44 \quad \frac{ab}{b} = a$$

$$\cdot \subset : ab = c \cdot \supset \cdot \frac{c}{b} = a$$

31 42

6. Rational numbers.

$$45 \quad \frac{ab}{c} = \frac{a}{c} b = a \text{ eths of } b \cdot \frac{a}{c} = \text{rational number } \frac{a}{b}$$

$$46 \quad \frac{a}{b} bc = ac$$

$$\cdot \supset \cdot ac = \frac{acb}{44} = \frac{a}{45.36} bc$$

$$47 \quad a = \frac{ab}{44} b \cdot \supset \cdot \text{natural numbers are rational}$$

$$48 \quad \frac{a}{b} c = \frac{d}{e} c : \cdot \frac{a}{b} = \frac{d}{e} = \frac{a}{7} b$$

$$49 \quad \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot ad = bc \cdot \supset \cdot \frac{d}{c} = \frac{b}{a}$$

$$\cdot \supset \cdot \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} bd = \frac{c}{d} bd \cdot \supset \cdot ad = cb$$

$$50 \quad \frac{a}{b} = \frac{c}{d} = \frac{e}{f} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} = \frac{e}{f}$$

$$\cdot \supset \cdot \frac{a}{b} bdf = \frac{c}{d} bdf = \frac{e}{f} bdf \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} bdf = \frac{e}{f} bdf$$

$$51 \quad \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} \text{ and } \frac{c}{d} \text{ have the same value}$$

$$52 \quad \frac{a}{b} c + \frac{d}{e} c : \cdot \left(\frac{a}{b} + \frac{d}{e} \right) c : \cdot \frac{a}{b} + \frac{d}{e} : \cdot$$

$$\cdot \text{the sum of } \frac{a}{b} \text{ and } \frac{d}{e}$$

$$53 \quad \frac{a}{b} + \frac{c}{b} = \frac{a+c}{b}$$

$$\cdot \supset \cdot \left(\frac{a}{b} + \frac{c}{b} \right) b = \frac{a}{52} b + \frac{c}{46} b = a + c = \frac{a+c}{46} b$$

$$54 \quad \frac{a}{b} + \frac{c}{d} = \frac{ad+bc}{bd} = \frac{c}{13.6d} + \frac{a}{b}$$

$$\begin{aligned} \cdot \cdot \cdot \cdot \left(\frac{a}{b} + \frac{c}{d} \right) bd &= \frac{abd}{52.45} + \frac{cbd}{39.44} = ad + cb \\ &= \frac{ad + cb}{46} bd \end{aligned}$$

$$55 \quad \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} + \frac{e}{f} = \frac{c}{d} + \frac{e}{f}$$

$$\begin{aligned} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} &= \frac{c}{d} \cdot \cdot \cdot \cdot adf = bcf \cdot \cdot \cdot \cdot adf + ebd \\ &= bcf + ebd \cdot \cdot \cdot \cdot \left(\frac{a}{b} + \frac{e}{f} \right) bdf = \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) bdf \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 56 \quad \frac{a}{b} + \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) &= \left(\frac{a}{b} + \frac{c}{d} \right) + \frac{e}{f} \\ \cdot \cdot \cdot \cdot \left(\frac{a}{b} + \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) \right) bdf &= \left(\left(\frac{a}{b} + \frac{c}{d} \right) + \frac{e}{f} \right) bdf \end{aligned}$$

$$57 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{c}{d} < \frac{a}{b} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} = \frac{c}{d} + \frac{e}{f}$$

$$58 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \cdot \cdot \cdot ad > bc \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{d}{c} > \frac{b}{a}$$

$$\begin{aligned} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} &= \frac{c}{d} + \frac{e}{f} \cdot \cdot \cdot \cdot adf = bcf + ebd \cdot \cdot \cdot \cdot ad = cb + \frac{ebd}{f} \\ \cdot \cdot \cdot \cdot ad &= bc + g \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{ad}{bd} = \frac{bc}{bd} + \frac{g}{bd} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} = \frac{c}{d} + \frac{g}{bd} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 59 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \frac{c}{d} &= \frac{e}{f} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} > \frac{e}{f} \\ \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} &= \frac{c}{d} + \frac{g}{h} = \frac{e}{f} + \frac{g}{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 60 \quad \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \frac{c}{d} &> \frac{e}{f} \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} > \frac{e}{f} \\ \cdot \cdot \cdot \cdot \frac{c}{d} &= \frac{e}{f} + \frac{g}{h} = \frac{a}{b} \end{aligned}$$

$$61 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} > \frac{e}{f} : \supset \cdot \frac{a}{b} > \frac{e}{f}$$

$$\begin{aligned} & : \subset : \cdot \frac{a}{57} = \frac{c}{57} + \frac{g}{h} \cdot \frac{c}{d} = \frac{e}{57} + \frac{i}{j} : \supset \cdot \frac{a}{b} \\ & = \left(\frac{e}{f} + \frac{i}{j} \right) + \frac{g}{h} = \frac{e}{56} + \left(\frac{i}{j} + \frac{g}{h} \right) \end{aligned}$$

$$62 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} + \frac{e}{f} > \frac{c}{d} + \frac{e}{f}$$

$$\begin{aligned} & : \subset : \cdot \frac{a}{57} = \frac{c}{57} + \frac{g}{h} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} + \frac{e}{f} = \left(\frac{c}{d} + \frac{g}{h} \right) + \frac{e}{f} \\ & = \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) + \frac{g}{h} : \frac{a}{b} + \frac{e}{f} = \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) + \frac{g}{h} \\ & = \left(\frac{c}{d} + \frac{g}{h} \right) + \frac{e}{f} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} = \frac{c}{d} + \frac{g}{h} \end{aligned}$$

$$63 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{ad - bc}{bd}$$

$$\begin{aligned} & : \subset \cdot \frac{a}{57} = \frac{c}{57} + \frac{e}{f} = \frac{cf + de}{df} \cdot \supset \cdot adf = bcf + bde \\ & \cdot \supset \cdot adf - bcf = bde \cdot \supset \cdot ad - bc = \frac{bde}{f} \\ & = \frac{e}{45} bd = \frac{ad - bc}{46} \cdot bd \cdot \supset \cdot \frac{ad - bc}{48} = \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{23} - \frac{c}{d} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 64 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} > \frac{g}{h} : \supset : \cdot \frac{c}{23} = \frac{e}{f} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{a}{b} - \frac{e}{f} \\ : \frac{c}{d} = \frac{e}{f} \cdot \supset \cdot \frac{c}{d} - \frac{g}{h} = \frac{e}{f} - \frac{g}{h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 65 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} + \frac{e}{f} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} - \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) &= \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \right) - \frac{e}{f} \\ : \subset \cdot \frac{a}{b} - \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) &= \frac{adf - (bcf + ebd)}{bdf} \\ &= \frac{(adf - bcf) - ebd}{bdf} = \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \right) - \frac{e}{f} \end{aligned}$$

$$66 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset_{54.63.27} \cdot \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \right) + \frac{e}{f} = \left(\frac{a}{b} + \frac{e}{f} \right) - \frac{c}{d}$$

$$67 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} > \frac{e}{f} \cdot \supset_{63.54.28} \cdot \frac{a}{b} - \left(\frac{c}{d} - \frac{e}{f} \right) = \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \right) + \frac{e}{f}$$

$$68 \quad \begin{aligned} \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} > \frac{g}{h} &\cdot \supset \cdot \frac{c}{d} > \frac{e}{f} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} - \frac{c}{d} < \frac{a}{b} - \frac{e}{f} \\ &\cdot \frac{c}{d} > \frac{e}{f} \cdot \supset_{23.62} \cdot \frac{c}{d} - \frac{g}{h} > \frac{e}{f} - \frac{g}{h} \\ &\cdot \supset_{57} \cdot \frac{c}{d} = \frac{e}{f} + \frac{i}{j} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} - \frac{c}{d} = \frac{a}{b} - \left(\frac{e}{f} + \frac{i}{j} \right) \\ &= \left(\frac{a}{b} - \frac{e}{f} \right) - \frac{i}{j} \cdot \supset_{23} \cdot \frac{a}{b} - \frac{e}{f} = \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \right) + \frac{i}{j} \\ &\cdot \frac{a}{b} - \frac{e}{f} = \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \right) + \frac{i}{j} \cdot \supset_{67} \cdot \frac{a}{b} - \left(\frac{c}{d} - \frac{i}{j} \right) \\ &\cdot \supset_{64} \cdot \frac{c}{d} - \frac{i}{j} = \frac{e}{f} \cdot \supset_{23} \cdot \frac{c}{d} = \frac{e}{f} + \frac{i}{j} \end{aligned}$$

$$69 \quad \frac{ab}{c} \varepsilon n \cdot \frac{de}{f} \varepsilon n \cdot \frac{ab}{c} \times \frac{de}{f} \cdot \equiv \left(\frac{a}{c} \times \frac{d}{f} \right) be \cdot \cdot \frac{a}{c} \times \frac{d}{f} \cdot \equiv \cdot \frac{a}{c} \frac{d}{f} \\ \cdot \equiv \cdot \text{the product of } \frac{a}{c} \text{ and } \frac{d}{f}$$

$$70 \quad \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{ac}{bd} \stackrel{36}{=} \frac{c}{d} \times \frac{a}{b} \\ \cdot \cdot \cdot \left(\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \right) bd \stackrel{48}{=} \stackrel{69.46}{=} ac \stackrel{44}{=} \frac{ac}{bd} \stackrel{45}{=} \frac{ac}{bd} bd$$

$$71 \quad \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{ae}{bf} = \frac{ce}{df} \\ \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \supset_{49.32.41} \cdot adef = bcef \cdot \supset_{49} \cdot \frac{ae}{bf} = \frac{ce}{df}$$

$$72 \quad \frac{a}{b} \left(\frac{c}{d} + \frac{e}{f} \right) \stackrel{54.70.33.54}{=} \frac{ac}{bd} + \frac{ae}{bf}$$

$$73 \quad \frac{a}{b} \left(\frac{c}{d} - \frac{e}{f} \right) \stackrel{63.70.34.63}{=} \frac{ac}{bd} - \frac{ae}{bf}$$

$$74 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \frac{e}{f} > \frac{g}{h}$$

$$\therefore \left(\frac{a}{b} - \frac{c}{d} \right) \left(\frac{e}{f} - \frac{g}{h} \right) \stackrel{63.70.37.63.54}{=} \left(\frac{ae}{bf} + \frac{cg}{dh} \right) - \left(\frac{ce}{df} + \frac{ag}{bh} \right)$$

$$75 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{ae}{bf} > \frac{ce}{df}$$

$$\therefore \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot adef > bcef \cdot \supset \cdot \frac{ae}{bf} > \frac{ce}{df}$$

58.40.41.21

$$76 \quad \frac{a}{b} / \frac{c}{d} = \frac{ad}{bc}$$

$$\cdot \supset \cdot \left(\frac{a}{b} / \frac{c}{d} \right) \frac{c}{d} \stackrel{42}{=} \frac{a}{b} \cdot \frac{ad}{bc} \stackrel{70}{=} \frac{adc}{bcd} \stackrel{49}{=} \frac{a}{b}$$

$$77 \quad \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} / \frac{e}{f} = \frac{c}{d} / \frac{e}{f} : \frac{a}{b} = \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{g}{h} / \frac{a}{b} = \frac{g}{h} / \frac{c}{d}$$

76.71

$$78 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{a}{b} / \frac{e}{f} > \frac{c}{d} / \frac{e}{f} : \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \frac{g}{h} / \frac{a}{b} < \frac{g}{h} / \frac{c}{d}$$

76.75

$$79 \quad \frac{a}{b} \neq \frac{c}{d} \cdot \frac{a}{b} \nless \frac{c}{d} : \supset \cdot \frac{a}{b} > \frac{c}{d} : \cdot \frac{a}{b} \nless \frac{c}{d} \cdot \frac{a}{b} \nless \frac{c}{d} : \supset \cdot \frac{a}{b} = \frac{c}{d}$$

49.58.21

$$\therefore \frac{a}{b} \neq \frac{c}{d} \cdot \frac{a}{b} \nless \frac{c}{d} : \supset \cdot \frac{a}{b} < \frac{c}{d}$$

$\therefore \equiv$. the values of rational numbers [51] form an ordered set and every rational number $\frac{a}{b}$ cuts this set into inferior numbers

$$I \frac{a}{b} < \frac{a}{b}$$

and superior ones

$$S \frac{a}{b} > \frac{a}{b}$$

$$\cdot \equiv \cdot \frac{a}{b} \equiv \text{rational cut } \frac{a}{b}$$

$$80 \quad \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset : \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} > \frac{e}{f} > \frac{c}{d}$$

$$\therefore \cdot \cdot \cdot \frac{a}{b} > \frac{c}{d} \cdot \supset \cdot \cdot \cdot ad > bc \cdot \supset : ad = bc + g$$

$$\cdot (bc + g)(h + i) > bc(h + i) + gh > bc(h + i)$$

$$\cdot \supset \cdot \frac{a}{b} > \frac{bc(h + i) + gh}{bd(h + i)} > \frac{c}{d}$$

81 $x \in m \cdot \supset \cdot x \in n \cdot \supset : a \cdot a \in m \cdot x \nless a$ (every class m of natural numbers has among its members x a smallest a)

$$\therefore \cdot \cdot \cdot \cdot 1 \in m \cdot \supset \cdot 1 = a$$

$$\therefore \cdot 1 \sim \varepsilon m \cdot \supset : \cdot c \cdot c \sim \varepsilon m : x \in m \cdot \supset \cdot c < x : (c + 1) \in m \cdot \supset \cdot c + 1 = a$$

$$\therefore \cdot \cdot \cdot \cdot 1 \sim \varepsilon m \cdot \supset : x \in m \cdot \supset \cdot 1 < x$$

$$\therefore \cdot i \sim \varepsilon m : x \in m \cdot \supset \cdot i < x \cdot \supset \cdot (i + 1) \sim \varepsilon m$$

$$\therefore \cdot \supset : x \in m \cdot \supset \cdot i + 1 < x$$

$$(\cdot \cdot \cdot i + 1 \nless x : i + 1 \neq x \cdot \supset \cdot i + 1 > x)$$

$$\therefore \cdot x = i + j \cdot \supset \cdot i + 1 = x + k = i + j + k \neq i + 1$$

$$\therefore \cdot \supset : b \in n \cdot \supset \cdot b \sim \varepsilon m$$

$$82 \quad \frac{a}{b} \supset : \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{c}{d} = \frac{a}{b} : \frac{e}{f} = \frac{a}{b} \cdot \supset \cdot f \nless d : \cdot \equiv : \frac{c}{d} \equiv \cdot \text{irreducible}$$

$$(\text{rational number}) \frac{c}{d}$$

7. The cuts.

$$83 \quad \frac{a}{b} \varepsilon \cdot \text{irreducible} : \supset \cdot \frac{aa}{bb} \neq 2$$

$$\therefore \cdot \cdot \cdot \frac{aa}{bb} = 2 \cdot \supset \cdot aa = 2bb \cdot \supset : aa > bb$$

$$\cdot aa < (2b)(2b) : \supset : a > b \cdot a < 2b : \supset$$

$$\begin{array}{c} :a = b + c. c < b : \supset : b = c + d. d = b - c : \supset \\ 15 \qquad 62 \qquad 15 \qquad 23 \end{array}$$

$$\begin{array}{c} :aa = bb + cc + 2bc. dd = (bb + cc) - 2bc : \supset \\ 33.14 \qquad 37 \qquad 27.25 \end{array}$$

$$:aa + dd = 2bb + 2cc. \supset. dd = 2cc. \supset. \frac{dd}{cc} = 2$$

$$84 \quad \frac{aa}{bb} < \frac{e}{f} \cdot \equiv \cdot \frac{a}{b} \varepsilon I \sqrt{\frac{e}{f} : \frac{cc}{dd}} > \frac{e}{f} \cdot \equiv \cdot \frac{c}{d} \varepsilon S \sqrt{\frac{e}{f}}$$

: $Ix \cdot \equiv$. a class of rational numbers named inferior numbers of x

: $Sx \cdot \equiv$. a class of rational numbers named superior numbers of x

: $\sqrt{\frac{e}{f}} \equiv$. square root of $\frac{e}{f}$

$$85 \quad \frac{a}{b} \sim \varepsilon Ix. \supset. \frac{a}{b} \varepsilon Sx : \frac{c}{d} \sim \varepsilon Sx. \supset. \frac{c}{d} \varepsilon Ix$$

$$: \cdot \frac{a}{b} \varepsilon Sx. \frac{c}{d} \varepsilon Ix : \supset. \frac{a}{b} > \frac{c}{d}$$

: $\equiv$. x is an irrational cut in the ordered set of rational numbers (as [84.83] the square root of 2)

$$86 \quad x \varepsilon \text{ cut} \cdot \equiv : x \sim \varepsilon. \text{ rational cut} : \supset : x \varepsilon. \text{ irrational cut} \\ : x \sim \varepsilon. \text{ irrational cut} : \supset : x \varepsilon. \text{ rational cut}$$

$$87 \quad x \varepsilon \text{ cut} \cdot \supset : I_x x \cdot S_x x \cdot S_x x - I_x x < \frac{a}{b}$$

$$: \cdot < : I_k x = \frac{c}{d} \cdot S_k x = \frac{e}{f} \cdot \left(\frac{c}{d} + \frac{2a}{3b} \right) \sim \varepsilon Sx$$

$$\cdot \left(\frac{e}{f} - \frac{c}{d} \right) / \frac{a}{3b} \cdot \supset (ed - cf) \geq 3b$$

$$: \supset : \frac{c}{d} + ((ed - cf) \geq 3b) \frac{a}{3b} \cdot \varepsilon Sx$$

$$\therefore \supset : \left(\frac{c}{d} + m \frac{a}{3b} \right) \varepsilon Sx . ((ed - cf) 3b) \varepsilon m . 2 \sim \varepsilon m$$

$$\therefore \supset : i . i \sim \varepsilon m . (i + 1) \varepsilon m$$

$$. S_i x = \frac{c}{d} + (i + 1) \frac{a}{3b} . I_i x = \frac{c}{d} + (i - 1) \frac{a}{3b}$$

$$88 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} : I_i x . S_i y . I_i x > S_i y : \equiv . x > y . \equiv . y < x$$

$$89 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} : x > y : \supset y \nrightarrow x$$

$$\therefore \subset : I_i x > S_i y . \supset . I_{k y} < S_i y < I_i x < S_k x$$

$$. \supset . I_{k y} < S_k x . \supset . I_{k y} \nrightarrow S_k x$$

$$90 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : x > y > z : \supset . x > z$$

$$\therefore \subset : I_i x > S_i y > I_{k y} > S_k z . \supset . I_i x > S_k z$$

$$91 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} : x \nrightarrow y . x \nleftarrow y : \equiv . x = y = x$$

$$92 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} : \supset :: x \nrightarrow y . x \nleftarrow y : \supset . x = y : . x \nrightarrow y . x \neq y : \supset . x < y$$

$$\therefore x \nleftarrow y . x \neq y : \supset x > y$$

$$\therefore \subset \therefore x \nrightarrow y . x \neq y : \supset . x \nleftarrow y : . \supset . x = y$$

$$\therefore x \nleftarrow y . x \neq y : \supset . x \nrightarrow y : . \supset . x = y$$

$$93 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : x > y . y = z : \supset . x > z$$

$$\therefore \subset : I_i x > S_i y . S_k z = I_{k z} + \frac{1}{2} (I_i x - S_i y) . S_i y \nleftarrow I_{k z}$$

$$: \supset . S_k z \nrightarrow S_i y + \frac{1}{2} (I_i x - S_i y) . \supset . S_k z < I_i x$$

$$94 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : x = y . y > z : \supset . x > z$$

$$\therefore \subset : I_i y > S_i z . S_k x = I_{k x} + \frac{1}{2} (I_i y - S_i z) . S_k x \nleftarrow I_{i y}$$

$$: \supset . I_{k x} \nleftarrow I_{i y} - \frac{1}{2} (I_i y - S_i z) . \supset . I_{k x} > S_i z$$

$$95 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } z \varepsilon \text{ cut. } : x = y = z : \supset . x = z \\ \text{G. 93. 94}$$

$$96 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } : I_i x + I_k y \equiv I_l(x + y) : S_m x + S_n y \\ \equiv S_p(x + y)$$

$$97 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } : \supset . (x + y) \varepsilon \text{ cut}$$

$$\therefore \subset :: S_i x > I_k x . S_{i y} > I_m y . S_n(x + y) = S_i x + S_{i y} \\ 79.85.96$$

$$. I_p(x + y) = I_k x + I_m y : \supset . S_n(x + y) > I_p(x + y) \\ 62.61$$

$$\therefore \frac{a}{b} > S_i x + S_{i y} : \supset : \frac{a}{b} = S_k x + S_{i y} \\ 62.79.85$$

$$= S_l(x + y) . S_k x = \frac{a}{23} - S_{i y} \\ 96$$

$$\therefore \frac{a}{b} < I_i x + I_{i y} : \supset : \frac{a}{b} = I_k x + I_k y = I_l(x + y) \\ 75 \quad 96$$

$$. I_k x = \frac{a I_i x}{b(I_i x + I_{i y})} < I_i x . I_l y = \frac{a I_{i y}}{b(I_i x + I_{i y})} < I_{i y} \\ 78$$

$$\therefore \frac{a}{b} :: \sim : S_i x . S_{i y} . \frac{a}{b} > S_i x + S_{i y}$$

$$\therefore \sim : I_i x . I_{i y} . \frac{a}{b} < I_i x + I_{i y}$$

$$\therefore \supset :: \frac{c}{d} = \frac{a}{b} + \frac{e}{f} . S_k x < I_k x + \frac{e}{2f} . S_k y < I_k y + \frac{e}{2f} \\ 87$$

$$: \supset . S_k x + S_k y < I_k x + I_k y + \frac{e}{f}$$

$$. \supset . S_k x + S_k y < \frac{a}{b} + \frac{e}{f} . \supset . S_k x + S_k y < \frac{c}{d} \\ 61.62$$

$$\therefore \supset : \frac{c}{d} > \frac{a}{b} . \supset . \frac{c}{d} = S_l(x + y) \\ 96$$

$$\therefore \frac{g}{h} = \frac{a}{b} - \frac{i}{j} . I_l x > S_l x - \frac{i}{2j} . I_l y > S_l y - \frac{i}{2j} \\ 87$$

$$: \supset . I_l x + I_l y > S_l x + S_l y - \frac{i}{j}$$

$$\underset{61.62}{\therefore} \cdot \supset \cdot I_i x + I_i y > \frac{a}{b} - \frac{i}{j} \cdot \supset \cdot I_i x + I_i y > \frac{g}{h}$$

$$\therefore \supset : \frac{g}{h} < \frac{a}{b} \cdot \underset{96}{\supset} \cdot \frac{g}{h} = I_i(x + y)$$

$$\therefore \underset{79}{\supset} \cdot \frac{a}{b} = x + y$$

$$98 \quad x\varepsilon \text{ cut} \cdot y\varepsilon \text{ cut} \cdot z\varepsilon \text{ cut} : \supset : x > y \cdot \underset{C}{\supset} \cdot x + z > y + z$$

$$\underset{96.57.88}{\therefore} \underset{C}{\supset} : I_i x = \underset{88.57}{S_i y} + \frac{a}{b} \cdot \underset{87}{S_i z} = I_i z + \frac{a}{2b} : \supset \cdot I_i(x + z)$$

$$= \underset{96}{\left(S_i y + \frac{a}{b} \right)} + \underset{14.66}{\left(S_i z - \frac{a}{2b} \right)} = (S_i y + S_i z) + \frac{a}{2b}$$

$$\therefore I_i x + I_i z = S_i y + S_i z + \frac{a}{2b} \cdot \underset{87}{S_i z} = I_i z + \frac{a}{2b} : \underset{55}{\supset}$$

$$\cdot I_i x = S_i y + \frac{a}{b}$$

$$99 \quad x\varepsilon \text{ cut} \cdot y\varepsilon \text{ cut} \cdot z\varepsilon \text{ cut} : \supset : x = y \cdot \underset{G.98}{\supset} \cdot x + z = y + z$$

$$100 \quad x\varepsilon \text{ cut} \cdot y\varepsilon \text{ cut} : \supset \cdot x + y = y + x$$

96.54

$$101 \quad x\varepsilon \text{ cut} \cdot y\varepsilon \text{ cut} \cdot z\varepsilon \text{ cut} : \supset \cdot x + (y + z) = (x + y) + z$$

96.56

$$102 \quad x\varepsilon \text{ cut} \cdot y\varepsilon \text{ cut} \cdot x > y : S_i z \equiv S_k x - I_i y : I_k x > S_i y$$

$$\cdot \supset \cdot I_i z \equiv I_k x - S_i y : \supset : z\varepsilon \text{ cut} \cdot z = x - y$$

$$\therefore \underset{68.61}{\supset} : S_k x > I_k x \cdot S_i y > I_i y : \supset \cdot S_k x - I_i y > I_k x - S_i y$$

$$\therefore \frac{a}{b} > S_i x - I_i y : \underset{68}{\supset} : \frac{a}{b} = S_k x - I_i y = S_k z \cdot S_k x = \frac{a}{b} + I_i y$$

$$\therefore \frac{a}{b} < I_i x - S_i y : \underset{68}{\supset} : \frac{a}{b} = I_k x - S_i y = I_k z \cdot I_k x = \frac{a}{b} + S_i y$$

$$\therefore \frac{a}{b} : \sim : S_i x \cdot I_i y \cdot \frac{a}{b} > S_i x - I_i y : \sim : I_i x \cdot S_i y \cdot \frac{a}{b} < I_i x - S_i y$$

$$\begin{aligned}
& \therefore \supset \therefore \frac{c}{d} = \frac{a}{b} + \frac{e}{f} \cdot S_{ix} <_{87} I_{ix} + \frac{e}{2f} \cdot I_{iy} >_{87} S_{iy} - \frac{e}{2f} : \supset \\
& \cdot S_{ix} - I_{iy} < I_{ix} - S_{iy} + \frac{e}{f} \cdot \supset \cdot S_{ix} - I_{iy} < \frac{a}{b} + \frac{e}{f} \cdot \supset \\
& \cdot S_{ix} - I_{iy} < \frac{c}{d} : \therefore \frac{c}{d} > \frac{a}{b} \cdot \supset \cdot \frac{c}{d} = S_{iz} \\
& \therefore \frac{g}{h} = \frac{a}{b} - \frac{i}{j} \cdot I_{mx} >_{87} S_{mx} - \frac{i}{2j} \cdot S_{my} <_{87} I_{my} + \frac{i}{2j} : \supset \\
& \cdot I_{mx} - S_{my} > S_{mx} - I_{my} - \frac{i}{j} \cdot \supset \cdot I_{mx} - S_{my} > \frac{a}{b} - \frac{i}{j} \cdot \supset \\
& \cdot I_{mx} - S_{my} > \frac{g}{h} : \therefore \frac{g}{h} < \frac{a}{b} \cdot \supset \cdot \frac{g}{h} = I_{mz} : \therefore \frac{a}{b} = z \\
& \therefore S_{iz} = S_{ix} - I_{iy} \cdot \supset \cdot S_{ix} = S_{iz} + I_{iy} \not\prec_{96.G} I_k(z + y) \\
& : I_{iz} = I_{ix} - S_{iy} \cdot \supset \cdot I_{ix} = I_{iz} + S_{iy} \not\prec_{96.G} S_k(z + y) : \supset_{91} \\
& \cdot x = z + y \cdot \supset_{23} \cdot z = x - y
\end{aligned}$$

$$103 \quad x \varepsilon \text{cut} . y \varepsilon \text{cut} . z \varepsilon \text{cut} . t \varepsilon \text{cut} : x > y . z > t$$

$$\therefore \supset \therefore y > z . \supset \cdot x - y < x - z : y > z . \supset \cdot y - t > z - t$$

$$\therefore \supset \therefore I_{iy} = S_{iz} + \frac{a}{b} \cdot S_{ix} = I_{ix} + \frac{a}{2b} : \supset \cdot S_i(x - y)$$

$$=_{102} \left(I_{ix} + \frac{a}{2b} \right) - \left(S_{iz} + \frac{a}{b} \right) =_{65} (I_{ix} - S_{iz}) - \frac{a}{2b}$$

$$\therefore S_{ix} - I_{iy} = I_{ix} - S_{iz} - \frac{a}{2b} \cdot S_{ix} = I_{ix} + \frac{a}{2b}$$

$$\therefore \supset \cdot I_{iy} = S_{iz} + \frac{a}{b}$$

$$\therefore I_{iy} = S_{iz} + \frac{a}{b} \cdot S_{it} = I_{it} + \frac{a}{2b} : \supset \cdot I_i(y - t) =_{102} \left(S_{iz} + \frac{a}{b} \right)$$

$$-\left(Iit + \frac{a}{2b}\right)_{65} = (Siz - Iit) + \frac{a}{2b}$$

$$\therefore Iiy - Sit = (Siz - Iit) + \frac{a}{2b} \cdot Sit = Iit + \frac{a}{2b}$$

$$\therefore \supset_{23.3} Iiy = Siz + \frac{a}{2b}$$

$$104 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} . t \varepsilon \text{ cut} : x > y . z > t$$

$$\therefore \supset_{G.103.92} : y = z . \supset x - y = x - z : y = z . \supset y - t = z - t$$

$$105 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : x > y + z : \supset x - (y + z) = (x - y) - z$$

$$\therefore \subset_{91} : I_i((x - (y + z)))_{102} = I_ix - (Siy + Siz)_{65.102} = I_i(x - y) - Siz$$

$$\not\vdash_{102} S_i((x - y) - z) . I_i((x - y) - z) = I_ix - S_i(y + z)_{102.65}$$

$$\not\vdash_{102} S_i(x - (y + z))$$

$$106 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : x > y : \supset_{102.68.66} (x - y) + z = (x + z) - y$$

$$107 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : x > y > z : \supset_{102.68.67} x - (y - z) = (x - y) + z$$

$$108 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} : \supset : (I_ix) (I_ky) . \equiv I_l(xy) : (S_mx) (S_ny) . \equiv S_p(xy)$$

$$109 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} : \supset (xy) \varepsilon \text{ cut}$$

$$\therefore \subset : S_ix > I_kx . Siy > I_my . S_n(xy) = (S_ix) (S_iy)_{79.85.108}$$

$$. I_p(xy) = (I_kx) (I_my) : \supset_{75.108.61} S_n(xy) > I_p(xy)$$

$$\therefore \frac{a}{b} > (S_ix) (S_iy) : \supset_{79.85} \frac{a}{b} = (S_kx) (S_iy)_{108} = S_l(xy)$$

$$. S_kx = \frac{a}{b} / Siy$$

$$\therefore \frac{a}{b} < (I_ix) (I_iy) : \supset \frac{a}{b} = (I_kx) (I_iy) = I_l(xy)$$

$$. I_kx = \frac{a}{b} / I_iy$$

$$\begin{aligned}
\therefore \frac{a}{b} \therefore \sim : S_{ix} . S_{iy} . \frac{a}{b} &> (S_{ix})(S_{iy}) \therefore \sim : I_{ix} . I_{iy} . \frac{a}{b} < (I_{ix})(I_{iy}) \\
\therefore \supset \therefore \frac{c}{d} = \frac{a}{b} / \left(1 - \frac{e}{f}\right) . S_{kx} &<_{87.42} (I_{kx}) / \left(1 - \frac{e}{2f}\right) \\
. S_{ky} <_{87} (I_{ky}) / \left(1 - \frac{e}{2f}\right) : \supset . (S_{kx})(S_{ky}) &< \frac{(I_{kx})(I_{ky})}{1 - \frac{e}{f} + \frac{ee}{4ff}} \\
<_{78} \frac{(I_{kx})(I_{ky})}{1 - \frac{e}{f}} . \supset . (S_{kx})(S_{ky}) &< \frac{a}{b} / \left(1 - \frac{e}{f}\right) . \supset \\
. (S_{kx})(S_{ky}) < \frac{c}{d} \therefore \supset : \frac{c}{d} > \frac{a}{b} . \supset . \frac{c}{d} &= S_l(xy) \\
\therefore \frac{g}{h} = \frac{a}{b} \left(1 - \frac{i}{j}\right) . I_{ix} >_{87} (S_{ix}) &\left(1 - \frac{i}{2j}\right) . I_{iy} >_{87} (S_{iy}) \left(1 - \frac{i}{2j}\right) \\
: \supset . (I_{ix})(I_{iy}) >_{74.75} (S_{ix})(S_{iy}) \left(1 - \frac{i}{j} + \frac{ii}{4jj}\right) &> (S_{ix})(S_{iy}) \left(1 - \frac{i}{j}\right) \\
. \supset . (I_{ix})(I_{iy}) > \frac{a}{b} \left(1 - \frac{i}{j}\right) . \supset . (I_{ix})(I_{iy}) &> \frac{g}{h} \\
\therefore \supset : \frac{g}{h} < \frac{a}{b} . \supset . \frac{g}{h} = I_l(xy) \therefore \supset . \frac{a}{b} &= xy
\end{aligned}$$

$$110 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : \supset : x > y . \supset . xz > yz$$

$$\therefore \subset \therefore I_{ix} = S_{iy} + \frac{a}{b} . S_{iz} =_{87} I_{iz} + \frac{c}{d} . \frac{c}{d} = \frac{aI_{iz}}{bI_{ix}}$$

$$\therefore \supset . S_i(yz) =_{108} \left(I_{ix} - \frac{a}{b}\right) \left(I_{iz} + \frac{c}{d}\right) =_{73.72.65.25} (I_{ix})(I_{iz}) - \frac{ac}{bd}$$

$$111 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : \supset : x = y . \supset . xz = yz$$

G.110

$$112 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} : \supset . xy =_{108.70} yx$$

$$113 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : \supset . x(yz) = (xy)z = xyz$$

108.70.39

$$114 \quad x \varepsilon \text{ cut} . y \varepsilon \text{ cut} . z \varepsilon \text{ cut} : \supset . x(y+z) = xy + xz$$

108.72

$$115 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } z \varepsilon \text{ cut. } y > z : \supset . x(y - z) = xy - xz$$

$$\therefore \subset : I_i(x(y - z)) = I_jx I_ky - I_jx S_{lz} < S_m(xy - xz)$$

92.91 108.102.73 79.85.75.68

$$. S_i(x(y - z)) = S_jx S_ky - S_jx I_{lz} > I_m(xy - xz)$$

108.102.73 79.85.75.68

$$116 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } z \varepsilon \text{ cut. } t \varepsilon \text{ cut. } x > y . z > t : \supset . (x - y)(z - t) =$$

$$= (xz + yt) - (xt + yz)$$

$$\therefore \subset : I_i(x - y)(z - t) = (I_jx I_kz + S_{ly} S_{mt})$$

92.91 108.102.74

$$- (I_jx S_{mt} + S_{ly} I_kz) < S_n((xz + yt) - (xt + yz))$$

79.85.75.62.68

$$. S_i(x - y)(z - t) = (S_jx S_kz + I_{ly} I_{mt})$$

108.102.74

$$- (S_jx I_{mt} + I_{ly} S_kz) > I_n((xz + yt) - (xt + yz))$$

79.85.62.68.75

$$117 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } S_{iz} = S_{kx} / I_{ly} . I_{iz} = I_{kx} / S_{ly} : \supset : z \varepsilon \text{ cut. } z = x / y$$

$$\therefore \subset : \dots S_{kx} > I_{kx} . S_{ly} > I_{ly} : \supset . S_{kx} / I_{ly} > I_{kx} / S_{ly}$$

78.61

$$\therefore \frac{a}{b} > S_{ix} / I_{iy} : \supset : \frac{a}{b} = S_{kx} / I_{iy} = S_{kz} . S_{kx} = \frac{a}{b} I_{iy}$$

$$\therefore \frac{a}{b} < I_{ix} / S_{iy} : \supset : \frac{a}{b} = I_{kx} / S_{iy} = I_{kz} . I_{kx} = \frac{a}{b} S_{iy}$$

$$\therefore \frac{a}{b} \therefore \sim : S_{ix} . I_{iy} . \frac{a}{b} > S_{ix} / I_{iy} \therefore \sim : I_{ix} . S_{iy} . \frac{a}{b} < I_{ix} / S_{iy}$$

$$\therefore \supset : \frac{c}{d} = \frac{a}{b} / \left(1 - \frac{e}{f}\right) . S_{ix} <_{87} I_{ix} / \left(1 - \frac{e}{2f}\right) . I_{iy} >_{87} S_{iy} \left(1 - \frac{e}{2f}\right)$$

$$\therefore \supset : S_{ix} / I_{iy} < (I_{ix} / S_{iy}) / \left(1 - \frac{e}{f} + \frac{ee}{4ff}\right) < (I_{ix} / S_{iy}) / \left(1 - \frac{e}{f}\right)$$

78

$$. \supset . S_{ix} / I_{iy} < \frac{a}{b} / \left(1 - \frac{e}{f}\right) . \supset . S_{ix} / I_{iy} < \frac{c}{d}$$

$$\therefore \supset : \frac{c}{d} > \frac{a}{b} . \supset . \frac{c}{d} = S_{iz}$$

$$\begin{aligned}
& \therefore \frac{g}{h} = \frac{a}{b} \left(1 - \frac{i}{j}\right) \cdot I_m x \underset{87}{>} S_m x \left(1 - \frac{i}{2j}\right) \cdot S_m y \underset{87}{<} I_m y / \left(1 - \frac{i}{2j}\right) \\
& \therefore \underset{78}{\supset} \cdot I_m x / S_m y > (S_m x / I_m y) \left(1 - \frac{i}{j} + \frac{ii}{4jj}\right) > (S_m x / I_m y) \left(1 - \frac{i}{j}\right) \\
& \quad \cdot \supset \cdot I_m x / S_m y > \frac{a}{b} \left(1 - \frac{i}{j}\right) \cdot \supset \cdot I_m x / S_m y > \frac{g}{h} \\
& \therefore \supset \cdot \frac{g}{h} < \frac{a}{b} \cdot \supset \cdot \frac{g}{h} = I_m z \therefore \underset{79}{\supset} \cdot \frac{a}{b} = z \\
& \therefore S_i z = S_k x / I_i y \cdot \underset{42}{\supset} \cdot S_k x = (S_i z) (I_i y) \underset{108.G}{\not>} I_k (z y) \\
& \quad \cdot I_i z = I_k x / S_i y \cdot \supset \cdot I_k x = (I_i z) (S_i y) \underset{108.G}{\not>} S_k (z y) \\
& \quad \therefore \underset{91}{\supset} \cdot x = z y \cdot \underset{42}{\supset} \cdot z = x / y
\end{aligned}$$

$$118 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } z \varepsilon \text{ cut} \quad \therefore \underset{117.75.110}{\supset} \cdot x > y \cdot \underset{117.75.110}{\supset} \cdot x/z > y/z$$

$$\therefore x > y \cdot \underset{117.75.110}{\supset} \cdot z/x < z/y$$

$$119 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } z \varepsilon \text{ cut} \therefore \underset{G.118}{\supset} \cdot x = y \cdot \underset{G.118}{\supset} \cdot x/z = y/z$$

$$\therefore x = y \cdot \underset{G.118}{\supset} \cdot z/x = z/y$$

$$120 \quad x \varepsilon \text{ cut. } y \varepsilon \text{ cut. } z \varepsilon \text{ cut} \therefore \underset{117.108.91}{\supset} \cdot x/y = xz/yz$$

If x and y denote any defined objects of which the equality and the product are defined, then

$$121 \quad x = yy \cdot \equiv \cdot y = \sqrt{x} : \sqrt{x} \equiv \cdot \text{the square root of } x$$

8. Real numbers.

In the following propositions x, y, z, t, u, v, w will denote cuts, if not stated otherwise.

$$122 \quad (x + y) - z \equiv (x - z) + y \cdot x - z \equiv \text{real number } x - z$$

$$\begin{aligned}
123 \quad (x - y) + y & \underset{122}{=} (x + y) - y \underset{23}{=} x : (x - y) + (y + z) \underset{122.14}{=} \\
& = ((x + z) + y) - y \underset{23}{=} x + z
\end{aligned}$$

$$124 \quad x = (x + y) - y. \supset_{23} \text{ the cuts are real numbers} \quad 122$$

$$125 \quad (x - y) + z = (t - u) + z. \equiv x - y = t - u = x - y \quad 91$$

$$126 \quad x - y = z - t. \supset_{\zeta} : x + t = y + z. \supset_{100} t - z = y - x$$

$$\therefore \subset : x - y = z - t. \supset_{125} (x - y) + y + t$$

$$= (z - t) + y + t. \supset_{123} x + t = z + y$$

$$127 \quad x - y = z - t = u - v. \supset_{95.125} x - y = u - v$$

$$128 \quad ((x - y) + z) + ((t - u) + v). \equiv ((x - y) + (t - u)) + (z + v) \\ \therefore (x - y) + (t - u). \equiv \text{the sum of } x - y \text{ and } t - u$$

$$129 \quad (x - y) + (z - t) = (x + z) - (y + t) = (z - t) + (x - y) \quad 100 \\ \cdot \subset_{23} : (x - y) + (z - t) + (y + t)$$

$$= ((x - y) + y) + ((z - t) + t) = x + z \quad 128 \quad 123$$

$$130 \quad x - y = z - t. \supset_{\zeta} : (x - y) + (u - v) = (z - t) + (u - v)$$

$$\cdot \subset_{126} : (x - y) + (u - v) = (z - t) + (u - v). \supset_{129} (x + u) - (y + v)$$

$$= (z + u) - (t + v). \supset_{126} \zeta$$

$$\cdot x + u + t + v = z + u + y + v. \supset_{99} x + t = z + y$$

$$131 \quad (x - y) + ((z - t) + (u - v)) \stackrel{129.101}{=} ((x - y) + (z - t)) + (u - v)$$

$$132 \quad (x - y) - (z - t) = (x + t) - (y + z) = (x - y) + (t - z) \quad 129$$

$$\cdot \subset_{127} : (x - y) - (z - t) = u - v. \supset_{23} x - y = (u - v) + (z - t) = (z + u) - (t + v) \quad 129$$

$$\cdot \supset_{126} x + (t + v) = y + (z + u). \supset_{101.126} u - v = (x + t) - (y + z)$$

$$\begin{aligned}
 133 \quad (x-y) - ((z-t) + (u-v)) &\stackrel{129}{=} (x-y) - ((z+u) - (t+v)) \\
 &\stackrel{132}{=} (x-y) + ((t+v) - (z+u)) \\
 &\stackrel{129,14}{=} (x-y) + (t-z) + (v-u)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 134 \quad x=y &\stackrel{=}{=} x-y=0:0 \stackrel{=}{=} \text{zero}: x=y+z \stackrel{=}{=} x-y>0 \\
 &\stackrel{=}{=} x-y.\varepsilon. \text{ positive real number}: y-x<0 \\
 &\stackrel{=}{=} y-x.\varepsilon. \text{ negative real number}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 135 \quad 0 &= 0 \\
 &\stackrel{126}{\cdot} \prec : x=y \cdot z=t \stackrel{99}{\succ} \cdot x+t=y+z
 \end{aligned}$$

$$136 \quad (x-y) + 0 \stackrel{134,135}{=} (x-y) + (z-z) \stackrel{129}{=} (x+z) - (y+z) \stackrel{126}{=} x-y$$

$$137 \quad (x-y) - 0 \stackrel{134,135,132,136}{=} x-y$$

$$\begin{aligned}
 138 \quad x-y &= z-t \cdot \stackrel{\succ}{\zeta} \cdot (x-y) - (z-t) = 0 \\
 &\quad \cdot \prec : x-y = z-t \cdot \stackrel{\succ}{\zeta} \cdot x+t = y+z \\
 &\quad \quad \quad \stackrel{126}{=} \\
 &\quad \cdot \stackrel{\succ}{\zeta} \cdot = 0 = (x+t) - (y+z) \stackrel{132}{=} (x-y) - (z-t) \\
 &\quad \quad \quad \stackrel{134}{=}
 \end{aligned}$$

$$139 \quad 0 - (x-y) \stackrel{132,136}{=} y-x: 0 - (x-y) \cdot \stackrel{=}{=} \cdot - (x-y)$$

$$140 \quad x=y+z \cdot \succ : x-y=z \cdot y-x=-z$$

23 139

$$\begin{aligned}
 141 \quad (x-y)(z-t) &\stackrel{=}{=} (x-y)z - (x-y)t \cdot \stackrel{=}{=} \cdot x(z-t) - y(z-t) \\
 &\stackrel{=}{=} \cdot \text{the product of } x-y \text{ and } z-t
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 142 \quad (x-y)(z-t) &\stackrel{141}{=} \stackrel{132}{=} (xz+yt) - (xt+yz) \stackrel{112}{=} (z-t)(x-y) \\
 &\stackrel{100}{=} (y-x)(t-z)
 \end{aligned}$$

From this moment onwards a, b, c , etc. will denote real numbers, if not stated otherwise.

$$143 \quad a + (-b) = a - b. a - (-b) = a + b$$

$$: \subset :. a = x - y. b = z - t : \supset : a + (-b) = (x - y) + (t - z)$$

$$\stackrel{129}{=} (x + t) - (y + z) \stackrel{132}{=} (x - y) - (z - t)$$

$$. a - (-b) \stackrel{139}{=} (x - y) - (t - z) \stackrel{132}{=} (x + z) - (y + t)$$

$$\stackrel{129}{=} (x - y) + (z - t)$$

$$144 \quad a(-b) \stackrel{139.142}{=} -(ab). (-a)(-b) \stackrel{139.142}{=} ab$$

$$145 \quad a \neq 0. \supset : ab = 0. \supset . b = 0.$$

$$: \subset :. a = x - y. b = z - t : \supset : a > 0. \supset : (x - y)z$$

$$\stackrel{111}{=} (x - y)t. \supset . z = t :. a < 0. \supset : (y - x)z$$

$$\stackrel{111}{=} (y - x)t. \supset . z = t$$

$$146 \quad 0 \times 0 = 0$$

134.142.111.99

$$147 \quad a \neq 0. \supset . aa > 0$$

140.144

$$148 \quad aa + bb = 0. \supset : a = 0. b = 0$$

147.136.97.G

$$149 \quad a(b + c) = ab + ac$$

$$. \subset :. a = x - y. b = z - t. c = u - v : \supset$$

$$. a(b + c) \stackrel{142.114}{=} (xz + xu + yt + yv)$$

$$- (yz + yu + xt + xv) \stackrel{129}{=} ((xz + yt)$$

$$- (yz + xt)) + ((xu + yv) - (yu + xv))$$

$$150 \quad a \neq 0. \supset : b = c. \supset . ab = ac$$

134.149.145

$$151 \quad a(bc) = (ab)c$$

141.144.113

$$152 \quad \frac{a}{-b} = -\frac{a}{b} \cdot \frac{-a}{-b} = \frac{a}{b}$$

42.144

$$153 \quad a \neq 0 \cdot \supset : b = c \cdot \frac{b}{a} = \frac{c}{a} \therefore a = b \neq 0 \cdot \supset \cdot \frac{c}{a} = \frac{c}{b}$$

42.150

$$\therefore \frac{c}{a} = \frac{c}{b} \neq 0 \cdot \supset \cdot a = b$$

42.150

$$154 \quad \frac{a}{b} \cdot a \neq 0 \cdot \supset \cdot b \neq 0$$

42.145.146.G

$$155 \quad a \neq 0 \cdot \supset \cdot \frac{b}{c} = \frac{ab}{ac}$$

150.42

9. Complex numbers.

$$156 \quad aa - bb = (a + b)(a - b)$$

149.144.143

$$157 \quad aa + bb \equiv (a + bi)(a - bi) : 1i \equiv i \equiv \text{the imaginary unit} : a + bi \equiv \text{complex number } a + bi \equiv$$

.the conjugate complex number to $a - bi$

$$: aa + bb \equiv \text{the norm of } a + bi : \sqrt{aa + bb} \equiv |a + bi|$$

$\equiv$.the absolute value of $a + bi$

$$158 \quad a + 0i \equiv a : 0 + ai \equiv ai$$

$\equiv$.purely imaginary number $ai : 0 + 0i \equiv 0$

$$159 \quad a = b \cdot c = d : \equiv a + ci = b + di = a + ci$$

125

$$160 \quad a + bi = c + di = e + fi \cdot \supset \cdot a + bi = e + fi$$

159.127

$$161 \quad (a + bi) + (c + di) \equiv (a + c) + (b + d)i = (c + di) + (a + bi)$$

129

$$162 \quad a + bi = c + di \cdot \supset \cdot (a + bi) + (e + fi) = (c + di) + (e + fi)$$

161.159.130

$$163 \quad (a+bi) + ((c+di) + (e+fi)) = ((a+bi) + (c+di)) + (e+fi) \\ 161.159.131$$

$$164 \quad (a+bi)(c+di) \equiv (ac-bd) + (ad+bc)i \equiv (c+di)(a+bi) \\ 142.159 \\ : (a+bi)(c+di) \equiv \text{the product of } a+bi \text{ and } c+di$$

$$165 \quad (a+bi)((c+di) + (e+fi)) = (a+bi)(c+di) + (a+bi)(e+fi) \\ 161.164$$

$$166 \quad (a+bi)((c+di)(e+fi)) = ((a+bi)(c+di))(e+fi) \\ 164$$

$$167 \quad a+bi=0 \cdot \supset \cdot (a+bi)(c+di)=0 \\ 158.164.145.146$$

$$168 \quad (a+bi)(c+di)=0 \cdot a+bi \neq 0 \cdot \supset \cdot c+di=0$$

$$\therefore \cdot \cdot \cdot \cdot ac-bd=0 \cdot ad+bc=0 \cdot \supset \\ 148.158 \quad 164.158 \quad 164.581$$

$$\therefore a \neq 0 \cdot \supset \cdot bde = ace = -add \cdot \supset \\ 138.146.135 \quad 149$$

$$\cdot a(cc+dd)=0 \cdot \supset \cdot cc+dd=0 \\ 145$$

$$\therefore b \neq 0 \cdot \supset \cdot acd = bdd = -bcc \cdot \supset \cdot b(dd+cc)=0 \\ 138.146.135 \quad 149$$

$$169 \quad a+bi \neq 0 \cdot \supset \cdot c+di = e+fi \cdot \supset \cdot (a+bi)(c+di) = (a+bi)(e+fi) \\ 23.134.158.165.167.168$$

$$170 \quad a+bi \neq 0 \cdot \supset \cdot \frac{c+di}{a+bi} = \frac{ac+bd}{aa+bb} + \frac{ad-bc}{aa+bb}i \\ 42.164.159$$

$$171 \quad a+bi \neq 0 \cdot \supset \cdot c+di = e+fi \cdot \supset \cdot \frac{c+di}{a+bi} = \frac{e+fi}{a+bi} \\ 42.169$$

$$\therefore a+bi = c+di \neq 0 \cdot \supset \cdot \frac{e+fi}{a+bi} = \frac{e+fi}{c+di}$$

$$\therefore \frac{e+fi}{a+bi} = \frac{e+fi}{c+di} \neq 0 \cdot \supset \cdot a+bi = c+di \\ 42.169$$

$$172 \quad a+bi \neq 0 \cdot c+di \neq 0 \cdot \supset \cdot \frac{e+fi}{c+di} = \frac{(a+bi)(e+fi)}{(a+bi)(c+di)} \\ 169$$

10. Concluding remarks.

The primitive concepts and primitive propositions together with the indispensable definitions make up the foundations. Writer has tried to start from perception and the primitive ideas involved therein (instead of *Veronese's* thought). The definitions are brought in closer accordance with the historical development of arithmetical concepts, and, perhaps, also with the development of individual thinking. Thus the rational, real, and complex numbers are defined not simply as ordered pairs of numbers already settled but, following *Peano*¹, as pairs in proper symbolical connexion. And the formulas for the fundamental operations are given not in their final form but in a more suggestive preliminary form, from which, by proper propositions, the final form is derived.

The symbolics used remain, of course, open to criticism. For it is a pure convention. The writer has tried to use no new symbol. Still *Heyting's* symbol $\equiv$ is used in a slightly different meaning as a symbol of definition. The quantity of different logical symbols is reduced to 5. This has been possible in consequence of writer's aim not to develop an algebra of arithmetical propositions but to convey to the reader the fundamental facts of arithmetic.

The writer is much indebted to Dr. *J. Nunt* and Dr. *A. Tudeberg* for very valuable criticisms.

Corrigenda.

In the proposition

19 must be $a \neq 1 \cdot \underset{1}{\supset} : b \cdot a = b + 1$

21 omit $a \cdot b : \supset ::$

45 must be $\frac{a}{c}$ instead of $\frac{a}{b}$

48 must be $\cdot$ instead of $:$

52 and 69 must be $\cdot$ and $:$ instead of $:$ and $::$

69 omit $\frac{ab}{c} \varepsilon n \cdot \frac{de}{f} \varepsilon n$

¹ *G. Peano, Arithmétique (1898), § 2 P 060.*

**ORTHOGONALSYSTEME VON POLYNOMEN
UND EXTREMUMPROBLEME DER
INTERPOLATIONSRECHNUNG**

VON

ARNOLD TUDEBERG

TARTU 1935

Im ersten Teil der vorliegenden Arbeit werden die wichtigsten allgemeinen Tatsachen über Orthogonalsysteme von Polynomen in wenigen Lehrsätzen dargestellt. Der zweite Teil beschäftigt sich mit einem Beispiel zu der allgemeinen Theorie; es ist dies eine Klasse von Polynomensystemen, die im wesentlichen aus gewissen Spezialfällen der Systeme *Jacobischer* Polynome besteht und ihrerseits u. a. die *Tschebyscheffschen* und die *Legendreschen* Polynome als Sonderfälle enthält. Die Ergebnisse des zweiten Teils dienen sodann dazu, um — im dritten Teil — eine Gruppe von Extremalaufgaben der Interpolationsrechnung von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zu bewältigen und die Lösungen der einzelnen Probleme miteinander zu vergleichen.

Orthogonalsysteme von Polynomen haben in verschiedener spezieller Form schon seit *Laplace*¹ und *Legendre*² in der Potentialtheorie, seit *Gauß*³ und *Tschebyscheff*⁴ in der Interpolationsrechnung und seit *Jacobi*⁵ in der Theorie der Differentialgleichungen eine Rolle gespielt; in ihrer vollen Allgemeinheit sind sie jedoch erst in der Lehre von den *Stieltjesschen*⁶ Kettenbrüchen aufgetreten und seitdem vielseitig untersucht worden.

¹ *P. S. Laplace*, Théorie des attractions des Sphéroïdes et de la figure des Planètes. *Mémoires de Mathématique et de Physique, tirés des registres de l'Académie Royale des Sciences. Année 1782.* Paris 1785.

² *A. M. Legendre*, Sur l'attraction des Sphéroïdes. *Mémoires de Mathématique et de Physique, présentés à l'Académie Royale des Sciences, par divers savans.* 10. Paris 1785.

³ *C. F. Gauss*, Methodus nova integralium valores per approximationem inveniendi. *Commentationes Societatis Regiae Scientiarum Gottingensis recentiores.* 3. 1816.

⁴ *P. Tchëbychev*, Sur les questions de Minima qui se rattachent à la représentation approximative des fonctions. *Mémoires de l'Académie Impériale des Sciences de Saint-Petersbourg.* VI^e série, 9, 1^e partie. 1859.

P. Tchëbichef, Sur les quadratures. *Journal de Mathématiques pures et appliquées.* (2), 19. 1874.

⁵ *C. G. J. Jacobi*, Untersuchungen über die Differentialgleichung der hypergeometrischen Reihe. *Journal für die reine und angewandte Mathematik.* 56. 1859.

⁶ *T. J. Stieltjes*, Recherches sur les fractions continues. *Annales de la Faculté des Sciences de Toulouse pour les sciences mathématiques et les sciences physiques.* 8. 1894.

Wenn nun hier der Gegenstand nochmals in Angriff genommen und alles aufs neue von Anfang an entwickelt wird, so veranlaßt dazu der Wunsch, einige in der umfangreichen Literatur zeitlich und örtlich zerstreute Dinge in ihrem inhaltlichen Zusammenhang aufeinanderfolgen zu lassen und womöglich daran auch hie und da eine neue Folgerung zu knüpfen.

Erster Teil.

Über Orthogonalsysteme von Polynomen.

§ 1. Definitionen und vorbereitende Sätze.

Die Funktion $\psi(x)$ sei im Intervall $a < x < b$ definiert und dort nur nichtnegativer Werte fähig:

$$(1) \quad \psi(x) \geq 0 \quad \text{für } a < x < b;$$

ihr (*Lebesguesches*) Integral, über dasselbe Intervall erstreckt, sei positiv:

$$(2) \quad \int_a^b \psi(x) dx > 0.$$

Die Integrale ⁷

$$\int_a^b x^\alpha \psi(x) dx = m_\alpha \quad (\alpha = 0, 1, 2, \dots)$$

wollen wir die zur Funktion $\psi(x)$ als einer Belegungsfunktion gehörigen Momente nennen. Ferner definieren wir das (mit derselben Belegungsfunktion in demselben Intervall — im Belegungsintervall oder Grundgebiet — gebildete) innere Produkt (F, G) zweier Funktionen $F(x)$ und $G(x)$ durch das Integral

$$\int_a^b F(x) G(x) \cdot \psi(x) dx = (F, G).$$

⁷ Im ersten Teil sind alle Integrale im *Lebesgueschen* Sinne zu nehmen.

Die Funktionen $F(x)$ und $G(x)$ werden zueinander orthogonal genannt, falls dieses Integral verschwindet, d. h. wenn $(F, G) = 0$ ist. Das innere Produkt einer Funktion $F(x)$ mit sich selbst wollen wir als Norm dieser Funktion bezeichnen —

$$(F, F) = \int_a^b [F(x)]^2 \psi(x) dx = NF,$$

wofür wir also kurz NF schreiben.

Satz 1 (verschärfter Mittelwertsatz).

Es sei $\Phi(x) \geq 0$ in allen Punkten x einer linearen (beschränkten oder unbeschränkten) Punktmenge $\mathfrak{P}$; das Integral von $\Phi(x)$, über die Menge $\mathfrak{P}$ erstreckt, sei positiv; wenn nun irgendeine Funktion $F(x)$ so beschaffen ist, daß das Integral

$$\int_{\mathfrak{P}} F(x) \Phi(x) dx$$

existiert, dann liegt der (konstante) Quotient

$$\frac{\int_{\mathfrak{P}} F(x) \Phi(x) dx}{\int_{\mathfrak{P}} \Phi(x) dx}$$

oberhalb jeder unteren Schranke von $F(x)$ bzw. unterhalb jeder oberen Schranke von $F(x)$, falls $F(x)$ in $\mathfrak{P}$ von unten bzw. von oben oder in beiden Richtungen beschränkt ist.

Beweis. Den linearen Ausdruck (in y)

$$(3) \quad y \int_{\mathfrak{P}} \Phi(x) dx - \int_{\mathfrak{P}} F(x) \Phi(x) dx$$

bezeichnen wir kurz mit $L(y)$; es ist also

$$(4) \quad L(y) = \int_{\mathfrak{P}} [y - F(x)] \Phi(x) dx.$$

Falls nun $F(x) > A$ für alle x in $\mathfrak{P}$, so ist $L(A) < 0$; das zeigen wir folgendermaßen. In (4) ist dann der Integrand $[A - F(x)] \Phi(x) \leq 0$ überall in $\mathfrak{P}$ und daher sicherlich $L(A) \leq 0$;

es bleibt also noch nachzuweisen, daß $L(A) \neq 0$ ist. Die Menge derjenigen Punkte x von $\mathfrak{P}$, in denen $\Phi(x) \neq 0$ ist, — wir bezeichnen sie mit $\mathfrak{N}$ —, hat ein nichtverschwindendes Maß, weil sonst ja $\int_{\mathfrak{P}} \Phi(x) dx = 0$ wäre; $\mathfrak{N}$ ist zugleich die Menge aller Punkte von $\mathfrak{P}$, in denen $[A - F(x)] \Phi(x) < 0$ ist. Nun sei $\mathfrak{M}_\alpha$ die Menge solcher Punkte x von $\mathfrak{P}$, wo

$$[A - F(x)] \Phi(x) \leq -\frac{1}{\alpha}$$

ist, unter α eine positive ganze Zahl verstanden. Wir behaupten, daß mindestens eine der Mengen $\mathfrak{M}_\alpha$ ($\alpha = 1, 2, 3, \dots$) (und daher auch alle nachfolgenden) ein positives Maß haben muß. $\mathfrak{N}$ ist offenbar die Vereinigungsmenge aller $\mathfrak{M}_\alpha$; wären nun sämtliche $\mathfrak{M}_\alpha$ Nullmengen, so wäre $\mathfrak{N}$ als Vereinigungsmenge von abzählbar-vielen Nullmengen ebenfalls eine Nullmenge, was aber nicht der Fall ist. Folglich gibt es eine der Mengen $\mathfrak{M}_\alpha$, etwa $\mathfrak{M}_\nu$, vom Maß $m_\nu > 0$. Dann gilt offenbar

$$\int_{\mathfrak{P}} [A - F(x)] \Phi(x) dx \leq \int_{\mathfrak{M}_\nu} [A - F(x)] \Phi(x) dx \leq -\frac{m_\nu}{\nu} < 0,$$

also $L(A) < 0$.

Wegen der Voraussetzung $\int_{\mathfrak{P}} \Phi(x) dx > 0$ gilt andererseits, wie aus (3) leicht ersichtlich,

$$L(y) \rightarrow +\infty, \text{ wenn } y \rightarrow +\infty.$$

Der Wert des Quotienten

$$\frac{\int_{\mathfrak{P}} F(x) \Phi(x) dx}{\int_{\mathfrak{P}} \Phi(x) dx},$$

der die einzige Nullstelle von $L(y)$ ist, liegt daher tatsächlich, wie behauptet, oberhalb der Schranke A .

Im Falle $F(x) < B$ (für alle x in $\mathfrak{P}$) ergibt sich analog aus $L(B) > 0$ und

$$L(y) \rightarrow -\infty, \text{ wenn } y \rightarrow -\infty$$

der zweite Teil der Behauptung.

Der Fall $A < F(x) < B$ (für alle x in $\mathfrak{P}$) ist eigentlich durch die beiden vorangehenden bereits erledigt, am einfachsten aber direkt durch $L(A) < 0$ und $L(B) > 0$.

Satz 2.

Wenn eine Funktion $F(x)$ zu irgendwelchen $\nu + 1$ Polynomen $P_0(x), P_1(x), P_2(x), \dots, P_\nu(x)$ orthogonal ist und dabei jedes $P_\alpha(x)$ genau den Grad α hat, d. h.

$$P_\alpha(x) = p_0^{(\alpha)} x^\alpha + p_1^{(\alpha)} x^{\alpha-1} + \dots + p_{\alpha-1}^{(\alpha)} x + p_\alpha^{(\alpha)}$$

mit $p_0^{(\alpha)} \neq 0 \quad (\alpha = 0, 1, 2, \dots, \nu),$

so ist $F(x)$ zu jedem beliebigen Polynom $Q(x)$ vom Grade $\leq \nu$ orthogonal⁸.

Beweis. Das Polynom $Q(x)$ sei vom Grade $\mu \leq \nu$:

$$Q(x) = q_0 x^\mu + q_1 x^{\mu-1} + \dots + q_{\mu-1} x + q_\mu.$$

Wir behaupten, daß es auf genau eine Weise möglich ist, das Polynom $Q(x)$ als ein lineares Aggregat der Polynome $P_0(x), P_1(x), \dots, P_\mu(x)$ darzustellen. Für $\mu = 0$ ist die Behauptung richtig; denn $Q(x)$ ist dann eine Konstante, nämlich q_0 , und

$$P_0(x) = p_0^{(0)} \neq 0, \text{ daher also } Q(x) = C_0 P_0(x) \text{ mit } C_0 = \frac{q_0}{p_0^{(0)}}.$$

Vorausgesetzt, daß die Behauptung für alle $\mu \leq \kappa < \nu$ zutrifft, folgt aber sofort ihre Gültigkeit auch für $\mu = \kappa + 1$. Denn setzt man versuchsweise

$$Q(x) = C_{\kappa+1} P_{\kappa+1}(x) + C_\kappa P_\kappa(x) + \dots + C_0 P_0(x),$$

so ergibt sich daraus durch Vergleich der Koeffizienten bei $x^{\kappa+1}$ die Bedingung

$$q_0 = C_{\kappa+1} p_0^{(\kappa+1)},$$

die immer (und zwar auf nur eine Weise) erfüllt werden kann (weil $p_0^{(\kappa+1)} \neq 0$):

$$C_{\kappa+1} = \frac{q_0}{p_0^{(\kappa+1)}};$$

⁸ Insbesondere ist $F(x)$ dann zu den sukzessiven Potenzen x^α ($\alpha = 0, 1, 2, \dots, \nu$) orthogonal.

die Differenz $Q(x) - C_{\kappa+1} P_{\kappa+1}(x)$ ist nur noch ein Polynom vom Grade $\leq \kappa$, die Konstanten $C_{\kappa}, C_{\kappa-1}, \dots, C_0$ sind mithin voraussetzungsgemäß eindeutig bestimmt. Es schreibt sich daher allgemein

$$Q(x) = C_{\mu} P_{\mu}(x) + C_{\mu-1} P_{\mu-1}(x) + \dots + C_0 P_0(x).$$

Wir berechnen nun das innere Produkt (F, Q) . Die dazu erforderliche Integration läßt sich gliedweise ausführen ($\mu + 1$ Glieder), wodurch wir erhalten:

$$(F, Q) = C_{\mu} (F, P_{\mu}) + C_{\mu-1} (F, P_{\mu-1}) + \dots + C_0 (F, P_0).$$

Da nach der Voraussetzung des Satzes sämtliche (F, P_{α}) für $\alpha \leq \nu$ verschwinden, verschwindet auch die rechtsstehende Summe und der Satz ist bewiesen.

Anmerkung. Bei den folgenden Sätzen (Sätze 3 bis 10) werden der Belegungsfunktion $\psi(x)$ stets dieselben Forderungen (1) und (2) gestellt. Will man aber die Behauptungen und Beweise auch im Falle eines unendlichen Grundgebietes bestehen lassen, — also wenn a durch $-\infty$ ersetzt wird, oder b durch $+\infty$, oder gleichzeitig a durch $-\infty$ und b durch $+\infty$, — so braucht man der Belegungsfunktion nur noch die weitere Voraussetzung aufzuerlegen, daß sämtliche zu ihr gehörige Momente existieren. Da sich dabei alles genau ebenso entwickelt (einige Beweise verkürzen sich bloß an manchen Stellen, was auch jeweils leicht einzusehen ist), brauchen wir auf diesen Fall nicht gesondert einzugehen.

Satz 3.

Jedes Polynom hat eine positive Norm.

Beweis. $P(x)$ sei ein beliebiges Polynom ν -ten Grades; seine Norm

$$NP = \int_a^b [P(x)]^2 \psi(x) dx$$

existiert und ist sicherlich ≥ 0 , weil in $a < x < b$ der Integrand nirgends negativ ist. Wir zeigen, daß sie nicht verschwinden kann.

Die Anzahl der reellen Nullstellen von $P(x)$ kann höchstens ν sein; von diesen mögen etwa μ im Integrationsintervall liegen. Diese μ (einfachen oder mehrfachen) Nullstellen $x_1, x_2, \dots, x_\mu$ zerlegen das Intervall $a < x < b$ in offene Teilintervalle:

$$a < x < x_1, \quad x_1 < x < x_2, \quad \dots, \quad x_\mu < x < b.$$

Wir fassen diese Teilintervalle zur Punktmenge $\mathfrak{P}$ zusammen und wenden den Satz 1 an:

$$\text{da } \int_{\mathfrak{P}} \psi(x) dx = \int_a^b \psi(x) dx = m_0 > 0$$

und $[P(x)]^2 > 0$ für alle x in $\mathfrak{P}$,

$$\text{so ist } \frac{\int_{\mathfrak{P}} [P(x)]^2 \psi(x) dx}{\int_{\mathfrak{P}} \psi(x) dx} > 0;$$

folglich auch

$$\int_a^b [P(x)]^2 \psi(x) dx = \int_{\mathfrak{P}} [P(x)]^2 \psi(x) dx > 0,$$

q. e. d.

Satz 4.

Wenn es ein Polynom

$$F(x) \equiv x^\nu + k_1 x^{\nu-1} + k_2 x^{\nu-2} + \dots + k_{\nu-1} x + k_\nu$$

gibt, das zu irgendwelchen Polynomen $P_\alpha(x)$ ($\alpha = 0, 1, 2, \dots, \nu-1$), je vom Grade α , orthogonal ist, so gilt für dieses $F(x)$ die Beziehung

$$NF = (F, x^\nu).$$

Beweis. Es ist

$$\begin{aligned} NF = (F, F) &= (F, x^\nu) + k_1 (F, x^{\nu-1}) + k_2 (F, x^{\nu-2}) + \dots + \\ &\quad + k_{\nu-1} (F, x) + k_\nu (F, 1), \end{aligned}$$

worin nach Satz 2

$$(F, x^{v-1}) = (F, x^{v-2}) = \dots = (F, x) = (F, 1) = 0.$$

Eine Funktionenfolge

$$F_0(x), F_1(x), F_2(x), F_3(x), \dots$$

wird als ein zur Belegungsfunktion $\psi(x)$ im Grundgebiet $a < x < b$ gehörendes Orthogonalsystem bezeichnet, wenn für je zwei dieser Funktionen die Orthogonalitätsbeziehung

$$(F_\alpha, F_\beta) = 0 \quad (\alpha \neq \beta)$$

stattfindet, wobei unter (F_α, F_β) das mit der Belegungsfunktion $\psi(x)$ in $a < x < b$ gebildete innere Produkt der Funktionen $F_\alpha(x)$ und $F_\beta(x)$ zu verstehen ist.

In den folgenden Paragraphen wollen wir nun solche Orthogonalsysteme behandeln, die ausschließlich aus Polynomen bestehen. Diese Polynome schreiben wir fortan in der Form

$$x^\alpha + q_1^{(\alpha)} x^{\alpha-1} + q_2^{(\alpha)} x^{\alpha-2} + \dots + q_{\alpha-1}^{(\alpha)} x + q_\alpha^{(\alpha)} \equiv Q_\alpha(x),$$

d. h. mit dem Koeffizienten Eins bei der höchsten Potenz.

§ 2. Allgemeine Sätze über Orthogonalsysteme von Polynomen.

Satz 5 (Fundamentalsatz).

Zu jeder Belegungsfunktion $\psi(x)$, die den Bedingungen (1) und (2) genügt, gibt es im Intervall $a < x < b$ ein und nur ein Orthogonalsystem von Polynomen

$$Q_\alpha(x) = x^\alpha + q_1^{(\alpha)} x^{\alpha-1} + q_2^{(\alpha)} x^{\alpha-2} + \dots + q_{\alpha-1}^{(\alpha)} x + q_\alpha^{(\alpha)} \quad (\alpha = 0, 1, 2, 3, \dots)$$

(die also bei der höchsten Potenz den Koeffizienten Eins haben).

Beweis. Das nullte Polynom ist durch die Forderung, daß der höchste Koeffizient Eins sein soll, allein schon eindeutig festgesetzt:

$$Q_0(x) = x^0 = 1,$$

$$\Delta_\nu = \begin{vmatrix} m_{2\nu-2} & m_{2\nu-3} & \dots & m_{\nu-1} \\ m_{2\nu-3} & m_{2\nu-4} & \dots & m_{\nu-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_{\nu-1} & m_{\nu-2} & \dots & m_0 \end{vmatrix}.$$

Wir behaupten, daß die Determinante Δ_ν für alle ν von Null verschieden, und zwar positiv ist. Im Falle $\nu = 1$ trifft die Behauptung offenbar zu: $\Delta_1 = m_0 > 0$. Die allgemeine Gültigkeit unserer Behauptung beweisen wir nun durch den Schluß von ν auf $\nu + 1$. Angenommen, es sei $\Delta_\nu > 0$. Dann ist das Gleichungssystem (5) auf genau eine Weise lösbar, und die Lösung lautet:

$$q_\alpha^{(\nu)} = \frac{\Delta_{\nu+1}^{(\alpha+1)}}{\Delta_\nu} \quad (\alpha = 1, 2, 3, \dots, \nu),$$

wenn wir mit $\Delta_{\nu+1}^{(\beta)}$ die zum β -ten Element der ersten Reihe gehörende Unterdeterminante von $\Delta_{\nu+1}$ bezeichnen⁹. Das mit diesen Zahlen $q_\alpha^{(\nu)}$ als Koeffizienten (nach der obigen Vorschrift) gebildete Polynom $Q_\nu(x)$ ist aber dann zu sämtlichen Potenzen x^α , mit $\alpha = 0, 1, 2, \dots, \nu - 1$, orthogonal, und es ist daher nach Satz 4

$$NQ_\nu = (Q_\nu, x^\nu).$$

Diese Norm drückt sich somit durch die Momente folgendermaßen aus:

$$\begin{aligned} (Q_\nu, x^\nu) &= m_{2\nu} + q_1^{(\nu)} m_{2\nu-1} + q_2^{(\nu)} m_{2\nu-2} + \dots + q_\nu^{(\nu)} m_\nu \\ &= \frac{1}{\Delta_\nu} \left(m_{2\nu} \Delta_{\nu+1}^{(1)} + m_{2\nu-1} \Delta_{\nu+1}^{(2)} + m_{2\nu-2} \Delta_{\nu+1}^{(3)} + \dots + m_\nu \Delta_{\nu+1}^{(\nu+1)} \right) \\ &= \frac{\Delta_{\nu+1}}{\Delta_\nu}. \end{aligned}$$

⁹ Es ist also $\Delta_{\nu+1}^{(1)} = \Delta_\nu$,

$$\Delta_{\nu+2}^{(2)} = - \begin{vmatrix} m_{2\nu-1} & m_{2\nu-3} & m_{2\nu-4} & m_{\nu-1} \\ m_{2\nu-2} & m_{2\nu-4} & m_{2\nu-5} & m_{\nu-2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ m_\nu & m_{\nu-2} & m_{\nu-3} & m_0 \end{vmatrix} \quad \text{u. s. f.}$$

Nach Satz 3 ist nun $NQ_\nu > 0$ und daher $\frac{\Delta_{\nu+1}}{\Delta_\nu} > 0$, woraus, wegen der Annahme $\Delta_\nu > 0$, folgt $\Delta_{\nu+1} > 0$. Also gilt unsere Behauptung für alle ν .

Das Gleichungssystem (5) hat hiernach stets eine und nur eine Lösung; sämtliche $Q_\alpha(x)$ sind also eindeutig bestimmt, und der Satz ist bewiesen.

Folgerung. Sobald irgendwelche Polynome

$$P_\alpha(x) = p_0^{(\alpha)}x^\alpha + p_1^{(\alpha)}x^{\alpha-1} + \dots + p_{\alpha-1}^{(\alpha)}x + p_\alpha^{(\alpha)}$$

$$(\alpha = 0, 1, 2, \dots; \quad p_0^{(\alpha)} \neq 0)$$

ein Orthogonalsystem (in bezug auf die Belegungsfunktion $\psi(x)$ im Intervall $a < x < b$) bilden, so sind sämtliche $\frac{1}{p_0^{(\alpha)}} P_\alpha(x)$ ebenfalls zueinander orthogonal. Nach dem soeben bewiesenen Satze stimmt aber das Orthogonalsystem

$$\frac{1}{p_0^{(0)}} P_0(x), \quad \frac{1}{p_0^{(1)}} P_1(x), \quad \frac{1}{p_0^{(2)}} P_2(x), \dots$$

mit dem System $Q_0(x), Q_1(x), Q_2(x), \dots$ völlig überein.

Andererseits ist die Folge

$$C_0 Q_0(x), \quad C_1 Q_1(x), \quad C_2 Q_2(x), \dots$$

auch stets ein Orthogonalsystem, wobei man über die Konstanten $C_0, C_1, C_2, \dots$ noch frei verfügen kann (es darf bloß keine darunter verschwinden).

Aus beiden Tatsachen folgt, daß durch die Angabe der Belegungsfunktion und des Grundgebietes also in dem zugehörigen Orthogonalsystem von Polynomen sämtliche Elemente (d. h. die einzelnen Polynome des Systems) bis auf multiplikative Konstanten eindeutig bestimmt sind.

Satz 6 (der erste Nullstellensatz).

Jedes Polynom eines Orthogonalsystems von Polynomen hat lauter einfache reelle Nullstellen, die sämtlich im Grundgebiete des Systems liegen.

Beweis. Es sei

$$Q_\nu(x) = x^\nu + q_1^{(\nu)} x^{\nu-1} + q_2^{(\nu)} x^{\nu-2} + \dots + q_\nu^{(\nu)}$$

ein Polynom unseres Orthogonalsystems und sein Grad ν sei positiv (für $\nu = 0$ ist die Behauptung noch sinnlos). Wir führen den Beweis in drei Schritten.

1) $Q_\nu(x)$ hat keine komplexe Nullstelle. Gäbe es eine solche, etwa $v + iw$, so wäre $v - iw$ ebenfalls eine Nullstelle von $Q_\nu(x)$, weil die Koeffizienten von $Q_\nu(x)$ reell sind. Dann könnte man $Q_\nu(x)$ in zwei reelle Faktoren zerlegen:

$$Q_\nu(x) = (x^2 - 2vx + v^2 + w^2)P(x),$$

von denen $P(x)$ ein Polynom $(\nu - 2)$ -ten Grades wäre. Es müßte daher nach Satz 2 $(Q_\nu, P) = 0$ sein. Nun ist aber

$$(Q_\nu, P) = \int_a^b (x^2 - 2vx + v^2 + w^2) [P(x)]^2 \psi(x) dx,$$

worin

$$x^2 - 2vx + v^2 + w^2 = (x - v)^2 + w^2 > 0$$

für alle reellen x ; nach Satz 3 ist ferner

$$\int_a^b [P(x)]^2 \psi(x) dx = NP > 0,$$

und daher nach Satz 1

$$(Q_\nu, P) > 0.$$

Die Annahme, daß eine komplexe Nullstelle vorhanden ist, führt also zu einem Widerspruch.

2) $Q_\nu(x)$ hat keine mehrfache Nullstelle. Denn hätte es eine solche, etwa u , so wäre $Q_\nu(x)$ durch mindestens die zweite Potenz von $x - u$ teilbar:

$$Q_\nu(x) = (x - u)^2 R(x),$$

und der Quotient $R(x)$ wäre ein Polynom $(\nu - 2)$ -ten Grades; hiermit würde einerseits aus Satz 2 folgen:

$$(Q_\nu, R) = 0,$$

andererseits aber — wenn wir $(x - u) R(x)$ kurz mit $S(x)$ bezeichnen — wäre $(Q_\nu, R) = NS$, und daher nach Satz 3 (weil $S(x)$ ein Polynom $(\nu - 1)$ -ten Grades ist)

$$(Q_\nu, R) > 0.$$

3) Alle Nullstellen von $Q_\nu(x)$ liegen im Intervall $a < x < b$. Gäbe es eine Nullstelle t derart, daß $t \leq a$ [oder $t \geq b$] gälte, so wäre in der Identität $Q_\nu(x) = (x - t) T(x)$ der Faktor $x - t > 0$ [oder $x - t < 0$] für $a < x < b$, und $T(x)$ wäre ein Polynom $(\nu - 1)$ -ten Grades. Da nun

$$(Q_\nu, T) = \int_a^b (x - t) [T(x)]^2 \psi(x) dx$$

und nach Satz 3

$$\int_a^b [T(x)]^2 \psi(x) dx > 0,$$

so würde hiermit aus Satz 1 folgen:

$$(Q_\nu, T) > 0 \quad [\text{oder } (Q_\nu, T) < 0].$$

Im Widerspruch dazu ergäbe sich aber aus Satz 2:

$$(Q_\nu, T) = 0.$$

Folgerung aus Satz 6.

$$Q_{2\alpha}(a) > 0, \quad Q_{2\alpha+1}(a) < 0 \quad \text{und} \quad Q_\alpha(b) > 0 \\ (\alpha = 0, 1, 2, \dots).$$

Satz 7 (Hilfssatz).

Für je drei aufeinanderfolgende Polynome $Q_\alpha(x)$ gilt die Identität

$$Q_{\nu+1}(x) - \left[x - \frac{(Q_\nu, xQ_\nu)}{NQ_\nu} \right] Q_\nu(x) + \frac{NQ_\nu}{NQ_{\nu-1}} Q_{\nu-1}(x) \equiv 0 \quad (\nu \geq 1).$$

Beweis. Die Differenz $Q_{\nu+1}(x) - xQ_\nu(x)$ ist offenbar ein Polynom vom Grade $\leq \nu$:

$$Q_{\nu+1}(x) - xQ_\nu(x) = (q_1^{(\nu+1)} - q_1^{(\nu)})x^\nu + (q_2^{(\nu+1)} - q_2^{(\nu)})x^{\nu-1} + \dots + \\ + (q_\nu^{(\nu+1)} - q_\nu^{(\nu)})x + q_{\nu+1}^{(\nu+1)},$$

und läßt sich daher als ein lineares Aggregat der Polynome $Q_0(x), Q_1(x), \dots, Q_\nu(x)$ darstellen:

$$(6) \quad Q_{\nu+1}(x) - xQ_\nu(x) = C_\nu Q_\nu(x) + C_{\nu-1} Q_{\nu-1}(x) + \dots + C_0 Q_0(x).$$

Zur Berechnung der Koeffizienten $C_0, C_1, \dots, C_\nu$ bilden wir an beiden Seiten der Gleichung (6) die inneren Produkte mit $Q_\alpha(x)$ und erhalten für $\alpha = 0, 1, 2, \dots, \nu$

$$(7) \quad -(x Q_\nu, Q_\alpha) = C_\alpha N Q_\alpha.$$

Nun gilt aber $(x Q_\nu, Q_\alpha) = (Q_\nu, x Q_\alpha)$ und, da $x Q_\alpha(x)$ ein Polynom $(\alpha + 1)$ -ten Grades ist, nach Satz 2:

$$(Q_\nu, x Q_\alpha) = 0 \quad \text{für } \alpha = 0, 1, 2, \dots, \nu - 2.$$

Ferner ist

$$x Q_{\nu-1}(x) = x^\nu + q_1^{(\nu-1)} x^{\nu-1} + q_2^{(\nu-1)} x^{\nu-2} + \dots + q_{\nu-1}^{(\nu-1)} x$$

und somit

$$(Q_\nu, x Q_{\nu-1}) = (Q_\nu, x^\nu) = N Q_\nu.$$

Aus (7) folgt dann:

$$C_0 = C_1 = C_2 = \dots = C_{\nu-2} = 0,$$

$$C_{\nu-1} = -\frac{N Q_\nu}{N Q_{\nu-1}}, \quad C_\nu = -\frac{(Q_\nu, x Q_\nu)}{N Q_\nu}.$$

Setzt man diese Werte in (6) ein, so ergibt sich die behauptete Identität.

Satz 8 (der zweite Nullstellensatz).

Zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Nullstellen von $Q_\nu(x)$ ($\nu > 1$)¹⁰ liegt stets genau eine Nullstelle von $Q_{\nu-1}(x)$.

Beweis. Wenn wir allgemein die α Nullstellen von $Q_\alpha(x)$, der Größe nach geordnet, mit $x_1^{(\alpha)}, x_2^{(\alpha)}, \dots, x_\alpha^{(\alpha)}$ bezeichnen, lautet die Behauptung des Satzes im Falle $\nu = 2$:

$$x_1^{(2)} < x_1^{(1)} < x_2^{(2)}.$$

Nach Satz 7 ist

$$Q_2(x_1^{(1)}) = -\frac{N Q_1}{N Q_0} \cdot Q_0(x_1^{(1)}),$$

¹⁰ Für $\nu \leq 1$ wäre die Behauptung inhaltslos, denn $Q_0(x)$ hat ja gar keine Nullstelle und $Q_1(x)$ hat nur eine.

also — da $NQ_1 > 0$, $NQ_0 > 0$ und $Q_0(x) \equiv 1$ —

$$Q_2(x_1^{(1)}) < 0.$$

Ferner wissen wir aus Satz 6, daß $a < x_1^{(1)} < b$, und aus der Folgerung desselben Satzes, daß $Q_2(a) > 0$ und $Q_2(b) > 0$ ist. Es liegt daher zwischen a und $x_1^{(1)}$ mindestens eine Nullstelle von $Q_2(x)$, und zwischen $x_1^{(1)}$ und b mindestens noch eine; da nun $Q_2(x)$ nicht mehr als zwei Nullstellen haben kann, folgt hieraus:

$$a < x_1^{(2)} < x_1^{(1)} < x_2^{(2)} < b.$$

Die Behauptung unseres Satzes ist also im Falle $\nu = 2$ richtig.

Allgemein wird der Satz nun durch Schluß von ν auf $\nu + 1$ bewiesen. Wenn die Behauptung für irgendein ν gilt, so bedeutet dies, daß das Polynom $Q_{\nu-1}(x)$ an aufeinanderfolgenden Nullstellen von $Q_\nu(x)$ abwechselnde Vorzeichen hat¹¹:

$$sg Q_{\nu-1}(x_\alpha^{(\nu)}) = - sg Q_{\nu-1}(x_{\alpha+1}^{(\nu)}) \quad (a = 1, 2, 3, \dots, \nu - 1),$$

und dabei, wegen Satz 6,

$$sg Q_{\nu-1}(x_1^{(\nu)}) = sg Q_{\nu-1}(a) = (-1)^{\nu-1},$$

$$sg Q_{\nu-1}(x_\nu^{(\nu)}) = sg Q_{\nu-1}(b) = +1.$$

Nach Satz 7 ist aber

$$Q_{\nu+1}(x_\alpha^{(\nu)}) = - \frac{NQ_\nu}{NQ_{\nu-1}} Q_{\nu-1}(x_\alpha^{(\nu)}) \quad (\text{für } a = 1, 2, \dots, \nu),$$

also

$$sg Q_{\nu+1}(x_\alpha^{(\nu)}) = - sg Q_{\nu-1}(x_\alpha^{(\nu)}).$$

Der Folgerung von Satz 6 entnehmen wir noch:

$$sg Q_{\nu+1}(a) = sg Q_{\nu-1}(a) \quad \text{und} \quad sg Q_{\nu+1}(b) = sg Q_{\nu-1}(b) = +1.$$

¹¹ $sg u$ bedeutet im folgenden die *Kroneckersche* Vorzeichenfunktion, definiert durch

$$sg u = \begin{cases} 1 & \text{für } u > 0 \\ 0 & \text{für } u = 0 \\ -1 & \text{für } u < 0. \end{cases}$$

Somit haben wir für das Vorzeichen von $Q_{\nu+1}(x)$ in den Punkten $a, x_1^{(\nu)}, x_2^{(\nu)}, x_3^{(\nu)}, \dots, x_\nu^{(\nu)}$ und b folgendes gefunden:

$$\begin{aligned} \operatorname{sg} Q_{\nu+1}(a) &= -\operatorname{sg} Q_{\nu+1}(x_1^{(\nu)}), \\ \operatorname{sg} Q_{\nu+1}(x_\alpha^{(\nu)}) &= -\operatorname{sg} Q_{\nu+1}(x_{\alpha+1}^{(\nu)}) \quad (\alpha = 1, 2, 3, \dots, \nu-1), \\ -\operatorname{sg} Q_{\nu+1}(x_\nu^{(\nu)}) &= \operatorname{sg} Q_{\nu+1}(b) = +1. \end{aligned}$$

Da $Q_{\nu+1}(x)$ aber genau $\nu+1$ Nullstellen hat, folgt daraus:

$$a < x_1^{(\nu+1)} < x_1^{(\nu)} < x_2^{(\nu+1)} < x_2^{(\nu)} < x_3^{(\nu+1)} < \dots < x_\nu^{(\nu)} < x_{\nu+1}^{(\nu+1)} < b.$$

Also gilt die Behauptung des Satzes auch für $\nu+1$, sobald sie für ν als gültig feststeht; für 2 war sie aber schlechthin richtig, folglich ist der Satz bewiesen.

§ 3. Ergänzende Sätze über Systeme, die zu symmetrischen Belegungen gehören.

Wir sagen, daß eine symmetrische Belegung vorliegt, wenn die Belegungsfunktion $\psi(x)$ in zwei Punkten x und x' (des Belegungsintervalls) gleiche Werte annimmt, falls x von dem einen und x' von dem anderen Endpunkt des Intervalls gleichen Abstand haben. Einfachheitshalber denken wir uns den Punkt $x=0$ in den Mittelpunkt des Belegungsintervalls verschoben und setzen fortan $a=-b$. Die Bedingung der symmetrischen Belegung lautet dann:

$$(8) \quad \psi(x) = \psi(-x) \quad \text{für } -b < x < b \quad (a = -b);$$

$\psi(x)$ soll also eine gerade Funktion sein.

Wir wollen im folgenden nun das Orthogonalsystem von Polynomen im Falle symmetrischer Belegung etwas weiter studieren. Unter den Voraussetzungen (1) und (2) bleiben alle Sätze des vorigen Paragraphen auch hier bestehen, lassen aber mit Rücksicht auf (8) noch einige Folgerungen zu. Zu diesen Folgerungen gelangt man durch Benutzung der einfachen Tatsachen über gerade und ungerade Funktionen:

$$\begin{aligned} \text{wenn } F(-x) &= F(x) \quad \text{und} \quad G(-x) = G(x), \\ \text{so } F(-x) G(-x) &= F(x) G(x); \end{aligned}$$

wenn $F(-x) = F(x)$ und $H(-x) = -H(x)$,

$$\text{so } F(-x)H(-x) = -F(x)H(x);$$

wenn $K(-x) = -K(x)$ und $H(-x) = -H(x)$,

$$\text{so } K(-x)H(-x) = K(x)H(x);$$

wenn $K(-x) = -K(x)$, so $\int_{-u}^u K(x) dx = 0$

$$(\text{weil ja } \int_{-u}^0 K(x) dx = -\int_0^{-u} K(x) dx = -\int_0^{+u} K(-x) d(-x) = -\int_0^u K(x) dx).$$

Satz 9.

Im Falle symmetrischer Belegung enthält das Polynom $Q_\nu(x)$ nur gerade Potenzen, falls ν eine gerade Zahl ist, und nur ungerade Potenzen, falls ν ungerade ist, d. h.

$$q_1^{(\nu)} = q_3^{(\nu)} = q_5^{(\nu)} = \dots = q_{\nu'}^{(\nu)} = 0, \quad \text{wobei } \nu' = \nu - \frac{1 + (-1)^\nu}{2}.$$

Beweis. Aus (8) folgt zunächst, daß die Momente mit ungeraden Indizes verschwinden: $m_{2a+1} = 0$ ($a = 0, 1, 2, \dots$). Zur Bestimmung der Koeffizienten $q_1^{(\nu)}, q_3^{(\nu)}, q_5^{(\nu)}, \dots, q_{\nu'}^{(\nu)}$ erhält man aus dem Gleichungssystem (5) (beim Beweise von Satz 5) ein homogenes Teilsystem, das aus der ersten, der dritten, der fünften, ... und der ν' -ten Gleichung des Systems (5) besteht. Sämtliche Gleichungen jenes Teilsystems sind voneinander linear-unabhängig, da alle Gleichungen von (5) dies waren; die Anzahl der Unbekannten $q_1^{(\nu)}, q_3^{(\nu)}, q_5^{(\nu)}, \dots, q_{\nu'}^{(\nu)}$ ist gleich der Anzahl der Gleichungen. Daher hat dies System eine einzige Lösung:

$$q_1^{(\nu)} = q_3^{(\nu)} = q_5^{(\nu)} = \dots = q_{\nu'}^{(\nu)} = 0.$$

Folgerung aus Satz 9.

$$Q_\nu(-x) = (-1)^\nu Q_\nu(x).$$

Satz 10.

Für je drei aufeinanderfolgende Polynome $Q_\alpha(x)$ ($\alpha \geq 1$) gilt im Falle symmetrischer Belegung die Identität

$$Q_{\alpha+1}(x) - x Q_\alpha(x) + \frac{NQ_\alpha}{NQ_{\alpha-1}} Q_{\alpha-1}(x) = 0.$$

Beweis. $[Q_\alpha(x)]^2$ ist stets eine gerade Funktion, da ja $Q_\alpha(x)$ nach Satz 9 entweder gerade oder ungerade ist. Folglich ist $x [Q_\alpha(x)]^2$ ungerade, also auch $x [Q_\alpha(x)]^2 \psi(x)$ ungerade, und somit

$$(Q_\alpha, x Q_\alpha) = \int_{-b}^b x [Q_\alpha(x)]^2 \psi(x) dx = 0.$$

Hiernach folgt aus Satz 7 die Behauptung.

Zweiter Teil.

Eine Klasse von Polynomensystemen.

§ 4. Polynome $Q_\alpha^{(p)}(x)$ und ihre Normen.

Die Klasse von Orthogonalsystemen von Polynomen $Q_\alpha(x)$, mit der wir uns jetzt beschäftigen wollen, sei durch folgende Daten festgesetzt:

1) das Grundgebiet (Belegungsintervall) ist das Intervall $-1 < x < 1$, und

2) die Belegungsfunktion lautet (also in $-1 < x < 1$):

$$(9) \quad \psi(x) = (1 - x^2)^p, \text{ wobei } p > -1 \text{ ist;}$$

für nichtganzzahlige Werte von p sei unter $\psi(x)$ stets $e^{p \log(1-x^2)}$ mit dem (für $-1 < x < 1$ reellen) Hauptzweig des Exponenten zu verstehen.

Jede in der Form (9) gegebene Belegungsfunktion erfüllt die Bedingungen (1) und (2), denn es ist

$$\begin{aligned} m_0 &= \int_{-1}^1 (1 - x^2)^p dx = 2^{2p+1} \int_0^1 t^p (1 - t)^p dt = {}^{12} \\ &= 2^{2p+1} B(p+1, p+1) = {}^{13} \\ &= \frac{2^{2p+1} [\Gamma(p+1)]^2}{\Gamma(2p+2)} > 0 \quad \text{für } p > -1; \end{aligned}$$

¹² Es ist die Substitution $x = 2t - 1$ benutzt worden.

¹³ Die Eulersche Betafunktion; sie drückt sich bekanntlich durch die

zu jeder gehört daher nach Satz 6 ein völlig bestimmtes Orthogonalsystem von Polynomen $Q_\alpha(x)$. Alle solche Systeme zusammen bilden unsere Klasse.

Zur Unterscheidung der einzelnen Systeme dieser Klasse führen wir obere Indizes ein: es sei nämlich

$$Q_0^{(p)}(x), Q_1^{(p)}(x), Q_2^{(p)}(x), Q_3^{(p)}(x), \dots$$

dasjenige Orthogonalsystem von Polynomen $Q_\alpha(x)$, das zur Belegungsfunktion $(1 - x^2)^p$ (mit gleichem p) gehört; der obere Index gibt also den (das betreffende Polynomensystem kennzeichnenden) Wert des Klassenparameters p an.

Satz 11.

Es ist

$$(10) \quad Q_\nu^{(p)}(x) = \frac{(-1)^\nu \Gamma(2p + \nu + 1)}{\Gamma(2p + 2\nu + 1) (1 - x^2)^p} \cdot \frac{d^\nu (1 - x^2)^{p+\nu}}{dx^\nu}$$

für alle (nichtnegativen ganzzahligen) ν , wenn man unter $\frac{d^0 (1 - x^2)^p}{dx^0}$ einfach $(1 - x^2)^p$ versteht.

Beweis. Für $\nu = 0$ ist die rechte Seite von (10) identisch gleich Eins, also die Behauptung richtig. Für $\nu > 0$ ergibt sich mit Rücksicht auf die (für beliebige u und v geltende) Identität

$$\frac{d}{dx} [x^u (1 - x^2)^v] = [-(2v + u)x^{u+1} + ux^{u-1}] (1 - x^2)^{v-1},$$

Gammafunktion folgendermaßen aus:

$$B(r, s) = \frac{\Gamma(r) \Gamma(s)}{\Gamma(r + s)}.$$

Die weiteren Eigenschaften der Gammafunktion, von denen im folgenden Gebrauch gemacht wird, sind:

- 1) $\Gamma(r) = (r - 1)!$, wenn r positiv und ganz,
- 2) $\Gamma(r) = (r - 1) \Gamma(r - 1)$,
- 3) $\Gamma(r) > 0$, wenn $r > 0$,
- 4) $\Gamma(r) \rightarrow \infty$, wenn $r \rightarrow 0$ ($r > 0$),
- 5) $\Gamma(r) < 0$, wenn $-1 < r < 0$.

Die erwähnten fünf Eigenschaften sind übrigens einfache Folgerungen aus der allgemeinen Definition der Gammafunktion:

$$\Gamma(r) = \lim_{\alpha \rightarrow \infty} \frac{\alpha! \alpha^r}{r(r+1)(r+2)\dots(r+\alpha)}.$$

daß man

$$\frac{d^{\nu}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu}} = (1-x^2)^p P_{\nu}(x)$$

setzen kann, wobei $P_{\nu}(x)$ ein Polynom ν -ten Grades ist und zwar mit dem Gliede

$$(-1)^{\nu}(2p+2\nu)(2p+2\nu-1)(2p+2\nu-2)\dots(2p+\nu+1)x^{\nu}$$

anfängt. Folglich stellt die rechte Seite von (10) stets ein Polynom ν -ten Grades dar, und der Koeffizient bei x^{ν} ist Eins. Es bleibt also nur noch nachzuweisen, daß die rechte Seite von (10) im Falle $\nu \geq 1$ zu den sukzessiven Potenzen x^{α} (mit $\alpha = 0, 1, \dots, \nu-1$) orthogonal ist [bezüglich der gegebenen Belegungsfunktion $(1-x^2)^p$ und des Grundgebietes $-1 < x < 1$]. Das innere Produkt der rechten Seite von (10) mit x^{α} gestaltet sich ganz allgemein folgendermaßen:

$$\begin{aligned} & \int_{-1}^1 \frac{(-1)^{\nu} \Gamma(2p+\nu+1)}{\Gamma(2p+2\nu+1) (1-x^2)^p} \cdot \frac{d^{\nu}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu}} \cdot x^{\alpha} \cdot (1-x^2)^p dx = \\ & = \frac{(-1)^{\nu} \Gamma(2p+\nu+1)}{\Gamma(2p+2\nu+1)} \int_{-1}^1 x^{\alpha} \frac{d^{\nu}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu}} dx. \end{aligned}$$

Die Funktion $(1-x^2)^{p+\nu}$ hat für $\nu \geq 1$ den Grenzwert Null an beiden Integrationsgrenzen, da $p > -1$, also $p+\nu > 0$ ist; ebenso verhält es sich mit ihren Ableitungen, deren Ordnungen $< p+\nu$ sind. Infolgedessen ist nun für $\nu \geq 1$ (weil dann $0 \leq \nu-1 < p+\nu$):

$$\int_{-1}^1 \frac{d^{\nu}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu}} dx = \left[\frac{d^{\nu-1}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}} \right]_{x \rightarrow -1+0}^{x \rightarrow 1-0} = 0; \quad 14$$

ferner gilt, aus demselben Grunde, für $0 < \alpha \leq \nu$:

$$\begin{aligned} 14 \quad & \text{Unter } \left[\frac{d^{\nu-1}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}} \right]_{x \rightarrow -1+0}^{x \rightarrow 1-0} \text{ ist hier} \\ & \lim_{x \rightarrow 1-0} \frac{d^{\nu-1}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}} - \lim_{x \rightarrow -1+0} \frac{d^{\nu-1}(1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}} \text{ zu verstehen, und} \\ & \text{im folgenden allgemein:} \end{aligned}$$

$$\left[f(x) \right]_{x \rightarrow -1+0}^{x \rightarrow 1-0} = \lim_{x \rightarrow 1-0} f(x) - \lim_{x \rightarrow -1+0} f(x).$$

$$\int_{-1}^1 x^\alpha \frac{d^\nu (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^\nu} dx = -\alpha \int_{-1}^1 x^{\alpha-1} \frac{d^{\nu-1} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}} dx,$$

also

$$(11) \quad \int_{-1}^1 x^\alpha \frac{d^\nu (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^\nu} dx = (-1)^\alpha \alpha! \int_{-1}^1 \frac{d^{\nu-\alpha} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-\alpha}} dx,$$

wie man durch einmalige bzw. α -malige Ausführung der Produktintegration leicht bestätigt, und außerdem

$$\int_{-1}^1 \frac{d^{\nu-\alpha} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-\alpha}} dx = \left[\frac{d^{\nu-\alpha-1} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-\alpha-1}} \right]_{x \rightarrow -1+0}^{x \rightarrow 1-0} = 0$$

für $0 < \alpha \leq \nu - 1$.

Folglich ist die rechte Seite von (10) in der Tat zu allen Potenzen x^α mit $0 \leq \alpha < \nu$ orthogonal, und der Satz ist bewiesen.

Satz 12.

$$NQ_\nu^{(p)} = 2^{2p+2\nu+1} \nu! \frac{\Gamma(2p+\nu+1) [\Gamma(p+\nu+1)]^2}{\Gamma(2p+2\nu+1) \Gamma(2p+2\nu+2)}.$$

Beweis. Im Falle $\nu = 0$ lautet die Behauptung:

$$NQ_0^{(p)} = 2^{2p+1} \frac{[\Gamma(p+1)]^2}{\Gamma(2p+2)};$$

dies trifft aber wirklich zu, weil ja allgemein

$$NQ_0 = m_0$$

ist und in bezug auf unsere Belegungsfunktion $(1-x^2)^p$

$$m_0 = 2^{2p+1} \frac{[\Gamma(p+1)]^2}{\Gamma(2p+2)}$$

gilt, wie wir am Anfang dieses Paragraphen gesehen haben.

Im Falle $\nu > 0$ ergibt sich aus Satz 4

$$NQ_\nu^{(p)} = (Q_\nu^{(p)}, x^\nu),$$

und somit nach Satz 11

$$NQ_\nu^{(p)} = (-1)^\nu \frac{\Gamma(2p+\nu+1)}{\Gamma(2p+2\nu+1)} \int_{-1}^1 x^\nu \frac{d^\nu (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^\nu} dx.$$

Wegen (11) ist daher

$$NQ_{\nu}^{(p)} = \frac{\Gamma(2p + \nu + 1) \cdot \nu!}{\Gamma(2p + 2\nu + 1)} \int_{-1}^1 (1 - x^2)^{p+\nu} dx,$$

woraus mit Rücksicht auf die bekannte Beziehung

$$\int_{-1}^1 (1 - x^2)^u dx = \frac{2^{2u+1} [\Gamma(u+1)]^2}{\Gamma(2u+2)} \quad (u > -1)$$

die Behauptung folgt.

Folgerung. Zwischen je drei aufeinanderfolgenden Polynomen $Q_{\alpha}^{(p)}(x)$ besteht die Beziehung

$$(12) \quad Q_{\nu+1}^{(p)}(x) - x Q_{\nu}^{(p)}(x) + \frac{\nu(2p + \nu)}{(2p + 2\nu - 1)(2p + 2\nu + 1)} Q_{\nu-1}^{(p)}(x) = 0,$$

denn die Belegungsfunktion $(1 - x^2)^p$ genügt der Bedingung (8), also gilt für die $Q_{\alpha}^{(p)}(x)$ der Satz 10; der dabei auftretende Quotient der Normen läßt sich aber nach dem soeben bewiesenen Satze sofort berechnen:

$$\begin{aligned} \frac{NQ_{\nu}^{(p)}}{NQ_{\nu-1}^{(p)}} &= \frac{4\nu(2p + \nu)(p + \nu)^2}{(2p + 2\nu)(2p + 2\nu - 1)(2p + 2\nu + 1)(2p + 2\nu)} = \\ &= \frac{\nu(2p + \nu)}{(2p + 2\nu - 1)(2p + 2\nu + 1)}. \end{aligned}$$

§ 5. Endwerte und Nullstellen von $Q_{\alpha}^{(p)}(x)$.

Satz 13.

Es ist

$$Q_{\alpha}^{(p)}(1) = \frac{2^{\alpha-1} \Gamma(p + \alpha) \Gamma(2p + \alpha + 1)}{\Gamma(p + 1) \Gamma(2p + 2\alpha)}$$

für $\alpha > 0$.¹⁵

¹⁵ Für $\alpha = 0$ würde der angeführte Ausdruck seinen Sinn verlieren, wenn $p = 0$ oder $p = -\frac{1}{2}$ ist; denn im Zähler und im Nenner würde $\Gamma(0)$ bzw. im Zähler $\Gamma(0)$ und im Nenner $\Gamma(-1)$ stehen. Aber auch sonst wäre die Behauptung für $\alpha = 0$ trivial, weil ja $Q_0^{(p)}(x) \equiv 1$ schon vom Anfang an feststeht.

Beweis. Für $\alpha = 1$ lautet die Behauptung:

$$Q_1^{(p)}(1) = \frac{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2)}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2)} = 1;$$

dies trifft zu, weil ja nach Satz 9 $Q_1^{(p)}(x) = x$ ist. Ferner wird behauptet:

$$Q_2^{(p)}(1) = \frac{2\Gamma(p+2)\Gamma(2p+3)}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+4)} = \frac{2(p+1)}{2p+3};$$

mit $Q_0^{(p)}(x) \equiv 1$ und $Q_1^{(p)}(x) = x$ folgt aus (12):

$$Q_2^{(p)}(1) = 1 - \frac{2p+1}{(2p+1)(2p+3)} = \frac{2(p+1)}{2p+3},$$

also gilt unser Satz auch für $\alpha = 2$.

Vorausgesetzt, daß die Behauptung für $\alpha = \nu - 1$ und für $\alpha = \nu$ richtig ist, erhält man nun wiederum aus (12):

$$\begin{aligned} Q_{\nu+1}^{(p)}(1) &= \frac{2^{\nu-1}\Gamma(p+\nu)\Gamma(2p+\nu+1)}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2\nu)} - \\ &\quad - \frac{\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} \cdot \frac{2^{\nu-2}\Gamma(p+\nu-1)\Gamma(2p+\nu)}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2\nu-2)} = \\ &= \frac{2^{\nu-2}}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2\nu+2)} [2(2p+2\nu)(2p+2\nu+1)\Gamma(p+\nu)\Gamma(2p+\nu+1) - \\ &\quad - \nu(2p+\nu)(2p+2\nu-2)(2p+2\nu)\Gamma(p+\nu-1)\Gamma(2p+\nu)] = \\ &= \frac{2^\nu\Gamma(p+\nu+1)\Gamma(2p+\nu+1)}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2\nu+2)} [(2p+2\nu+1) - \nu] = \\ &= \frac{2^\nu\Gamma(p+\nu+1)\Gamma(2p+\nu+2)}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2\nu+2)}, \end{aligned}$$

folglich gilt die Behauptung auch für $\alpha = \nu + 1$, und der Satz ist bewiesen.

Folgerung. Dem Satz 9 zufolge ergibt sich aus dem Obigen noch:

$$Q_\alpha^{(p)}(-1) = (-1)^\alpha \cdot \frac{2^{\alpha-1}\Gamma(p+\alpha)\Gamma(2p+\alpha+1)}{\Gamma(p+1)\Gamma(2p+2\alpha)}.$$

Satz 14 (Hilfssatz).

Setzt man in $Q_v^{(p)}(x)$ das Argument $x = \cos t$, so schreibt sich

$$Q_v^{(p)}(\cos t) = \frac{1}{2^v} \sum_{\alpha=0}^v g_{v,\alpha}^{(p)} \cdot \cos(\nu - 2\alpha)t$$

mit den Koeffizienten

$$g_{v,0}^{(p)} = 1 \quad \text{und} \quad g_{v,\alpha}^{(p)} = \binom{v}{\alpha} \prod_{\beta=1}^{\alpha} \frac{2p-1+2\beta}{2p+2\nu+1-2\beta} \quad (\alpha > 0).$$

Beweis. Die Behauptung ist im Falle $\nu=0$ offenbar richtig:

$$Q_0^{(p)}(\cos t) = g_{0,0}^{(p)} \cos 0 \equiv 1,$$

und desgleichen im Falle $\nu=1$:

$$Q_1^{(p)}(\cos t) = \frac{1}{2} \left[g_{1,0}^{(p)} \cos t + g_{1,1}^{(p)} \cos(-t) \right] = \cos t.$$

Wenn der Satz aber für $\nu-1$ und für ν als gültig feststeht, folgt aus (12), daß

$$\begin{aligned} Q_{\nu+1}^{(p)}(\cos t) &= \frac{\cos t}{2^v} \sum_{\alpha=0}^v p_{v,\alpha}^{(p)} \cos(\nu-2\alpha)t - \\ &\quad - \frac{\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} \cdot \frac{1}{2^{\nu-1}} \sum_{\alpha=0}^{\nu-1} g_{\nu-1,\alpha}^{(p)} \cos(\nu-1-2\alpha)t \end{aligned}$$

ist. Nach Umformung

$$\cos t \cdot \cos(\nu-2\alpha)t = \frac{1}{2} [\cos(\nu+1-2\alpha)t + \cos(\nu-1-2\alpha)t]$$

ergibt sich daraus:

$$\begin{aligned} (13) \quad Q_{\nu+1}^{(p)}(\cos t) &= \frac{1}{2^{\nu+1}} \left\{ g_{\nu,0}^{(p)} \cos(\nu+1)t + \right. \\ &+ \sum_{\alpha=1}^{\nu} \left[g_{v,\alpha}^{(p)} + g_{v,\alpha-1}^{(p)} - \frac{4\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} g_{\nu-1,\alpha-1}^{(p)} \right] \cos(\nu+1-2\alpha)t + \\ &\quad \left. + g_{\nu,\nu}^{(p)} \cos(-\nu-1)t \right\}. \end{aligned}$$

Es ist hierin nun definitionsgemäß

$$g_{\nu,0}^{(p)} = g_{\nu+1,0}^{(p)} = 1, \quad g_{\nu,\nu}^{(p)} = g_{\nu+1,\nu+1}^{(p)} = 1,$$

und ferner

$$\begin{aligned} & g_{\nu,1}^{(p)} + g_{\nu,0}^{(p)} - \frac{4\nu(2p+\nu)g_{\nu-1,0}^{(p)}}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} = \\ &= \nu \cdot \frac{2p+1}{2p+2\nu-1} + 1 - \frac{4\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} = \\ &= 1 + \frac{\nu}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} [(2p+1)(2p+2\nu+1) - 8p - 4\nu] = \\ &= 1 + \frac{\nu(2p-1)}{2p+2\nu+1} = \frac{(\nu+1)(2p+1)}{2p+2\nu+1} = g_{\nu+1,1}^{(p)}. \end{aligned}$$

Für $\alpha > 1$ (und also $\nu \geq \alpha$) erhält man analog:

$$\begin{aligned} & g_{\nu,\alpha}^{(p)} + g_{\nu,\alpha-1}^{(p)} - \frac{4\nu(2p+\nu)g_{\nu-1,\alpha-1}^{(p)}}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} = \\ &= \binom{\nu}{\alpha} \prod_{\beta=1}^{\alpha} \frac{2p-1+2\beta}{2p+2\nu+1-2\beta} + \binom{\nu}{\alpha-1} \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} \frac{2p-1+2\beta}{2p+2\nu+1-2\beta} - \\ & \quad - \frac{4\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} \binom{\nu-1}{\alpha-1} \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} \frac{2p-1+2\beta}{2p+2\nu-1-2\beta} = \\ &= \frac{\binom{\nu}{\alpha} \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} (2p-1+2\beta)}{\binom{\nu-a+1}{\alpha-1} \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} (2p+2\nu+3-2\beta)} \left[(\nu-a+1)(2p+2\nu+1)(2p-1+2\alpha) + \right. \\ & \quad \left. + \alpha(2p+2\nu+1)(2p+2\nu+1-2\alpha) - 4(2p+\nu)\alpha(\nu-a+1) \right], \end{aligned}$$

woraus, nach den einfachen Umformungen

$$(2p+2\nu+1)(2p-1+2\alpha) - 4\alpha(2p+\nu) = (2p-1)(2p+2\nu+1-2\alpha)$$

und

$$(\nu-a+1)(2p-1) + \alpha(2p+2\nu+1) = (\nu+1)(2p-1+2\alpha),$$

folgt:

$$\begin{aligned}
 & g_{\nu, \alpha}^{(p)} + g_{\nu, \alpha-1}^{(p)} - \frac{4\nu(2p+\nu)g_{\nu-1, \alpha-1}^{(p)}}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} = \\
 & = \frac{\binom{\nu}{\alpha} \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} (2p-1+2\beta)}{\prod_{\beta=1}^{\alpha+1} (\nu-\alpha+1) \prod_{\beta=1} (2p+2\nu+3-2\beta)} \cdot (\nu+1)(2p-1+2\alpha)(2p+2\nu+1-2\alpha) = \\
 & = \binom{\nu+1}{\alpha} \prod_{\beta=1}^{\alpha} \frac{2p-1+2\beta}{2p+2\nu+3-2\beta} = g_{\nu+1, \alpha}^{(p)}.
 \end{aligned}$$

Die Koeffizienten rechts in (13) stimmen daher sämtlich mit den entsprechenden $g_{\nu+1, \alpha}^{(p)}$ ($\alpha = 0, 1, 2, \dots, \nu+1$) überein; aus der Gültigkeit der Behauptung für $Q_{\nu-1}^{(p)}(x)$ und $Q_{\nu}^{(p)}(x)$ folgt also ihre Gültigkeit auch für $Q_{\nu+1}^{(p)}(x)$, und der Satz ist bewiesen.

Satz 15.

Mit $p \geq -\frac{1}{2}$ und beliebigem ν besteht die Beziehung

$$|Q_{\nu}^{(p)}(x)| \leq Q_{\nu}^{(p)}(1)$$

für alle x des Intervalls $-1 \leq x \leq 1$, d. h. die Endwerte der Polynome $Q_{\nu}^{(p)}(x)$ sind zugleich die absolutgrößten Werte dieser Polynome im Belegungsintervall, wenn der Exponent p der Belegungsfunktion $(1-x^2)^p$ mindestens $-\frac{1}{2}$ beträgt.

Beweis. Nach Satz 14 ist $Q_{\nu}^{(p)}(x)$ ein lineares Aggregat der Funktionen

$$\cos \nu t, \cos(\nu-2)t, \cos(\nu-4)t, \dots, \cos(2-\nu)t, \cos(-\nu)t$$

mit $t = \arccos x$ (für $-1 \leq x \leq 1$); die Koeffizienten $g_{\nu, \alpha}^{(p)}$ sind lauter nichtnegative Zahlen, wenn $p \geq -\frac{1}{2}$ ist (nur für $p = -\frac{1}{2}$ verschwinden sie mit Ausnahme des nullten und des ν -ten). Da nun der absolute Betrag von $\cos \beta t$ höchstens Eins und gerade für $t=0$ Eins ist, so erhält man den größtmöglichen Wert von $Q_{\nu}^{(p)}(\cos t)$ in der Tat mit $t=0$, also — wie behauptet — mit $x=1$.

Anmerkung. Daß der Ungleichung $|Q_\nu^{(p)}(x)| \leq Q_\nu^{(p)}(1)$ im Falle $p < -\frac{1}{2}$ hingegen keine allgemeine Gültigkeit zukommt, ist ebenfalls leicht einzusehen. $Q_0^{(p)}(x) \equiv 1$ und $Q_1^{(p)}(x) = x$ sind zwar für alle p dieselben, ihre Endwerte werden mit $p < -\frac{1}{2}$ noch nirgends im Belegungsintervall übertroffen. Aber schon bei $Q_2^{(p)}(x)$ liegt die Sache anders; es zeigt sich nämlich, daß für $p < -\frac{1}{2}$

$$|Q_2^{(p)}(0)| > Q_2^{(p)}(1)$$

ist. Aus (12) erhält man:

$$Q_2^{(p)}(0) = -\frac{1}{2p+3},$$

und aus Satz 13:

$$Q_2^{(p)}(1) = \frac{2p+2}{2p+3},$$

also

$$\frac{|Q_2^{(p)}(0)|}{Q_2^{(p)}(1)} = \frac{1}{2p+2} > 1 \quad \text{für } -1 < p < -\frac{1}{2}.$$

Satz 16.

Mit wachsendem p nähern sich alle Nullstellen von $Q_\nu^{(p)}(x)$ dem Punkte $x=0$ als ihrem gemeinsamen Grenzwerte.

Beweis. Die Behauptung wird bewiesen sein, sobald wir gezeigt haben, daß die Quadratsumme der Nullstellen von $Q_\nu^{(p)}(x)$ mit wachsendem p abnimmt und Null zum Limes hat.

Da nun in $Q_\nu^{(p)}(x)$ entweder nur gerade oder nur ungerade Potenzen auftreten (je nachdem ob ν gerade oder ungerade ist), so drückt sich die Quadratsumme der Nullstellen durch den absoluten Betrag des Koeffizienten $q_2^{(\nu)}$ (bei $x^{\nu-2}$) aus. Wir behaupten, daß dieser Koeffizient

$$q_2^{(\nu)} = -\frac{\nu(\nu-1)}{2(2p+2\nu-1)}$$

ist. Für $\nu=2$ ist unsere Behauptung richtig, denn es ist

$$q_2^{(2)} = Q_2^{(p)}(0) = -\frac{1}{2p+3},$$

wie wir schon vorhin gefunden haben.

Durch Koeffizientenvergleichung (bei $x^{\nu-1}$) in (12) erhält man allgemein:

$$q_2^{(\nu+1)} = q_2^{(\nu)} - \frac{\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)}.$$

Wenn nun unsere Behauptung für ν als richtig angenommen wird, so folgt sofort ihre Gültigkeit auch für $\nu+1$:

$$\begin{aligned} q_2^{(\nu+1)} &= -\frac{\nu(\nu-1)}{2(2p+2\nu-1)} - \frac{\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} \\ &= -\frac{\nu[(\nu-1)(2p+2\nu+1)+4p+2\nu]}{2(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} \\ &= -\frac{\nu(\nu+1)(2p+2\nu-1)}{2(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} = -\frac{(\nu+1)\nu}{2(2p+2\nu+1)}. \end{aligned}$$

Die Quadratsumme der Nullstellen von $Q_\nu^{(p)}(x)$ ist daher

$$\frac{\nu(\nu-1)}{2(2p+2\nu-1)},$$

also tatsächlich ein Ausdruck, der mit wachsendem p abnimmt und den Limes Null hat. Damit ist der Satz bewiesen.

Vom zweiten Paragraphen her wissen wir, daß die Nullstellen eines Polynoms $Q_\nu^{(p)}(x)$ und die des Polynoms $Q_{\nu-1}^{(p)}(x)$ (das also den nächstniedrigeren Grad hat, aber demselben Orthogonalsystem angehört) sich gegenseitig trennen (Satz 8). Obwohl nun gemäß Satz 16 die Nullstellen von $Q_{\nu-1}^{(p+1)}(x)$ dem Absolutbetrage nach im allgemeinen kleiner sind als die Nullstellen von $Q_{\nu-1}^{(p)}(x)$, trennen auch sie die Nullstellen von $Q_\nu^{(p)}(x)$ auf dieselbe Weise. Wir behaupten dies in

Satz 17.

Zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Nullstellen von $Q_{\nu}^{(p)}(x)$ ($\nu \geq 2$) liegt genau eine Nullstelle von $Q_{\nu-1}^{(p+1)}(x)$.

Beweis. Nach Satz 11 bestehen die Identitäten:

$$(14) \quad (1-x^2)^p Q_{\nu}^{(p)}(x) = \frac{(-1)^{\nu} \Gamma(2p+\nu+1)}{\Gamma(2p+2\nu+1)} \cdot \frac{d^{\nu} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu}},$$

$$(15) \quad (1-x^2)^{p+1} Q_{\nu-1}^{(p+1)}(x) = \frac{(-1)^{\nu-1} \Gamma(2p+\nu+2)}{\Gamma(2p+2\nu+1)} \cdot \frac{d^{\nu-1} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}}.$$

Aus (15) ersieht man sofort, daß die Nullstellen von $Q_{\nu-1}^{(p+1)}(x)$ — wir bezeichnen sie der wachsenden Größe nach mit $x_1^{(p+1, \nu-1)}$, $x_2^{(p+1, \nu-1)}, \dots, x_{\nu-1}^{(p+1, \nu-1)}$ — zugleich Nullstellen von

$$\frac{d^{\nu-1} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}}$$

sind. Wegen $p+1 > 0$ ist ferner

$$\lim_{x \rightarrow -1+0} (1-x^2)^{p+1} = 0 \quad \text{und} \quad \lim_{x \rightarrow 1-0} (1-x^2)^{p+1} = 0,$$

also hat

$$\frac{d^{\nu-1} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu-1}}$$

in den beiden Endpunkten des Belegungsintervalls den Grenzwert Null. Nach dem *Rolleschen* Satze verschwindet daher

$$\frac{d^{\nu} (1-x^2)^{p+\nu}}{dx^{\nu}}$$

mindestens an einer Stelle zwischen -1 und $x_1^{(p+1, \nu-1)}$, je mindestens einmal zwischen $x_{\alpha}^{(p+1, \nu-1)}$ und $x_{\alpha+1}^{(p+1, \nu-1)}$ mit $\alpha = 1, 2, 3, \dots, \nu-2$, und schließlich mindestens einmal zwischen $x_{\nu-1}^{(p+1, \nu-1)}$ und 1 . Nach (14) können das nur Nullstellen von $Q_{\nu}^{(p)}(x)$ sein, da $(1-x^2)^p$ zwischen -1 und 1 nirgends

einfachsten mit Hilfe der inneren Produkte (A, x^α) zu finden, indem man $A(x)$ in der Form

$$A(x) = \frac{1}{(1-x^2)^p} \frac{d}{dx} \left[(1-x^2)^{p+1} \frac{dQ_v^{(p)}(x)}{dx} \right]$$

umschreibt. Es ist also

$$\begin{aligned} (A, x^\alpha) &= \int_{-1}^1 \frac{1}{(1-x^2)^p} \frac{d}{dx} \left[(1-x^2)^{p+1} \frac{dQ_v^{(p)}(x)}{dx} \right] \cdot x^\alpha (1-x^2)^p dx = \\ &= \int_{-1}^1 x^\alpha \frac{d}{dx} \left[(1-x^2)^{p+1} \frac{dQ_v^{(p)}(x)}{dx} \right] dx, \end{aligned}$$

woraus für $\alpha = 0$ folgt:

$$(17) \quad (A, 1) = \left[(1-x^2)^{p+1} \frac{dQ_v^{(p)}(x)}{dx} \right]_{x \rightarrow -1+0}^{x \rightarrow 1-0} = 0,$$

und im Falle $\alpha > 0$ (durch Produktintegration):

$$(18) \quad (A, x^\alpha) = -\alpha \int_{-1}^1 x^{\alpha-1} (1-x^2)^{p+1} \frac{dQ_v^{(p)}(x)}{dx} dx.$$

Für $\alpha = 1$ ergibt sich ferner aus (18):

$$\begin{aligned} (19) \quad (A, x) &= - \left[(1-x^2)^{p+1} Q_v^{(p)}(x) \right]_{x \rightarrow -1+0}^{x \rightarrow 1-0} - \\ &\quad - 2(p+1) \int_{-1}^1 x (1-x^2)^p Q_v^{(p)}(x) dx = \\ &= -2(p+1) (x, Q_v^{(p)}) \end{aligned}$$

und für $\alpha > 1$:

$$\begin{aligned} (20) \quad (A, x^\alpha) &= -\alpha \left[x^{\alpha-1} (1-x^2)^{p+1} Q_v^{(p)}(x) \right]_{x \rightarrow -1+0}^{x \rightarrow 1-0} + \\ &+ \alpha \int_{-1}^1 \{ (a-1) x^{\alpha-2} (1-x^2)^{p+1} - 2(p+1) x^\alpha (1-x^2)^p \} Q_v^{(p)}(x) dx = \\ &= -\alpha (2p + \alpha + 1) (x^\alpha, Q_v^{(p)}) + \alpha(a-1) (x^{\alpha-2}, Q_v^{(p)}). \end{aligned}$$

Da nun $Q_v^{(p)}(x)$ zu allen x^α mit $\alpha = 0, 1, \dots, \nu - 1$ orthogonal ist, so folgt aus (17), (19) und (20):

$$(21) \quad (A, x^\alpha) = 0 \text{ mit } \alpha = 0, 1, \dots, \nu - 1;$$

nach Satz 2 ist daher auch

$$(A, Q_\alpha^{(p)}) = 0 \text{ mit } \alpha = 0, 1, \dots, \nu - 1.$$

Setzt man dies in (16) ein, so folgt:

$$C_0 = C_1 = \dots = C_{\nu-1} = 0.$$

Wegen (21) ist ferner

$$(A, Q_\nu^{(p)}) = (A, x^\nu),$$

also nach (17), (19) und (20) — mit Rücksicht auf Satz 4 —

$$(A, Q_\nu^{(p)}) = \begin{cases} 0, & \text{wenn } \nu = 0 \\ -2(p+1) N Q_\nu^{(p)} & \text{für } \nu = 1 \\ -\nu(2p + \nu + 1) N Q_\nu^{(p)} & \text{für } \nu > 1, \end{cases}$$

was sich offenbar auch für alle ν so schreiben läßt:

$$(22) \quad (A, Q_\nu^{(p)}) = -\nu(2p + \nu + 1) N Q_\nu^{(p)},$$

weil ja eben $\nu(2p + \nu + 1)$ mit $\nu = 0$ verschwindet und mit $\nu = 1$ den Wert $2p + 2$ annimmt. Aus (22) und der letzten Gleichung in (16) ergibt sich daher

$$C_\nu = -\nu(2p + \nu + 1).$$

Es ist folglich

$$A(x) = -\nu(2p + \nu + 1) Q_\nu^{(p)}(x),$$

d. h.

$$(23) \quad (1-x^2) \frac{d^2 Q_\nu^{(p)}(x)}{dx^2} - 2(p+1)x \frac{dQ_\nu^{(p)}(x)}{dx} = \\ = -\nu(2p + \nu + 1) Q_\nu^{(p)}(x),$$

q. e. d.

Bemerkung. Das Polynom $Q_\nu^{(p)}(x)$ ist übrigens bis auf einen konstanten Faktor die einzige polynomiale Lösung seiner Differentialgleichung.

Diese Differentialgleichung

$$(1-x^2)y'' - 2(p+1)xy' + \nu(2p+\nu+1)y = 0$$

hat stets die triviale Lösung $y \equiv 0$; daß aber jede nichttriviale polynomiale Lösung genau vom Grade ν sein soll, zeigt sich folgendermaßen. Geht man mit dem Ansatz

$$y = c_0 x^\nu + c_1 x^{\nu-1} + \dots + c_{\nu-1} x + c_\nu \quad (c_0 \neq 0)$$

in die Differentialgleichung ein, so erhält man durch Koeffizientenvergleichung bei x^ν :

$$c_0[-\nu(\nu-1) - 2(p+1)\nu + \nu(2p+\nu+1)] = 0,$$

also:

$$(\nu - \nu)(2p + \nu + \nu + 1) = 0.$$

Wenn nun $2p+1+\nu+\nu \neq 0$ ist, folgt daraus $\nu = \nu$. Der Fall $2p+1+\nu+\nu = 0$ kann nur für $p = -\frac{1}{2}$, $\nu = 0$ eintreten und führt dann eindeutig zu $\nu = 0$ (also gleichfalls zu $\nu = \nu$). Denn mit $p > -1$ ist auch $2p+1 > -1$; damit nun $2p+1+\nu+\nu$ für irgendwelche ganzzahlige nichtnegative ν und ν verschwindet, soll $2p+1$ nichtpositiv und ganz sein. Die einzige Möglichkeit ist daher: $2p+1=0$ (d. h. $p = -\frac{1}{2}$), und zwar liefert dies nur mit $\nu = 0$ für ν einen nichtnegativen ganzzahligen Wert: $\nu = 0$.

Es sei dann

$$P_\nu(x) = c_0 x^\nu + c_1 x^{\nu-1} + \dots + c_{\nu-1} x + c_\nu \quad (c_0 \neq 0)$$

irgendeine polynomiale Lösung der obigen Differentialgleichung; nach Satz 18 ist das Polynom $Q_\nu^{(p)}(x)$ auch eine Lösung, und, da die Differentialgleichung in y , y' und y'' linear-homogen ist, soll

$$K_1 P_\nu(x) + K_2 Q_\nu^{(p)}(x)$$

(mit beliebigen Konstanten K_1 und K_2) ebenfalls eine Lösung sein, also insbesondere auch

$$P_\nu(x) - c_0 Q_\nu^{(p)}(x).$$

Dies ist aber ein Polynom höchstens $(\nu-1)$ -ten Grades und kann infolgedessen keine nichttriviale Lösung sein. Folglich ist

$$P_\nu(x) - c_0 Q_\nu^{(p)}(x) \equiv 0,$$

und jedes $P_\nu(x)$ stimmt daher bis auf einen konstanten Faktor mit dem Polynom $Q_\nu^{(p)}(x)$ überein.

Satz 19.

Für $\nu \geq 1$ ist

$$\left(\frac{d Q_\nu^{(p)}(x)}{dx} \right)_{x=1} = 2^{\nu-2} \nu \cdot \frac{\Gamma(p+\nu) \Gamma(2p+\nu+2)}{\Gamma(p+2) \Gamma(2p+2\nu)}.$$

Beweis. Setzt man in (23) $x = 1$, so hat man:

$$2(p+1) \left(\frac{d Q_\nu^{(p)}(x)}{dx} \right)_{x=1} = \nu(2p+\nu+1) Q_\nu^{(p)}(1).$$

Weiterhin braucht man nur noch für $Q_\nu^{(p)}(1)$ den durch Satz 13 ausgedrückten Wert einzusetzen, alsdann an beiden Seiten der Gleichung den (positiven) Faktor $2(p+1)$ zu unterdrücken, und der Satz ist bewiesen.

Folgerung. Mit Rücksicht auf die aus Satz 9 folgende Relation

$$\left(\frac{d Q_\nu^{(p)}(x)}{dx} \right)_{x=-1} = (-1)^{\nu-1} \cdot \left(\frac{d Q_\nu^{(p)}(x)}{dx} \right)_{x=1}$$

ergibt sich aus dem Obigen noch:

$$\left(\frac{d Q_\nu^{(p)}(x)}{dx} \right)_{x=-1} = (-1)^{\nu-1} 2^{\nu-2} \nu \cdot \frac{\Gamma(p+\nu) \Gamma(2p+\nu+2)}{\Gamma(p+2) \Gamma(2p+2\nu)}.$$

Wir kommen nun zur Berechnung der Integrale

$$(24) \quad \int_{-1}^1 Q_\nu^{(p)}(x) dx \quad \text{und} \quad \int_{-1}^1 x Q_\nu^{(p)}(x) dx.$$

In verschiedenen Spezialfällen kennen wir sie bereits.

1. Im Falle $p = 0$ ist die Belegungsfunktion $(1-x^2)^0 \equiv 1$ und nach Satz 12 $NQ_0^{(0)} = 2$ und $NQ_1^{(0)} = \frac{2}{3}$; es folgt somit aus der Orthogonalität der Polynome $Q_\alpha^{(0)}(x)$:

$$\int_{-1}^1 Q_\nu^{(0)}(x) dx = (Q_0^{(0)}, Q_\nu^{(0)}) = \begin{cases} 2 & \text{für } \nu = 0 \\ 0 & \text{für } \nu = 1, 2, 3, \dots \end{cases}$$

und

$$\int_{-1}^1 x Q_\nu^{(0)}(x) dx = (Q_1^{(0)}, Q_\nu^{(0)}) = \begin{cases} \frac{2}{3} & \text{für } \nu = 1 \\ 0 & \text{für } \nu \neq 1. \end{cases}$$

2. Wegen $Q_0^{(p)}(x) \equiv 1$ und $Q_1^{(p)}(x) \equiv x$ ist auch allgemein

$$\int_{-1}^1 Q_0^{(p)}(x) dx = 2 \quad \text{und} \quad \int_{-1}^1 x Q_1^{(p)}(x) dx = \frac{2}{3}.$$

3. Ferner ist allgemein (nach Satz 9) das Polynom $Q_\nu^{(p)}(x)$ entweder eine gerade oder eine ungerade Funktion, je nachdem der Index ν eine gerade oder ungerade Zahl ist; infolgedessen gilt:

$$\int_{-1}^1 Q_{2\mu+1}^{(p)}(x) dx = 0 \quad \text{und} \quad \int_{-1}^1 x Q_{2\mu}^{(p)}(x) dx = 0 \quad (\mu = 0, 1, 2, \dots).$$

Zur vollständigen Kenntnis der Integrale (24) — also für alle $p > -1$ und $\nu = 0, 1, 2, 3, \dots$ — haben wir daher nur noch die Integrale

$$\int_{-1}^1 Q_{2\mu}^{(p)}(x) dx \quad \text{und} \quad \int_{-1}^1 x Q_{2\mu+1}^{(p)}(x) dx$$

im Falle $p \neq 0$, $\mu > 0$ auszuwerten. Dies geschieht in den zwei nächsten Sätzen.

Satz 20.

$$\int_{-1}^1 Q_{2\mu}^{(p)}(x) dx = \frac{2^{2\mu+1}}{2\mu+1} \cdot \frac{\Gamma(p+2\mu) \Gamma(2p+2\mu)}{\Gamma(p) \Gamma(2p+4\mu)}$$

(für $p \neq 0$ und $\mu = 1, 2, 3, \dots$).

Beweis. Nach Satz 18 ist

$$\nu(2p+\nu+1) Q_\nu^{(p)}(x) = (x^2-1) \frac{d^2 Q_\nu^{(p)}(x)}{dx^2} + 2(p+1)x \frac{d Q_\nu^{(p)}(x)}{dx},$$

also:

$$(25) \quad \nu(2p + \nu + 1) \int_{-1}^1 Q_{\nu}^{(p)}(x) dx = \\ = \int_{-1}^1 (x^2 - 1) \frac{d^2 Q_{\nu}^{(p)}(x)}{dx^2} dx + 2(p + 1) \int_{-1}^1 x \frac{d Q_{\nu}^{(p)}(x)}{dx} dx.$$

Nun ist aber, wie man durch Produktintegration feststellt,

$$\int_{-1}^1 (x^2 - 1) \frac{d^2 Q_{\nu}^{(p)}(x)}{dx^2} dx = -2 \int_{-1}^1 x \frac{d Q_{\nu}^{(p)}(x)}{dx} dx$$

und

$$\int_{-1}^1 x \frac{d Q_{\nu}^{(p)}(x)}{dx} dx = [Q_{\nu}^{(p)}(1) + Q_{\nu}^{(p)}(-1)] - \int_{-1}^1 Q_{\nu}^{(p)}(x) dx.$$

Mit Benutzung dieser Beziehungen ergibt sich aus (25) im Falle $\nu = 2\mu$:

$$[2\mu(2p + 2\mu + 1) + 2p] \int_{-1}^1 Q_{2\mu}^{(p)}(x) dx = 2p [Q_{2\mu}^{(p)}(1) - Q_{2\mu}^{(p)}(-1)],$$

und hieraus, mit Rücksicht auf Satz 13, nach einfacher Rechnung

$$(2\mu + 1)(2p + 2\mu) \int_{-1}^1 Q_{2\mu}^{(p)}(x) dx = p \cdot 2^{2\mu+1} \cdot \frac{\Gamma(p + 2\mu) \Gamma(2p + 2\mu + 1)}{\Gamma(p + 1) \Gamma(2p + 4\mu)}.$$

Dies geht durch geeignete Kürzungen in unsere Behauptung über.

Satz 21.

$$\int_{-1}^1 x Q_{2\mu+1}^{(p)}(x) dx = 2^{2\mu+2} \cdot \frac{2p + 2\mu + 1}{2\mu + 3} \cdot \frac{\Gamma(p + 2\mu + 1) \Gamma(2p + 2\mu)}{\Gamma(p) \Gamma(2p + 4\mu + 2)}$$

(für $p \neq 0$ und $\mu = 1, 2, 3, \dots$).

Beweis. Wir berufen uns auf die Beziehung zwischen $Q_{\nu+1}^{(p)}(x)$, $Q_{\nu}^{(p)}(x)$ und $Q_{\nu-1}^{(p)}(x)$ (Folgerung von Satz 12) und erhalten daraus durch Integration:

$$\int_{-1}^1 x Q_{\nu}^{(p)}(x) dx = \int_{-1}^1 Q_{\nu+1}^{(p)}(x) dx + \frac{\nu(2p+\nu)}{(2p+2\nu-1)(2p+2\nu+1)} \int_{-1}^1 Q_{\nu-1}^{(p)}(x) dx.$$

Alsdann drücken wir für den Fall $p \neq 0$, $\nu = 2\mu + 1$ die rechterhand stehenden Integrale durch die Werte der Gammafunktion aus (gemäß Satz 20) und haben:

$$\begin{aligned} \int_{-1}^1 x Q_{2\mu+1}^{(p)}(x) dx &= \frac{2^{2\mu+3}}{2\mu+3} \cdot \frac{\Gamma(p+2\mu+2) \Gamma(2p+2\mu+2)}{\Gamma(p) \Gamma(2p+4\mu+4)} + \\ &+ \frac{(2\mu+1)(2p+2\mu+1)}{(2p+4\mu+1)(2p+4\mu+3)} \cdot \frac{2^{2\mu+1}}{2\mu+1} \cdot \frac{\Gamma(p+2\mu) \Gamma(2p+2\mu)}{\Gamma(p) \Gamma(2p+4\mu)}. \end{aligned}$$

Wegen

$$\frac{\Gamma(p+2\mu)}{(2p+4\mu+1)(2p+4\mu+3)\Gamma(2p+4\mu)} = \frac{4\Gamma(p+2\mu+2)}{\Gamma(2p+4\mu+4)}$$

ergibt sich daraus:

$$\begin{aligned} \int_{-1}^1 x Q_{2\mu+1}^{(p)}(x) dx &= \\ &= 2^{2\mu+3} \cdot \frac{2p+2\mu+1}{2\mu+3} \cdot \frac{\Gamma(p+2\mu+2) \Gamma(2p+2\mu)}{\Gamma(p) \Gamma(2p+4\mu+4)} \cdot (2p+2\mu+2\mu+3) = \\ &= 2^{2\mu+3} \cdot \frac{2p+2\mu+1}{2\mu+3} \cdot \frac{\Gamma(p+2\mu+2) \Gamma(2p+2\mu)}{\Gamma(p) \Gamma(2p+4\mu+3)}. \end{aligned}$$

Beachtet man ferner, daß

$$\frac{\Gamma(p+2\mu+2)}{\Gamma(2p+4\mu+3)} = \frac{(p+2\mu+1) \Gamma(p+2\mu+1)}{(2p+4\mu+2) \Gamma(2p+4\mu+2)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{\Gamma(p+2\mu+1)}{\Gamma(2p+4\mu+2)}$$

ist, so gelangt man zur Behauptung des Satzes.

Dritter Teil.

Extremalaufgaben der Interpolationsrechnung.

§ 7. Bezeichnungen und Problemstellungen.

Die zu interpolierende (resp. zu integrierende) Funktion bezeichnen wir mit $f(x)$. Ihre Steigungen definieren wir sukzessiv durch die Gleichungen

$$(26) \quad f(x_1, x) = \frac{f(x) - f(x_1)}{x - x_1},$$

$$(27) \quad f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa}, x) = \frac{f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa-1}, x) - f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa-1}, x_{\kappa})}{x - x_{\kappa}} \\ (\kappa = 2, 3, \dots),^{16}$$

wobei im Falle $x = x_{\kappa}$ der obige Differenzenquotient durch seinen Grenzwert

$$\lim_{x \rightarrow x_{\kappa}} f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa}, x) = f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa}, x_{\kappa})$$

zu ersetzen ist.

Unter Benutzung dieser Ausdrücke schreibt sich die allgemeine Formel der sogenannten parabolischen Interpolation mit beliebigen (reellen) Koinzidenzstellen $x_1, x_2, \dots, x_{\varrho}$ in der Form (die *Newtonsche* Interpolationsformel):

$$(28) \quad f(x) = \sum_{\alpha=1}^{\varrho} f(x_1, x_2, \dots, x_{\alpha}) \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} (x - x_{\beta}) + \\ + f(x_1, x_2, \dots, x_{\varrho}, x) \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\alpha}).^{17}$$

Da hierin die Summe

$$\sum_{\alpha=1}^{\varrho} f(x_1, x_2, \dots, x_{\alpha}) \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} (x - x_{\beta})$$

ein Polynom $(\varrho - 1)$ -ten Grades ist — die Steigungen $f(x_1, x_2, \dots, x_{\alpha})$ sind ja gewisse konstante Koeffizienten —,

¹⁶ Unter $f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa-1}, x_{\kappa})$ verstehen wir dabei den Wert der bereits definierten Steigung $f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa-1}, x)$ für $x = x_{\kappa}$.

¹⁷ Die Steigung $f(x_1, x_2, \dots, x_{\alpha})$ bedeutet im Falle $\alpha = 1$ einfach $f(x_1)$; das „leere“ Produkt $\prod_{\beta=1}^0 \Phi_{\beta}$ ist gleich Eins zu setzen, abgesehen davon, was für ein Ausdruck Φ_{β} hinter dem Produktzeichen steht (analog ist die „leere“ Summe $\sum_{\beta=1}^0 \Phi_{\beta}$ stets Null).

so nennen wir auch die Formel (28) eine Interpolationsformel $(\varrho - 1)$ -ten Grades. Das letzte Glied

$$f(x_1, x_2, \dots, x_{\varrho}, x) \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\alpha}) = R_{\varrho}(x)$$

bezeichnen wir als Restglied der Interpolationsformel (28).

Aus der Gleichung (27) erhalten wir nun

$$(29) \quad f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa-1}, x) = f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa-1}, x_{\kappa}) + (x - x_{\kappa}) f(x_1, x_2, \dots, x_{\kappa}, x),$$

eine Beziehung, die es gestattet, durch Umformung des Restgliedes $R_{\varrho}(x)$ den Grad der Interpolationsformel (28) schrittweise zu erhöhen¹⁸.

Durch Integration erhält man aus (28) die allgemeine Quadraturformel

$$(30) \quad \int_a^b f(x) dx = \sum_{\alpha=1}^{\varrho} f(x_1, x_2, \dots, x_{\alpha}) \int_a^b \prod_{\beta=1}^{\alpha-1} (x - x_{\beta}) \cdot dx + \int_a^b f(x_1, x_2, \dots, x_{\varrho}, x) \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\alpha}) \cdot dx,$$

worin das vom Restglied $R_{\varrho}(x)$ herrührende Integral

$$\int_a^b f(x_1, x_2, \dots, x_{\varrho}, x) \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\alpha}) \cdot dx = \mathfrak{R}_{\varrho}$$

als Restglied der Quadraturformel (30) bezeichnet wird.

Vorausgesetzt, daß die Funktion $f(x)$ in dem von den Zahlen $x_1, x_2, \dots, x_{\varrho}, x$ aufgespannten Intervall ϱ -mal differen-

¹⁸ Ausgehend von der Gleichung (26), die, in der Form

$$f(x) = f(x_1) + (x - x_1) f(x_1, x)$$

geschrieben, offenbar als eine Interpolationsformel nullten Grades angesehen werden kann, läßt sich übrigens durch die erwähnte schrittweise Erhöhung des Grades auch die allgemeine Formel (28) herleiten.

zierbar ist, gibt es für diese Funktion in diesem Intervall (nach einem Satze von *Cauchy*) mindestens eine, durch die Zahlen $x_1, x_2, \dots, x_\varrho, x$ bestimmte Zahl u derart, daß

$$f(x_1, x_2, \dots, x_\varrho, x) = \frac{1}{\varrho!} f^{(\varrho)}(u)$$

ist. Folglich verschwindet das Restglied $R_\varrho(x)$ identisch, sobald $f^{(\varrho)}(x) \equiv 0$, d. h. $f(x)$ ein Polynom vom Grade $\leq \varrho - 1$ ist, und zwar nur in diesem Falle.

Das Restglied R_ϱ verschwindet gewiß auch, wenn $f^{(\varrho)}(x) \equiv 0$ ist, kann aber noch für solche $f(x)$ verschwinden, die Polynome etwas höheren Grades als des $(\varrho - 1)$ -ten sind. Dabei kommt es auf die Verteilung der Argumentwerte $x_1, x_2, \dots, x_\varrho$ an; wählt man sie beispielsweise so, daß

$$\int_a^b \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_\alpha) \cdot dx = 0$$

ist, so verschwindet das Restglied R_ϱ noch im Falle

$$f^{(\varrho)}(x) \equiv \text{const} \neq 0.$$

Wir sagen, daß die Quadraturformel (30) vom Grade σ sei, wenn das Restglied R_ϱ im Falle $f^{(\sigma+1)}(x) \equiv 0$ verschwindet und im Falle $f^{(\sigma+1)}(x) \equiv \text{const} \neq 0$ von Null verschieden ausfällt.

Wir kommen nun zur Formulierung unserer Extremalaufgaben.

I. Wie sind die Argumentwerte $x_1, x_2, \dots, x_\varrho$ (bei festem ϱ) zu wählen, damit die Quadraturformel (30) einen möglichst hohen Grad hat?

II. Wenn man die Endpunkte des Integrationsintervalls unter die ϱ Argumentwerte aufnimmt (etwa $x_1 = a$ und $x_\varrho = b$ setzt), wie müssen dann die übrigen $\varrho - 2$ Werte gelegen sein, damit die Quadraturformel (30) ihren höchsten Grad erreicht?

III*. Mit welchen ϱ Koinzidenzstellen $x_1, x_2, \dots, x_\varrho$ fällt im Intervall $a \leq x \leq b$ das Restglied $R_\varrho(x)$ der Interpolationsformel (28) im Mittel am kleinsten aus?

IV*. Fixiert man zwei Koinzidenzstellen in die Endpunkte des Interpolationsintervalls (etwa $x_1 = a$, $x_\rho = b$), welches müssen dann die übrigen Koinzidenzstellen sein, damit das Restglied $R_\rho(x)$ im Mittel am kleinsten wird?

Die zwei letzteren Fragen bedürfen zunächst noch einer prinzipiellen Erläuterung und Präzisierung. Das Integral $\int_a^b [R_\rho(x)]^2 dx$ stellt ein natürliches Maß für die mittlere Größe des Restgliedes dar¹⁹; es liegt nun nach Satz 1 der Quotient

$$\frac{\int_a^b [f(x_1, x_2, \dots, x_\rho, x)]^2 \prod_{\alpha=1}^{\rho} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx}{\int_a^b \prod_{\alpha=1}^{\rho} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx}$$

zwischen denselben Schranken wie $[f(x_1, x_2, \dots, x_\rho, x)]^2$, und es gibt daher, wenn die Steigung $f(x_1, x_2, \dots, x_\rho, x)$ für alle x in $a \leq x \leq b$ existiert und stetig ist, eine Zahl v in $a < x < b$ derart, daß

$$\int_a^b [R_\rho(x)]^2 dx = [f(x_1, x_2, \dots, x_\rho, v)]^2 \int_a^b \prod_{\alpha=1}^{\rho} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx$$

ist. Das linksstehende Integral, das durch eine gehörige Wahl der Koinzidenzstellen möglichst klein gemacht werden soll, zerfällt also in zwei Faktoren, von denen der letztere allerdings nur von den Koinzidenzstellen, der erstere aber noch von der zu interpolierenden Funktion selber abhängt. Will man sich nun auf keine speziellen Funktionen $f(x)$ beschränken, so bleibt nichts übrig, als die Abhängigkeit des Integrals $\int_a^b [R_\rho(x)]^2 dx$ von dem Faktor $[f(x_1, x_2, \dots, x_\rho, v)]^2$ zu vernachlässigen (d. h. so zu verfahren, als wenn sich diese Abhängigkeit „im Durch-

¹⁹ Das (quadratische) Mittel $\bar{R}_\rho$ von $R_\rho(x)$ in $a \leq x \leq b$ definieren wir, wie üblich, durch die Relation

$$\bar{R}_\rho^2 = \frac{1}{b-a} \int_a^b [R_\rho(x)]^2 dx.$$

Bei den obigen Fragen kommt es daher allein auf das erwähnte Integral an.

schnitt für alle $f(x)$, die wir je zu interpolieren haben“, aus-
gliche, und nur den anderen Faktor $\int_a^b \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx$ mög-
lichst klein zu machen. Die Fragen III* und IV* ersetzen wir
daher durch die folgenden:

III. Wie sollen die Zahlen $x_1, x_2, \dots, x_\varrho$ gewählt sein, da-
mit das Integral

$$\int_a^b \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx$$

am kleinsten wird?

IV. Mit welchen Zahlen $x_1, x_2, \dots, x_\nu$ wird das Integral

$$\int_a^b (x - a)^2 (x - b)^2 \prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx$$

am kleinsten?

§ 8. Lösung der Aufgaben I und II.

Der Einfachheit halber setzen wir $a = -1$ und $b = 1$,
was keine wesentliche Einschränkung der Allgemeinheit be-
deutet²⁰. Die erste Aufgabe besteht darin, solche Zahlen
 $x_1, x_2, \dots, x_\varrho$ zu bestimmen, daß in der nach (29) formal gel-
tenden Entwicklung

$$\begin{aligned} & \int_{-1}^1 f(x_1, x_2, \dots, x_\varrho, x) \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_\alpha) \cdot dx = \\ & = \sum_{\alpha=1}^{\tau} f(x_1, x_2, \dots, x_\varrho, x_{\varrho+1}, \dots, x_{\varrho+\alpha}) \int_{-1}^1 \prod_{\beta=1}^{\varrho} (x - x_\beta) \cdot \prod_{\gamma=1}^{\alpha-1} (x - x_{\varrho+\gamma}) \cdot dx + \\ & + \int_{-1}^1 f(x_1, x_2, \dots, x_\varrho, x_{\varrho+1}, \dots, x_{\varrho+\tau}, x) \prod_{\alpha=1}^{\varrho+\tau} (x - x_\alpha) \cdot dx \end{aligned}$$

bei möglichst großem τ sämtliche rechtsstehende Glieder mit
Ausnahme des letzten verschwinden, wie auch immer die
hinzugekommenen Argumentwerte $x_{\varrho+1}, x_{\varrho+2}, \dots, x_{\varrho+\tau}$ gelegen

²⁰ Man kann ja die unabhängige Variable x stets auf solche Weise
linear transformieren, daß ein beliebiges Intervall $a \leq x \leq b$ in $-1 \leq X \leq 1$
übergeht; die Transformation lautet: $x = \frac{a+b}{2} + \frac{b-a}{2} X$.

sein mögen. Es soll also das Polynom ϱ -ten Grades (mit reellen Nullstellen) $\prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\alpha})$ zu beliebigen Polynomen, deren Grad einen möglichst langen Abschnitt der Folge $0, 1, 2, 3, \dots$ durchläuft, orthogonal sein, und zwar in bezug auf die Belegungsfunktion $\psi(x) \equiv 1$ und das Intervall $-1 < x < 1$.

Dies setzt zunächst eine obere Schranke für den Grad σ der Quadraturformel (30); das Produkt $\prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\alpha})$ kann nämlich keineswegs zu beliebigen Polynomen ϱ -ten Grades orthogonal sein, weil es dann insbesondere zu sich selbst orthogonal sein müßte (was nach Satz 3 unmöglich ist); folglich gilt stets

$$\tau - 1 < \varrho$$

und (wegen $\sigma = \varrho + \tau - 1$)

$$\sigma < 2\varrho.$$

Der Fall $\sigma = 2\varrho - 1$ tritt aber gerade für

$$\prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\alpha}) = Q_{\varrho}^{(0)}(x)$$

ein: 1) nach Satz 5 ist ja $Q_{\varrho}^{(0)}(x)$ das einzige Polynom ϱ -ten Grades mit dem höchsten Koeffizienten Eins, das zu sämtlichen Polynomen vom Grade $< \varrho$ orthogonal ist (bezüglich der Belegungsfunktion $\psi \equiv 1$ und des Grundgebietes $-1 < x < 1$), und 2) nach Satz 6 hat $Q_{\varrho}^{(0)}(x)$ lauter reelle Nullstellen.

Die Lösung der ersten Aufgabe lautet daher: die Nullstellen des Polynoms $Q_{\varrho}^{(0)}(x)$ als Argumentwerte $x_1, x_2, \dots, x_{\varrho}$ gewähren der Quadraturformel (30) den höchsten möglichen Grad $2\varrho - 1$.

Bei der Lösung der zweiten Aufgabe gehen wir aus von dem Restgliede²¹

$$\mathfrak{R}_{\nu+2} = \int_{-1}^1 f(-1, 1, x_1, x_2, \dots, x_{\nu}, x) \cdot (x^2 - 1) \prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_{\alpha}) \cdot dx$$

und denken es vermöge (29) folgendermaßen umgeformt:

²¹ Wir fangen mit der Numeration der Argumentwerte erst nach den zwei vorgeschriebenen (-1 und 1) an; der Index $\varrho = \nu + 2$ bei $\mathfrak{R}$ bezieht sich auf ihre Gesamtanzahl.

$$\begin{aligned} \Re_{\nu+2} = & \sum_{\alpha=1}^{\tau} f(-1, 1, x_1, x_2, \dots, x_{\nu}, x_{\nu+1}, \dots, x_{\nu+\alpha}) \cdot \int_{-1}^1 (x^2 - 1)^{\nu+\alpha-1} \prod_{\beta=1}^{\nu+\alpha-1} (x - x_{\beta}) \cdot dx + \\ & + \int_{-1}^1 f(-1, 1, x_1, x_2, \dots, x_{\nu}, x_{\nu+1}, \dots, x_{\nu+\tau}, x) \cdot (x^2 - 1)^{\nu+\tau} \prod_{\gamma=1}^{\nu+\tau} (x - x_{\gamma}) \cdot dx. \end{aligned}$$

Gefragt wird also nach solchen Argumentwerten $x_1, x_2, \dots, x_{\nu}$, daß für ein möglichst großes τ sämtliche Integrale

$$(31) \quad \int_{-1}^1 (x^2 - 1)^{\nu+\alpha-1} \prod_{\beta=1}^{\nu+\alpha-1} (x - x_{\beta}) \cdot dx \quad (\alpha=1, 2, \dots, \tau)$$

verschwinden, ganz abgesehen davon, was die (reellen) Zahlen $x_{\nu+1}, x_{\nu+2}, \dots, x_{\nu+\tau-1}$ sind.

Schreibt man nun den Ausdruck (31) in der Form

$$- \int_{-1}^1 \prod_{\beta=1}^{\nu} (x - x_{\beta}) \cdot \prod_{\gamma=1}^{\alpha-1} (x - x_{\nu+\gamma}) \cdot (1 - x^2) dx,$$

so ist dies Integral ein inneres Produkt der Polynome

$$\prod_{\beta=1}^{\nu} (x - x_{\beta}) \quad \text{und} \quad \prod_{\gamma=1}^{\alpha-1} (x - x_{\nu+\gamma}),$$

in bezug auf die Belegunsfunktion $1 - x^2$ und das Belegungsintervall $-1 < x < 1$. Die Forderung, daß das Integral (31) verschwinden soll, bedeutet also, daß das Polynom

$$\prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_{\alpha})$$

zu einem beliebigen Polynom $(\alpha - 1)$ -ten Grades (mit reellen Nullstellen) orthogonal sein soll. Ähnlich wie früher, erhalten wir daraus auch hier eine obere Schranke für τ und daher eine für σ :

$$\tau - 1 < \nu, \quad \sigma < 2\nu + 2, \quad [\text{d. h. } \sigma < 2\nu - 2],$$

denn es ist ja, gemäß der früheren Festsetzung,

$$\nu + 2 = \varrho \quad \text{und} \quad \sigma = \varrho + \tau - 1.$$

Der Grad $\sigma = 2\nu + 1$ ist aber schon erreichbar, und zwar nur durch

$$\prod_{\beta=1}^{\nu} (x - x_{\beta}) = Q_{\nu}^{(1)}(x),$$

wie aus den Sätzen 5 und 6, analog wie oben, folgt.

Unter der Bedingung, daß in der Endpunkten (-1 und 1) des Integrationsintervalls je einer der Argumentwerte liegen soll, hat die Quadraturformel (30) also höchstens den Grad $2q - 3$, und dieser wird nur dann erreicht, wenn für die übrigen $q - 2$ Argumentwerte die Nullstellen des Polynoms $Q_{q-2}^{(1)}(x)$ eingesetzt werden. Damit ist die zweite Aufgabe gelöst.

§ 9. Lösung der Aufgaben III und IV.

Setzt man, wie im vorigen Paragraphen, $a = -1$ und $b = 1$, so lautet die dritte Aufgabe wie folgt. Es sind die (reellen) Zahlen $x_1, x_2, \dots, x_q$ so zu bestimmen, daß das Integral

$$(32) \quad \int_{-1}^1 \prod_{\alpha=1}^q (x - x_{\alpha})^2 \cdot dx$$

seinen minimalen Wert annimmt.

Das Produkt $\prod_{\alpha=1}^q (x - x_{\alpha})$ ist jedenfalls ein Polynom q -ten

Grades mit reellen Nullstellen, also auch reellen Koeffizienten, und zwar mit dem Koeffizienten Eins bei der q -ten Potenz; folglich ist es in der Form

$$\prod_{\alpha=1}^q (x - x_{\alpha}) = Q_q^{(0)}(x) + C_{q-1} Q_{q-1}^{(0)}(x) + C_{q-2} Q_{q-2}^{(0)}(x) + \dots + C_0 Q_0^{(0)}(x)$$

darstellbar, wobei $C_0, C_1, \dots, C_{q-1}$ irgendwelche reelle Zahlen sind. Daraus ergibt sich nun, wegen der Orthogonalitätseigenschaft der Polynome $Q_{\rho}^{(0)}(x)$,

$$\int_{-1}^1 \prod_{\alpha=1}^q (x - x_{\alpha})^2 \cdot dx = N Q_q^{(0)} + C_{q-1}^2 N Q_{q-1}^{(0)} + C_{q-2}^2 N Q_{q-2}^{(0)} + \dots + C_0^2 N Q_0^{(0)}.$$

Das Minimum des rechtsstehenden Ausdruckes tritt offenbar für

$$C_0 = C_1 = \dots = C_{\rho-1} = 0$$

ein; es fragt sich nur, ob das linksstehende Integral dies Minimum wirklich erreichen kann, wenn für $x_1, x_2, \dots, x_\rho$ nur reelle Werte zugelassen werden. Da nun $Q_\rho^{(0)}(x)$ lauter reelle Nullstellen hat, ist diese Frage zu bejahen; Aufgabe III ist also lösbar, und die Lösung lautet: die Nullstellen von $Q_\rho^{(0)}(x)$, für $x_1, x_2, \dots, x_\rho$ eingesetzt, liefern dem Integral (32) seinen kleinsten Wert.

Die vierte Aufgabe besteht darin, die Wahl der (reellen) Zahlen $x_1, x_2, \dots, x_\nu$ so zu treffen, daß

$$(33) \quad \int_{-1}^1 (x^2 - 1)^2 \prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx$$

am kleinsten wird.

Das Integral (33) ist die Norm des Polynoms $\prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_\alpha)$ in bezug auf die Belegungsfunktion $(1 - x^2)^2$ und das Intervall $-1 < x < 1$. Es folgt somit, indem man

$$\prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_\alpha) = Q_\nu^{(2)}(x) + C_{\nu-1} Q_{\nu-1}^{(2)}(x) + C_{\nu-2} Q_{\nu-2}^{(2)}(x) + \dots + C_0 Q_0^{(2)}(x)$$

setzt,

$$\begin{aligned} \int_{-1}^1 (x^2 - 1)^2 \prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_\alpha)^2 \cdot dx = \\ = NQ_\nu^{(2)} + C_{\nu-1}^2 NQ_{\nu-1}^{(2)} + C_{\nu-2}^2 NQ_{\nu-2}^{(2)} + \dots + C_0^2 NQ_0^{(2)}. \end{aligned}$$

Das Integral (33) hat also den kleinsten Wert, wenn

$$C_0 = C_1 = \dots = C_{\nu-1} = 0, \quad \text{d. h.} \quad \prod_{\alpha=1}^{\nu} (x - x_\alpha) = Q_\nu^{(2)}(x)$$

ist. Folglich müssen $x_1, x_2, \dots, x_\nu$ die Nullstellen des Polynoms $Q_\nu^{(2)}(x)$ sein.

§ 10. Vergleichende und ergänzende Bemerkungen.

1. Die erste und die dritte Aufgabe haben ein und dieselbe Lösung — die Gesamtheit der Nullstellen von $Q_\rho^{(0)}(x)$. Obwohl nun die zweite Aufgabe gegenüber der ersten und die vierte gegenüber der dritten den gleichen Unterschied aufweisen (nämlich, daß zwei von den Argumentwerten $x_1, x_2, \dots, x_\rho$ in den Endpunkten des Intervalls festgelegt sind), ist dennoch die Lösung der zweiten Aufgabe von jener der vierten im allgemeinen verschieden. Denn außer den zwei trivialen Fällen

$$Q_0^{(1)}(x) \equiv Q_0^{(2)}(x) \equiv 1 \quad \text{und} \quad Q_1^{(1)}(x) \equiv Q_1^{(2)}(x) \equiv x$$

sind die Polynome $Q_\nu^{(1)}(x)$ und $Q_\nu^{(2)}(x)$ nicht miteinander [und auch nicht mit den $Q_\nu^{(0)}(x)$] identisch, also stimmen auch ihre entsprechenden Nullstellen keineswegs sämtlich überein. Die Polynome $Q_\nu^{(0)}(x)$ und ihre Nullstellen $x_1^{(0,\nu)}, x_2^{(0,\nu)}, \dots, x_\nu^{(0,\nu)}$ sind²² z. B. für $\nu = 2, 3, 4, 5$:

$$Q_2^{(0)}(x) = x^2 - \frac{1}{3},$$

$$x_1^{(0,2)} = -\sqrt{\frac{1}{3}}, \quad x_2^{(0,2)} = \sqrt{\frac{1}{3}},$$

$$Q_3^{(0)}(x) = x^3 - \frac{3}{5}x,$$

$$x_1^{(0,3)} = -\sqrt{0.6}, \quad x_2^{(0,3)} = 0, \quad x_3^{(0,3)} = \sqrt{0.6},$$

$$Q_4^{(0)}(x) = x^4 - \frac{6}{7}x^2 + \frac{3}{35},$$

$$x_1^{(0,4)} = -\sqrt{\frac{3+2\sqrt{1.2}}{7}}, \quad x_2^{(0,4)} = -\sqrt{\frac{3-2\sqrt{1.2}}{7}},$$

$$x_3^{(0,4)} = \sqrt{\frac{3-2\sqrt{1.2}}{7}}, \quad x_4^{(0,4)} = \sqrt{\frac{3+2\sqrt{1.2}}{7}},$$

$$Q_5^{(0)}(x) = x^5 - \frac{10}{9}x^3 + \frac{5}{21}x,$$

$$x_1^{(0,5)} = -\frac{1}{3}\sqrt{5+2\sqrt{\frac{10}{7}}}, \quad x_2^{(0,5)} = -\frac{1}{3}\sqrt{5-2\sqrt{\frac{10}{7}}},$$

$$x_3^{(0,5)} = 0, \quad x_4^{(0,5)} = \frac{1}{3}\sqrt{5-2\sqrt{\frac{10}{7}}}, \quad x_5^{(0,5)} = \frac{1}{3}\sqrt{5+2\sqrt{\frac{10}{7}}},$$

²² Der Kürze halber bezeichnen wir im folgenden den positiven Zweig der Quadratwurzel (aus einer positiven Zahl u) mit $\sqrt{u}$ (anstatt mit $|\sqrt{u}|$).

die entsprechenden $Q_\nu^{(1)}(x)$ und ihre Nullstellen $x_1^{(1,\nu)}, x_2^{(1,\nu)}, \dots, x_\nu^{(1,\nu)}$:

$$Q_2^{(1)}(x) = x^2 - \frac{1}{5},$$

$$x_1^{(1,2)} = -\sqrt{\frac{1}{5}}, \quad x_2^{(1,2)} = \sqrt{\frac{1}{5}},$$

$$Q_3^{(1)}(x) = x^3 - \frac{3}{7}x,$$

$$x_1^{(1,3)} = -\sqrt{\frac{3}{7}}, \quad x_2^{(1,3)} = 0, \quad x_3^{(1,3)} = \sqrt{\frac{3}{7}},$$

$$Q_4^{(1)}(x) = x^4 - \frac{3}{3}x^2 + \frac{1}{21},$$

$$x_1^{(1,4)} = -\sqrt{\frac{1+2\sqrt{\frac{1}{7}}}{3}}, \quad x_2^{(1,4)} = -\sqrt{\frac{1-2\sqrt{\frac{1}{7}}}{3}},$$

$$x_3^{(1,4)} = \sqrt{\frac{1-2\sqrt{\frac{1}{7}}}{3}}, \quad x_4^{(1,4)} = \sqrt{\frac{1+2\sqrt{\frac{1}{7}}}{3}},$$

$$Q_5^{(1)}(x) = x^5 - \frac{10}{11}x^3 + \frac{5}{33}x,$$

$$x_1^{(1,5)} = -\sqrt{\frac{5+2\sqrt{\frac{5}{3}}}{11}}, \quad x_2^{(1,5)} = -\sqrt{\frac{5-2\sqrt{\frac{5}{3}}}{11}},$$

$$x_3^{(1,5)} = 0, \quad x_4^{(1,5)} = \sqrt{\frac{5-2\sqrt{\frac{5}{3}}}{11}}, \quad x_5^{(1,5)} = \sqrt{\frac{5+2\sqrt{\frac{5}{3}}}{11}},$$

und die Polynome $Q_\nu^{(2)}(x)$ mit ihren Nullstellen:

$$Q_2^{(2)}(x) = x^2 - \frac{1}{7},$$

$$x_1^{(2,2)} = -\sqrt{\frac{1}{7}}, \quad x_2^{(2,2)} = \sqrt{\frac{1}{7}},$$

$$Q_3^{(2)}(x) = x^3 - \frac{1}{3}x,$$

$$x_1^{(2,3)} = -\sqrt{\frac{1}{3}}, \quad x_2^{(2,3)} = 0, \quad x_3^{(2,3)} = \sqrt{\frac{1}{3}},$$

$$Q_4^{(2)}(x) = x^4 - \frac{6}{11}x^2 + \frac{1}{33},$$

$$x_1^{(2,4)} = -\sqrt{\frac{3+4\sqrt{\frac{1}{3}}}{11}}, \quad x_2^{(2,4)} = -\sqrt{\frac{3-4\sqrt{\frac{1}{3}}}{11}},$$

$$x_3^{(2,4)} = \sqrt{\frac{3-4\sqrt{\frac{1}{3}}}{11}}, \quad x_4^{(2,4)} = \sqrt{\frac{3+4\sqrt{\frac{1}{3}}}{11}},$$

$$Q_5^{(2)}(x) = x^5 - \frac{10}{18}x^3 + \frac{15}{143}x,$$

$$x_1^{(2,5)} = -\sqrt{\frac{5 + 4\sqrt{\frac{5}{11}}}{13}}, \quad x_2^{(2,5)} = -\sqrt{\frac{5 - 4\sqrt{\frac{5}{11}}}{13}},$$

$$x_3^{(2,5)} = 0, \quad x_4^{(2,5)} = \sqrt{\frac{5 - 4\sqrt{\frac{5}{11}}}{13}}, \quad x_5^{(2,5)} = \sqrt{\frac{5 + 4\sqrt{\frac{5}{11}}}{13}}.$$

Berechnet man für alle obigen Nullstellen ihre Näherungsbrüche (etwa Dezimalbrüche bis zu einer gewissen Zehnerpotenz), so ist es leicht, das Bestehen der in den Sätzen 8 und 17 allgemein hergeleiteten Beziehungen in diesen Spezialfällen zu erblicken.

2. Setzt man die Nullstellen von $Q_\varrho^{(0)}(x)$ als Argumentwerte $x_1, x_2, \dots, x_\varrho$ in die Formel (30) ein (im Falle $a = -1, b = 1$), so erhält man bekanntlich die Quadraturformel von *Gauß*. Diese hat, gemäß der Lösung der ersten Aufgabe, den Grad $2\varrho - 1$ und ihr Restglied lautet:

$$\mathfrak{R}_\varrho = \int_{-1}^1 f(x_1^{(0,\varrho)}, x_2^{(0,\varrho)}, \dots, x_\varrho^{(0,\varrho)}, x_{\varrho+1}, \dots, x_{2\varrho}, x) Q_\varrho^{(0)}(x) \prod_{\alpha=1}^{\varrho} (x - x_{\varrho+\alpha}) \cdot dx,$$

wobei den Größen $x_{\varrho+1}, x_{\varrho+2}, \dots, x_{2\varrho}$ beliebige Werte beigelegt werden können. Für den Fall, daß die Funktion $f(x)$ in $-1 < x < 1$ stetig und an den Nullstellen von $Q_\varrho^{(0)}(x)$ differenzierbar ist, ergibt sich, indem man $x_{\varrho+\alpha} = x_\alpha^{(0,\varrho)}$ wählt, nach Satz 1:

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_\varrho &= \int_{-1}^1 f(x_1^{(0,\varrho)}, x_1^{(0,\varrho)}, x_2^{(0,\varrho)}, x_2^{(0,\varrho)}, \dots, x_\varrho^{(0,\varrho)}, x_\varrho^{(0,\varrho)}, x) [Q_\varrho^{(0)}(x)]^2 dx = \\ &= f(x_1^{(0,\varrho)}, x_1^{(0,\varrho)}, x_2^{(0,\varrho)}, x_2^{(0,\varrho)}, \dots, x_\varrho^{(0,\varrho)}, x_\varrho^{(0,\varrho)}, u) \cdot N Q_\varrho^{(0)} \end{aligned}$$

(worin $-1 < u < 1$),

und daher, falls die 2ϱ -te Ableitung von $f(x)$ in $-1 < x < 1$ überall existiert, unter Anwendung des *Cauchyschen* Satzes:

$$\mathfrak{R}_\varrho = \frac{N Q_\varrho^{(0)}}{(2\varrho)!} f^{(2\varrho)}(v) \quad (\text{mit } -1 < v < 1),$$

also

$$\mathfrak{R}_\varrho = \frac{\varrho!}{2^{\varrho-1} (2\varrho+1) [(2\varrho-1)!!]^3} f^{(2\varrho)}(v),$$

weil nach Satz 12 ja $NQ_\varrho^{(0)} = \frac{2(\varrho!)^2}{(2\varrho-1)!!(2\varrho+1)!!}$ ist.

Die *Gaußsche* Quadraturformel ersten Grades enthält einen einzigen Argumentwert $x_1^{(0,1)} = 0$; sie ist die unter dem Namen „Tangententrapezregel“ bekannte Formel

$$\int_{-1}^1 f(x) dx = 2f(0) + \frac{1}{3} f''(v) \quad (-1 < v < 1).$$

In den nächsten Formeln (vom Grade 3, 5, 7, ...) treten schon irrationale Argumentwerte auf, was bei mancher praktischen Anwendung einen erheblichen Nachteil bedeuten kann.

3. Mit den Endpunkten des Integrationsintervalls und den ν Nullstellen des Polynoms $Q_\nu^{(1)}(x)$, d. h. mit den Zahlen $-1, x_1^{(1,\nu)}, x_2^{(1,\nu)}, \dots, x_\nu^{(1,\nu)}, 1$ als Argumentwerten erhält man eine Quadraturformel, die (laut der Lösung der dritten Aufgabe) den Grad $2\nu+1$ hat, während jede andere Wahl von ν Zahlen (mit denselben zwei festgehaltenen Argumentwerten -1 und 1) sicherlich zu einer Quadraturformel niedrigeren Grades führt.

Da die Zahlen $-1, x_1^{(1,\nu)}, x_2^{(1,\nu)}, \dots, x_\nu^{(1,\nu)}, 1$ voneinander verschieden sind, kann man diese Quadraturformel (etwa von der *Lagrangeschen* Interpolationsformel ausgehend) folgendermaßen schreiben:

$$(34) \quad \int_{-1}^1 f(x) dx = H_0^{(\nu)} f(-1) + \sum_{\alpha=1}^{\nu} H_\alpha^{(\nu)} f(x_\alpha^{(1,\nu)}) + H_{\nu+1}^{(\nu)} f(1) + \mathfrak{R}_{\nu+2}$$

mit den Koeffizienten (den Gewichtskoeffizienten bei den Funktionswerten)

$$H_0^{(\nu)} = \frac{1}{2Q_\nu^{(1)}(-1)} \int_{-1}^1 (1-x) Q_\nu^{(1)}(x) dx,$$

$$H_{\alpha}^{(\nu)} = \frac{\int_{-1}^1 \frac{Q_{\nu}^{(1)}(x)}{x - x_{\alpha}^{(1, \nu)}} (1 - x^2) dx}{\left[(1 - x^2) \frac{dQ_{\nu}^{(1)}(x)}{dx} \right]_{x=x_{\alpha}^{(1, \nu)}}} \quad (\text{für } \alpha = 1, 2, \dots, \nu),$$

$$H_{\nu+1}^{(\nu)} = \frac{1}{2Q_{\nu}^{(1)}(1)} \int_{-1}^1 (1+x) Q_{\nu}^{(1)}(x) dx$$

und dem Restglied

$$\mathfrak{R}_{\nu+2} = \int_{-1}^1 f(-1, x_1^{(1, \nu)}, x_2^{(1, \nu)}, \dots, x_{\nu}^{(1, \nu)}, 1, x) (x^2 - 1) Q_{\nu}^{(1)}(x) dx,$$

welches für eine in $-1 \leq x \leq 1$ stetige und in den Punkten $x_1^{(1, \nu)}, x_2^{(1, \nu)}, \dots, x_{\nu}^{(1, \nu)}$ differenzierbare Funktion $f(x)$ in der Form

$$\begin{aligned} \mathfrak{R}_{\nu+2} &= \int_{-1}^1 f(-1, x_1^{(1, \nu)}, x_1^{(1, \nu)}, \dots, x_{\nu}^{(1, \nu)}, x_{\nu}^{(1, \nu)}, 1, x) (x^2 - 1) [Q_{\nu}^{(1)}(x)]^2 dx \\ &= -f(-1, x_1^{(1, \nu)}, x_1^{(1, \nu)}, x_2^{(1, \nu)}, x_2^{(1, \nu)}, \dots, x_{\nu}^{(1, \nu)}, x_{\nu}^{(1, \nu)}, 1, u) N Q_{\nu}^{(1)} \\ &\quad (\text{mit } -1 < u < 1) \end{aligned}$$

darstellbar ist, und daher für eine in $-1 \leq x \leq 1$ $(2\nu + 2)$ -mal differenzierbare Funktion $f(x)$ in der Form

$$\mathfrak{R}_{\nu+2} = - \frac{f^{(2\nu+2)}(v)}{(2\nu+2)!} \cdot N Q_{\nu}^{(1)} = - \frac{\nu+2}{2\nu+3} \cdot \frac{\nu!}{2^{\nu} [(2\nu+1)!!]^3} \cdot f^{(2\nu+2)}(v) \quad (\text{mit } -1 < v < 1).$$

Die Koeffizienten $H_0^{(\nu)}$ und $H_{\nu+1}^{(\nu)}$ lassen sich übrigens ganz allgemein berechnen. Wir erhalten nämlich aus den Sätzen 20 und 21

$$\int_{-1}^1 (1 \pm x) Q_{\nu}^{(1)}(x) dx = \begin{cases} \frac{2 \cdot \nu!}{(2\nu+1)!!} & \text{für } \nu = 2\mu \\ \pm \frac{2 \cdot \nu!}{(2\nu+1)!!} & \text{für } \nu = 2\mu + 1 \quad (\mu = 0, 1, 2, \dots), \end{cases}$$

aus Satz 13

$$Q_v^{(1)}(1) = (-1)^v Q_v^{(1)}(-1) = \frac{(\nu+2)!}{2(2\nu+1)!!},$$

und somit

$$H_0^{(\nu)} = H_{\nu+1}^{(\nu)} = \frac{2}{(\nu+1)(\nu+2)}.$$

4. Die Formel (34) ist für $\nu=0$ die übliche Trapezregel (Sehnentrapezregel):

$$\int_{-1}^1 f(x) dx = f(-1) + f(1) - \frac{2}{3} f''(v) \quad (-1 < v < 1),$$

und für $\nu=1$ die *Simpsonsche* Regel:

$$\int_{-1}^1 f(x) dx = \frac{1}{3} f(-1) + \frac{4}{3} f(0) + \frac{1}{3} f(1) - \frac{1}{90} f^{IV}(v) \quad (-1 < v < 1).$$

Von den nächsten Spezialfällen ($\nu=2$)

$$\int_{-1}^1 f(x) dx = \frac{1}{6} f(-1) + \frac{5}{6} f(-\sqrt{0.2}) + \frac{5}{6} f(\sqrt{0.2}) + \frac{1}{6} f(1) - \frac{2}{23\,625} f^{VI}(v)$$

und ($\nu=3$)

$$(35) \quad \int_{-1}^1 f(x) dx = 0.1 [f(-1) + f(1)] + \frac{1}{9} \left\{ 7.3 \left[f\left(-\sqrt{\frac{3}{7}}\right) + f\left(\sqrt{\frac{3}{7}}\right) \right] + 1.6 f(0) \right\} - \frac{f^{VIII}(v)}{2\,778\,300}$$

ist der letztere in mancher Hinsicht bemerkenswert: die Formel (35) drückt das Integral von $f(x)$ durch fünf Funktionswerte aus, von denen nur zwei zu den irrationalen Argumentwerten

gehören, und hat dabei den Grad 7. Die *Gaußsche* Formel desselben Grades lautet:

$$\begin{aligned} \int_{-1}^1 f(x) dx = & \left(\frac{1}{2} - \frac{\sqrt{30}}{36}\right) \left[f\left(-\sqrt{\frac{3+2\sqrt{12}}{7}}\right) + f\left(\sqrt{\frac{3+2\sqrt{12}}{7}}\right) \right] + \\ & + \left(\frac{1}{2} + \frac{\sqrt{30}}{36}\right) \left[f\left(-\sqrt{\frac{3-2\sqrt{12}}{7}}\right) + f\left(\sqrt{\frac{3-2\sqrt{12}}{7}}\right) \right] + \\ & + \frac{f^{VIII}(v)}{3\,472\,875}, \end{aligned}$$

enthält also vier irrationale Argumentwerte, und die Gewichts-koeffizienten bei den entsprechenden Funktionswerten sind auch sämtlich irrational.

Was nun das Restglied der Formel (34) und das der *Gaußschen* Formel desselben Grades betrifft, so können sie hinsichtlich der Größe des Koeffizienten bei der $2q$ -ten Ableitung ganz allgemein verglichen werden. Dieser Koeffizient beträgt im Restglied der Formel (34) (indem man $\nu + 1 = q$ setzt)

$$- \frac{q+1}{2q+1} \cdot \frac{(q-1)!}{2^{q-1} [(2q-1)!!]^3}$$

und im Restglied der *Gaußschen* Formel

$$+ \frac{q!}{(2q+1) \cdot 2^{q-1} [(2q-1)!!]^3},$$

also sind die beiden von gleicher Größenordnung; der zweite ist allerdings etwas kleiner als der erste, ihr Quotient

$$- \frac{q+1}{q}$$

strebt aber mit wachsendem q gegen -1 .

Aus der Tatsache, daß diese Koeffizienten entgegengesetzte Vorzeichen haben, folgt der Einschließungssatz:

wenn $f(x)$ eine in $-1 < x < 1$ zeichenbeständige $2q$ -te Ableitung besitzt, so liegt der durch (34) angegebene Näherungsausdruck (d. h. die rechtsstehende „gewogene Summe“ der Funktionswerte, ohne Restglied) an der einen Seite und der *Gaußsche* Näherungsausdruck an der anderen Seite des zu berechnenden Integrals.

5. Die Interpolationsformel (28) mit den Nullstellen von $Q_\varrho^{(0)}(x)$ als Koinzidenzstellen pflegt man die *Gaußsche* Interpolationsformel zu nennen. Für den mittleren Wert $\bar{R}_\varrho$ ihres Restgliedes $R_\varrho(x)$ in $-1 \leq x \leq 1$ erhalten wir, wenn $f(x)$ in $-1 < x < 1$ ϱ -mal differenzierbar ist,

$$\begin{aligned}\bar{R}_\varrho^2 &= \frac{1}{2} \left[f(x_1^{(0,\varrho)}, x_2^{(0,\varrho)}, \dots, x_\varrho^{(0,\varrho)}, u) \right]^2 NQ_\varrho^{(0)} \\ &= \frac{[f^{(\varrho)}(v)]^2}{(2\varrho-1)!! (2\varrho+1)!!} \\ &\quad (\text{mit } -1 < u < 1 \text{ und } -1 < v < 1).\end{aligned}$$

Für die Schranken des Restgliedes $R_\varrho(x)$ in $-1 \leq x \leq 1$ ergibt sich, mit Rücksicht auf die Sätze 13 und 15,

$$|R_\varrho(x)| < \frac{M_\varrho}{(2\varrho-1)!!},$$

indem man die obere Schranke von $|f^{(\varrho)}(x)|$ in $-1 \leq x \leq 1$ mit M_ϱ bezeichnet.

Setzt man die Nullstellen von $Q_\nu^{(2)}(x)$ und die Zahlen -1 und 1 als Koinzidenzstellen in die Formel (28) ein, so gelangt man zu einer Interpolationsformel, deren Restglied durch die Beziehungen

$$\begin{aligned}(\bar{R}_{\nu+2})^2 &= \frac{1}{2} \left[f(-1, x_1^{(2,\nu)}, x_2^{(2,\nu)}, \dots, x_\nu^{(2,\nu)}, 1, u) \right]^2 NQ_\nu^{(2)} \\ &= \frac{(\nu+3)(\nu+4)}{(\nu+1)(\nu+2)} \cdot \frac{[f^{(\nu+2)}(v)]^2}{(2\nu+3)!! (2\nu+5)!!}\end{aligned}$$

$$(\text{mit } -1 < u < 1 \text{ und } -1 < v < 1)$$

und

$$|R_{\nu+2}(x)| < \frac{(\nu+3)(\nu+4)}{8} \cdot \frac{M_{\nu+2}}{(2\nu+3)!!} \cdot (1-x^2) \quad (\text{in } -1 < x < 1)$$

charakterisiert ist.

Zum Vergleiche der Restglieder der beiden Interpolationsformeln ist natürlich $\nu+2=\varrho$ zu nehmen.

Inhaltsverzeichnis.

Vorwort	3
Erster Teil. Über Orthogonalsysteme von Polynomen.	
§ 1. Definitionen und vorbereitende Sätze	4
2. Allgemeine Sätze über Orthogonalsysteme von Polynomen . .	10
3. Ergänzende Sätze über Systeme, die zu symmetrischen Belegungen gehören	18
Zweiter Teil. Eine Klasse von Polynomensystemen.	
4. Polynome $Q_{\alpha}^{(p)}(x)$ und ihre Normen	20
5. Endwerte und Nullstellen von $Q_{\alpha}^{(p)}(x)$	24
6. Differentialgleichung der Polynome $Q_{\nu}^{(p)}(x)$ und Integralsätze	32
Dritter Teil. Extremalaufgaben der Interpolationsrechnung.	
7. Bezeichnungen und Problemstellungen	39
8. Lösung der Aufgaben I und II	44
9. Lösung der Aufgaben III und IV	47
10. Vergleichende und ergänzende Bemerkungen	49

EESTI GEOBOTAANIKA PÕHIJOOINI

T. LIPPMAA

AVEC UN RÉSUMÉ :

APERÇU GÉOBOTANIQUE DE L'ESTONIE

TARTU 1935

K. Mattieseni trükikoda o.-ü., Tartu 1935.

Eessõna.

Kuigi Kupffer'i „Baltimaade taimegeograafia põhijoonte“ ilmumisest on möödunud vaid 10 aastat, on osutunud vajalikuks käesoleva töö ilmumine, sest nende 10 aasta jooksul on botaaniline uurimistöö meie territooriumil olnud õige intensiivne. Kõnelemata arvukatest selles ajavahemikus trügis ilmunud tööd (vt. literatuuri loendit), on kogunenud palju materjali, niihästi herbaarset kui ka käsikirjalist, mitmesuguste floristiliste andmete näol, mis kõik on süvendanud meie floora tundmist. Eriti tuleks esile tõsta vahest järgmisi momente: 1) EKS'i kodu-uurimise toimkond, alustades prof. Granö juhatusel koguteose „Eesti“ väljaandmist, asus koos Tartu Ülikooli Botaanika-instituudiga ka meie ala botaanilisele uurimisele. Selle tagajärjel kogunes Ülikooli Botaanikamuuseumi osalt õige väärtuslikku materjali uuritud maakondade (Tartumaa, Setumaa, Pärnumaa, Valgamaa, Saaremaa ja Viljandimaa) kohta. 2) Rida populaarteaduslikke ajakirju („Loodus“, „Loodusevaatleja“ ja „Eesti Loodus“) avaldasid hulga floristilist materjali paljudelt autoritelt. 3) T. Ü. Botaanikamuuseum hakkas välja andma „Eesti Taimed“e (Estonian Plants) nimelist ekssikaatkogu arvuka kaastööliste pere tõhusal toetusel (vt. „Eesti Taimed“ I). Ühenduses sellega hakkas Botaanikamuuseumi voolama rohkesti andmeid taimede leiu-kohtadest jt. 4) Vegetatsioonikaardi hiljuti alanud koostamine (vt. „Eesti Loodus“ 1934) on samuti jõudnud rikastada Eesti floora ja vegetatsiooni tundmist.

Tänu nimetatud Botaanikamuuseumi kaastööliste ja rikkalikele literatuurseile andmeile oli võimalik koostada paljude liikide levimiskaarte. See töö algas tegelikult 1932. a. ning on lasunud tervelt Botaanikamuuseumi konservaatoril hr. K. Eichwald'il. Täni on kaardistatud 83 liiki. Kõigi käesolevas töös leiduvate levimiskaartide autoriks on seega hr. konservaator K. Eichwald.

Autoril oli võimalus tutvuda isiklikult enam-vähem kõigi töös käsitletud valdkondadega. 1922. a. töötas ta Setumaal,

1924. a. Saaremaal ja Muhu saarel (varem oli autor veel 1912. a. korraldanud botaanilise matka Hiiu-, Saare- ja Muhumaale ning külastanud väikesi laidusid Hiiumaa idarannikul ja Hiiumaa ning Muhu vahel); 1925, 1926 olid tal pikemaajalised uurimised Kassaril (Hiiumaa); 1927 — lühemad ekskursioonid peamiselt Tartumaal; 1928: Pärnumaal; 1930: Pärnumaal; 1931 kevadel Pärnumaal, suvel pikemat aega Abruka saarel ja Põhja-Eestis (eriti Tallinna ümbruses); 1932: Virumaal, Tartu ning Võrtsjärve vahelistel luhtadel ja Pedja jõe piirkonnas kui ka põhjarannikul (Narvast Paldiskini; varemalt põhjarannikul vaatlusi toimetanud 1913. a.); 1933: Tallinna ümbruses, Läänemaal, Saaremaal; 1934: Abruka saarel, Vilsandi s., Vaika saartel ja Vesilool, Harjumaal ja Järvamaal („Kõrvemaal“), Võrtsjärve ümbruses (tervel järve piiraval alal) ning mitmel pool Lõuna-, Ida- ja Kagu-Eestis.

Kõik nimetatud ekskursioonid korraldas autor jala osalt kaastöölistega, suuremalt osalt aga üksinda.

Kuigi mitmed ulatuslikud maa-alad Eestis on jäänud autorile isiklikult seni kättesaamatuks, on nende kohta olemas küllaldane kirjandus. Just Pärnumaa, „Kõrvemaa“, Setumaa ja Alutaguse, kus autoril oli võimalus pikemat aega töötada, olid veel hiljuti suuremas osas alad, kuhu botaaniku jalg polnud kunagi ulatunud.

Lõpuks on autoril meeldivaks kohuseks tänada kõiki botaanika harrastajaid, kes on käesoleva töö jaoks lubanud mitmesuguseid neile teadaolevaid andmeid liikide levimise üle meie territooriumil (G. Avajev, K. Eichwald, J. Eprik, B. Fromhold-Treu, H. Hendrikson, stud. S. Kaaber, dots. E. Lepik, H. Lippmaa, W. Loewis of Menar, P. Lukin, J. Lunts, dr. agr. A. Miljan, ass. E. Pastak, J. Rebane, A. Reeben, dr. W. Reinthal, dr. rer. for. A. Rühl, dr. B. Saarsoo, dr. pharm. H. Salasoo, stud. V. Sirgo, stud. E. Sits, mag. J. Talts, mag. S. Talts, dr. phil. nat. P. W. Thomson, agr. A. Tomson, A. Üksip, mag. A. Vaga, Ed. Viirok, dr. phil. G. Vilberg).

Erilist tänu võlgneb autor hr. konservaator K. Eichwald'ile suure asjatundlikkusega ja hoolega valmistatud levimiskaartide ning hr. sünoptik A. Ohu'le Eesti humiidsusekaardi eest.

Kevadel 1935.

Tartu Ülikooli Botaanika-aed.

I. Eesti pärismaine floora, selle teke ja selles esinevad flooraelemendid.

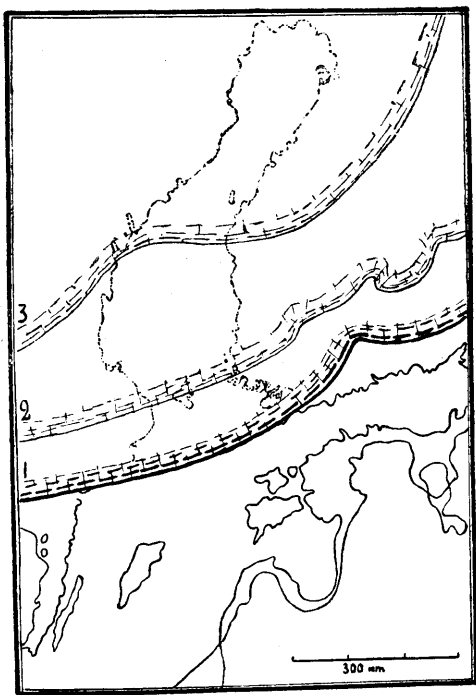
Teatava maa-ala floora oleneb kõigepealt kahest tegurist: maa-ala asendist maakeral¹⁾ ja ajajärgu pikkusest, mille vältel taimkate sellel takistamata võis kujuneda. Need kaks tegurit on mõõtuandvateks pärismaise floora kujunemisel. Nagu mujalgi kultuurmais, seltsib nende teguritega Eestis veel kolmas: inimene.

Asudes Läänemere kaldal Soome lahest lõunas kuulub Eesti Holarktilise taimeistikuriigi Eurosiberi metsaprovinci Kirde-Euroopa tamme-ringkonda (Hayek). Vastavalt sellele asendile on tema flooras järgmised sugukonnad tähtsad: *Cyperaceae*, *Gramineae*, *Compositae*, *Rosaceae*, *Caryophyllaceae*, *Ranunculaceae*, *Scrophulariaceae*, *Cruciferae*, *Leguminosae*, *Umbelliferae*, *Labiatae*. Iseloomulik on, et kõik need tähtsad sugukonnad on meil esindatud vaid rohttaimedega (peamiselt mitmeaastased püsiktaimed). Puud ja põõsad puuduvad siia kuuluvate taimede hulgas täielikult (erand *Rosaceae*), kuigi neid leidub liikide hulgas, mis kuuluvad teistesse vähema arvu liikidega esindatud sugukondadesse. Pärismaisi puuliike on 30 ümber: *Pinus silvestris*, *Picea excelsa*, *Taxus baccata*, *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *B. concinna* (?), *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Populus tremula*, *Salix caprea*, *Sorbus aucuparia*, *S. suecica*, *S. salicifolia*, *Pyrus malus*, *Crataegus monogyna*, *C. curvisepala*, *C. Palmstruchii*, *Prunus padus*, *Corylus avellana* (harva puukujuline), *Quercus robur*, *Ulmus pedunculata*, *U. montana*, *Acer platanoides*, *Rhamnus cathartica*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior*.

Põõsastest tuleks nimetada järgmisi: *Juniperus communis*, *Salix triandra*, *S. pentandra*, *S. cinerea*, *S. aurita*, *S. rosmarinifolia*, *S. repens*, *S. nigricans*, *S. phylicifolia*, *S. livida*, *S. myrtilloides*, *S. lapponum* jt., *Myrica gale*, *Betula humilis*, *B. nana*, *Rosa cinnamo-*

¹⁾ Granö järgi on Eesti geograafilise kesklaius 58° 35' ja äärmiste punktide laius vahe 2° 15'. Keskmeridiaaniks on 25° 3' E Greenwich'ist ja kõige läänepoolsema punkti kaugus kõige idapoolsemast kraadimõõdus 6° 35'.

mea, *R. glauca*, *R. coriifolia*, *R. dumetorum*; *R. canina*, *R. rubiginosa*, *R. mollis*, *Ribes alpinum*, *R. nigrum*, *R. pubescens*, *Potentilla fruticosa*, *Cotoneaster nigra*, *C. integerrima*, *Prunus spinosa* (harva), *Viburnum opulus*, *Lonicera xylosteum*, *L. coerulea*, *Ledum palustre*, *Lyonia calyculata*¹⁾. Needki liigid ei esine kõik kogu Eesti territooriumil; mitmeid (*Crataegus Palmstruchii*, *Taxus baccata*, *Sorbus suecica*, *S. salicifolia*, *Myrica gale*, *Rosa coriifolia*, *R. dumetorum*, *R. rubiginosa*, *R. mollis*) on Lääne-Eestis või koguni leidub neid ainult teatud väikesel piiratud alal, nagu *Potentilla fruticosa* (peamiselt Tallinnast läänes Harku-Humala-Joa alal).



Joon. 1. Balti paisjärve kaart teisel Salpausselkä perioodil ligik. 10 700 a. tagasi (Ramsay järgi, Sauramo tööst The Quat. Geol. of Finland). Joonisele on peale kantud ka põhjasuunas taganeva mannerjää serva seis (1) Salpausselkä ajal, (2) Yoldia-ajal (ligik. 9800 a. tagasi) ja (3) Antsüluse-ajal (ligik. 9300 a. tagasi). LUS'i kliše (Lippmaa, 1932).

Eluvormi seisukohalt valitsevad Eestis täielikult hemikrüptofüüdid ja krüptofüüdid. Kamefüüte ja terofüüte on pärismaises flooras suhteliselt õige vähe.

Otsustava tähtsusega Eesti floora kujunemisel oli jääaeg, sest see hävitas jäljetult floora, mis siin pidi olema enne jääaja saabumist. Sellest jääajaelse ajastu floorast pole säilinud Eesti territooriumil midagi ei reliktiina ega fossiilina.

Ramsay ja Sauramo andmeil vabanes Põhja-Eesti jääkatte alt umbes 11 000 a. tagasi. Veel ligikaudu 10 700 a. tagasi oli taganevate jäämasside lõunapiir alles Lõuna-Soomes (vt. joon. 1). Nii on meie floora suhteliselt õige noor.

¹⁾ Väikesed puitunud varrega liigid nagu *Calluna vulgaris*, *Vaccinium*'id, *Empetrum nigrum*, *Arctostaphylos uva ursi* jt. pole siin nimetatud.

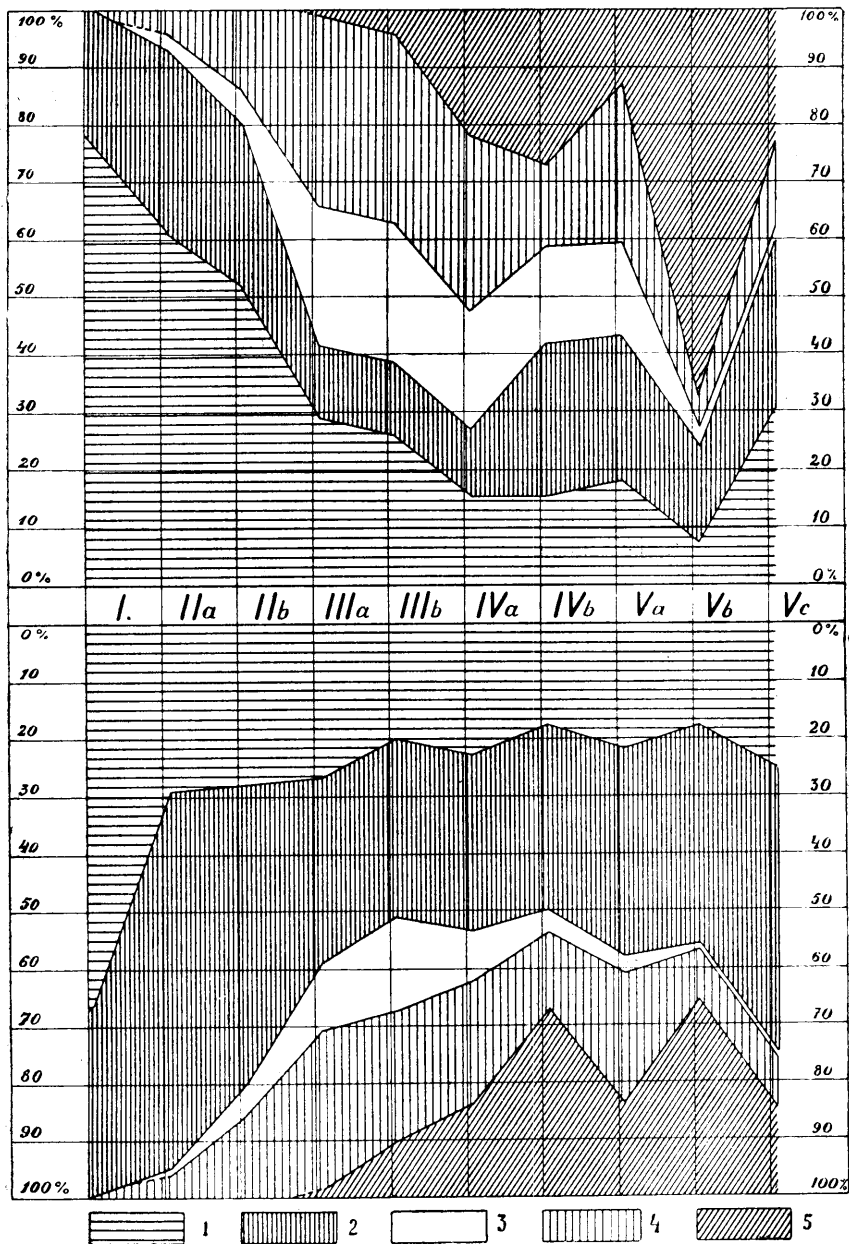
Jäämasside põhja poole taganedes ilmus nii tekkinud uudismaale taimkate, mida üksikasjus ei tunta. On loomulik, et see taimkate vastas arktilisele taimkattele, milles, arvesse võttes aluspinna lubjarikkust, pidid tähtsat osa etendama seesugused liigid nagu *Dryas octopetala*, *Salix reticulata*, *S. herbacea*, *S. polaris*, *Saussurea alpina*, *Polygonum viviparum*, *Pinguicula alpina*, *Saxifragaliigid*, *Selaginella selaginoides*, *Equisetum scirpoides*, soodes aga *Scorpidium scorpioides*, *Drepanocladus*'ed, *Calliergon*'id, *Paludella squarrosa* jt. Paljud nimetatuist on säilinud reliktidena tänapäevani, teised on hävinud¹⁾. Ka pidid sel ajal meie flooras eriti tähtsad olema *Betula nana*, *Empetrum nigrum*, *Vaccinium vitis idaea*, *V. myrtillus*, *Cornus suecica*, *Linnaea borealis*, *Rubus chamaemorus*, *R. arcticus* jt.

Tuleb esile tõsta, et peale jäämasside taganemist oli suur osa Eesti praegusest pindalast kaetud jää sulamisveega; see moodustas suure paisjärve, mille tase ulatus 75—80 m üle praeguse Läänemere pinna. Nii kattis vesi kogu Lääne-Eestit ja maismaa taimkate võis areneda vaid pealpool Balti paisjärve rannajoont. Balti paisjärve alanedes peale jääserva läbimurret Kesk-Rootsis (umbes 10 000 a. tagasi) tekkis eriti läänes palju uudismaad, mille asustamisel pidi tähtsat osa etendama flora, mis sel ajal oli Kesk- ja Kagu-Eestis ning kus Thomson'i (1929) uurimiste põhjal valitsesid subarktilised kasemetsad ja kasmännisegametsad. Neis metsades pidid olema tähtsad *Vaccinium*'id, *Empetrum nigrum*, *Cornus suecica* jt. Ka leidus mitmel pool ulatuslikke pajustikke, kus teiste liikidega koos olid arvatavasti mõõtuandvad *Salix lapponum*, *S. phylicifolia* jt.

Mere taganemisele järgnesid hiljemini kaks mere pealetungi: 9500—7500 a. tagasi (Antsülus-järve ajal) ja 6000—5000 a. tagasi (Litoriina-mere ajal). Kuid need pealetungid ei ulatunud just sügavale sisemaale²⁾. Antsülus-järve ajal olid Eesti taimkattes

¹⁾ Nathorst (1891) leidis Kunda lähedal 5 m sügavusel turba, liiva ja savi kihi all põhimoreeni katvas liivakihis järgmiste taimeliikide jäänuseid: *Salix polaris*, *S. herbacea*, *Dryas octopetala*, *Betula nana*, *Polygonum viviparum*, *Saxifraga caespitosa*. Hellenurme lähedal avastas Nathorst vastavates kihtides *Salix reticulata*.

²⁾ Antsüluse randjoon asetseb Põhja-Eestis 35 m üle praeguse merepinna. Eesti saared ja lääneranniku ala olid merega kaetud, millest kohati saared välja ulatusid, näit. Loode-Pärnumaal, Saaremaa kõrgem osa jt. Litoriina randjoon tõuseb Põhja-Eestis 24 m kõrguseni. Rannikul, eriti Lääne-Eestis, on võrreldes Antsülus-järve ajaga märgatav mere taganemine.



Joon. 2. Tolmutera-analüüsi tulemuste põhjal koostatud Eesti metsade koosseisu diagrammid pealpool (ülemine) meretransgressiooni piiri („B III“, Ramsay 1929) ja allpool seda (alumine), alal, kus pinnases valitsevad välja-
 uhitud rühkmullad (Thomson 1929). 1 — *Betula*, 2 — *Pinus*, 3 — *Ulmus* +
Tilia + *Quercus*, 4 — *Alnus*, 5 — *Picea*.

I — Subarktiliste kasemetsade periood (siin kase tolmuteri alati rohkem, kui männi omi); IIa — boreaalsete männimetsade periood (leidub juba ka *Corylus*'e, *Ulmus*'e ja *Alnus*'e tolmuteri); IIb. — hilisboreaalne periood (ohtralt *Ulmus*'e ja *Corylus*'e tolmuteri, ka *Alnus*'e tolmuterade tugev juurdetulek); IIIa — varajasatlantiline periood (*Ulmus*, *Alnus* ja *Corylus* kulmineerivad); IIIb — hilisatlantiline periood (kulmineerivad *Tilia* ja *Quercus*); IVa — varajassubboreaalne periood; IVb — subboreaalne periood; Va, Vb, Vc — subatlantiline periood.

Antsüüsmere maksimum langeb IIa ja IIb vahele, Litorinamere maksimum — IIIa ja IIIb vahele, piirihorisont on tekkinud perioodil IVb (Thomson, 1929).

Akadeemil. kooperat. kliše (Kant, 1934, 1935).

toimunud suhteliselt suured muudatused, sest subarktilised kasemetsad olid taganenud rohkem soojust nõudvate männimetsade eest. On huvitav, et juba tolle ajajärgu (boreaalse aj.) esimesel poolel leidub *Corylus*'t ja *Ulmus*'t. Ka *Alnus* (Thomsoni arvates *Alnus incana*) on juba olemas. Ajajärgu teisel poolel ilmuvad *Alnus* (*glutinosa* arvatavasti) ja *Tilia* ning Thomson võis kindlaks teha ka *Cladium mariscus*'e rohket esinemist mitmel pool Eestis kohtadel, kus teda praegu ei leidu. On huvitav, et tol ajal asus jääliustiku taganenud lõunaserv Kesk-Soomes (vt. joon. 1) ning Lõuna-Eesti oli kogu Kesk- ja Põhja-Skandinaaviat katvatest jäämassidest ainult 600 km kaugusel¹).

Ligi 7000 a. tagasi, n.n. varajasatlantilisel perioodil, on, nagu seda tõendavad Thomsoni uurimiste tulemused, *Ulmus*, *Corylus* ja *Alnus* tähtsad, kuna mänd oli tõrjutud tagaplaanile. Tol ajal katsid Eestit madalamais osis lopsakad sanglepa (*Alnus glutinosa*) lodumetsad neile omaste taimedega. Massiliselt esines neis metsades (nagu seda ka praegu võime näha näit. Abruksa saarel) *Aspidium thelypteris*. Kõrgemad alad olid kaetud lopsakate lehtmetsadega, mis iseloomult pidid vastama neile metsadele, mida praegu leiame kohati, eriti Lääne-Eestis, ja kus puurindes valitseb jalakas, põõsarindes aga sarapuu. On tõenäoline, et tol ajal rändasid Eestisse vaher, saar ja ka paljud nõudlikumad metsataimed nagu *Asperula odorata*, *Hepatica triloba*, *Stel-*

¹) Kirjeldatud asjaolud näivad olevat üksteisega vastuolus, sest pole selge, kuidas nii nõudlikud liigid nagu *Corylus*, *Tilia*, *Ulmus*, *Cladium mariscus* võisid kasvada suhteliselt lähedal suurtele mannerjäämassidele, kuna ju pealegi Antsüüls-järv pidi kandma jäämere iseloomu (lähemalt Lippmaa, 1932). Siiski tuleb arvestada, et need jäämassid polnud „tasakaalus“ selle aja kliimaga, mis oli järsku soojemaks muutunud, sundides mannerjää taganema.

laria nemorum jne. Tol ajajärgul leidus ka juba tõelisi kõrgrabasid. Ühtlasi algab kuuse sissetung meie territooriumile. See muutub ikka intensiivsemaks järgnevas hilisatlantilises perioodis (pärast Litoriina-mere maksimumi, ligikaudu 5000 a. tagasi). Tol ajal valitsesid Eestis toredad lehtmetsad, milles domineerivateks liikideks olid jalakas, pärn, tamm; leidus ka segametsi, kus eespool-nimetatud liikidega seltsis kuusk. On tõenäone, et tol ajal leidus juba enam-vähem kõiki meie lehtmetsadele ja segametsadele omaseid liike.

Järgneval subboreaalsel ajajärgul muutus metsade iseloom tublisti kuuse aina suureneva tähtsuse tõttu. Selle perioodi lõpposas (ligi 2500 a. tagasi) toimus järsk kliima muutus, mis rabades esile kutsus n.n. piirihorisoni tekke. Rabad, mis tol ajal olid muutunud kuivemaks ja osalt kattunud metsaga, alustasid jälle kasvu kliima muutudes jahedamaks ja niiskemaks¹⁾.

Järgneb ajutine kuuse tähtsuse vähenemine, millega seltsib *Carpinus betulus*'e ilmumine [praegu puudub see liik Eestis täielikult; praegusest kliimast tingitud *Carpinus betulus*'e põhjapiir läbib Leedut (Rauktyš, 1934)]. Siitpeale näib ilmnevat inimese mõju metsadele. Aled, s. o. põllumaa soetamine metsa mahapõletamise teel, andsid valgustarmastavale männile ülekaalu, nagu seda ka praegu võib näha, kus peale metsapõlemist on tavaliseks nähtuseks, et kuusele järgneb esialgu mänd, siis männi-kuusesegamets ning alles pikema aja järel kuusemets.

Lõpuks tuleks esile tõsta, et kuigi metsade ajalugu Eestis on üldiselt enam-vähem sama nii Põhja- kui Lõuna-Eestis, on siiski (Thomson, 1929) ilmne vahe olemas Lääne-Eesti vahel, mis on korduvalt olnud merepõhjaks ja kus aluspinnaks mereveest uhetud madalapõhjased rühkmullad, ning kõrgema osa vahel, kus selle teguri mõju puudub. See selgub diagrammest (joon. 2), mis koostatud Thomson'i andmeil.

Nagu siit näha, on kõigil aegadel transgressiooni alal („allvee“ alal) mänd olnud tunduvalt suurema tähtsusega kui pealpool transgressiooni piiri oleval alal. Põhjused on kahtlemata edaafilised. Edasi võiks esile tõsta, et kuusk, tungides Eestisse idast, oli suure tähtsusega Kagu-Eestis juba varajasatlantilisel ajajärgul. Saaremaale tungis kuusk alles atlantilise perioodi lõpul või subboreaalse ajajärgu alul (Thomson, 1929).

¹⁾ Thomson'i järgi on piirihorison Eesti rabades 2–3 m sügavuses, harva sügavamal.

Enamikus maist, ütleb A. De Candolle, võib eraldada järgmisi taimede rühmi: (1) kultuurtaimed, (2) tulnukad (umbrohud, prügitaimed jt.), (3) uuslased ehk neofüüdid (les plantes naturalisées) ja (4) pärismaised taimed (les plantes primitives ou aborigènes). Viimasesse rühma kuuluvad taimed, mis ise, kasutades loomulikke levimisvahendeid, on pääsenud teatavale maa-alale. Teisi on inimene nii või teisiti, kas tahtlikult või mitte, soodustanud (kultuurtaimed, umbrohud, tulnukad ja uuslased). Selle tõttu võib neid seada vastandiks pärismaistele taimedele, nimetades neid antropohoorideks ehk antropohoorseiks taimiks¹⁾.

Ligi sada aastat kestnud botaanilise uurimistöö tagajärjel (selle käigu lühike ülevaade on antud töödes: Vilberg 1929, Lippmaa 1932) on Eesti kõrgemate eostaimede ja õistaimede floora võrdlemisi hästi tuntud tänu eriti järgmiste autorite töödele: Andrejev, Bunge, Fleischer, Glehn, Gruner, Ispolatov, Klinge, Kupffer, Lehbert, Meinshausen, Mühlen, Pahnsch, Puring, Russow, Schmalhausen, Fr. Schmidt, Skottsberg, Vestergren ja teised ning uuemal ajal Eichwald, Eklund, Gröntved, Lippmaa, Miljan, Reinthal, Rühl, Saarsoo, Salasoo, P. W. Thomson, Vilberg jt.

1) Nimetuse on loonud Rikli 1900. a. ümber; lähemalt piiritleb antropohooride mõistet Thellung (La Flore adventice de Montpellier). Küsimuse otsustamine, kas antud liik teataval maa-alal kuulub pärismaiste hulka või on antropohoor, põhineb võrdleval uurimisel ühelt poolt inimese mõjust võimalikult vähe puudutatud taimkattes, teiselt poolt aga tugevasti mõjustatud kohtadel (teeääred, viljaaiad, prügihunnikud, põllud jne.). Kuid peab silmas pidama, et teatava liigi sage ja rohke esinemine praegu nimetatud asukohtadel pole veel tõenduseks, et liik kuulub antropohooride hulka. Ta võib olla ka n.n. apofüüt (Thellung, La Flore adventice de Montpellier; Linkola, Über den Einfluss der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladogasee), see on pärismaine liik, millele inimese üldiselt destruktiivne mõju taimkattetele on osutunud kasulikuks. Neid liike leidub siis alati ka primaarses taimkattes, kuigi nende tähtsus selles võib olla väike. Mõned liigid, mis kunagi ei esine kaugel inimes-asulaist metsas, soos või rabal, võivad siiski osutada pärismaisteks, sest neid leidub regulaarselt mererannal näit. kõdunevate adrudega väetatud pinnal (*Atriplex hastatum*, *Chenopodium rubrum*, *Ch. album* jt.), või ka enam-vähem soolasel aluspinnal (*Matricaria inodora* var. *salina*). Eestis kuuluvad sagedamate apofüütide hulka: *Equisetum arvense*, *Alnus incana*, *Rumex acetosa*, *R. acetosella*, *Ranunculus acer*, *R. repens*, *Potentilla anserina*, *Carex Goodenowii* jt. (vt. Lippmaa, 1933, lk. 137).

Õistaimede ja sooneostaimede koguarv võrdub 1288-ga. Neist on 315 liiki antropohhoorid. Seega oleks Eestis 973 pärismaist liiki ¹⁾.

380 perekonnast (genus) on esindatud vähemalt 9—10 pärismaise liigiga järgmised: *Potamogeton* (18), *Poa* (10), *Carex* (60), *Juncus* (15), *Orchis* (9), *Salix* (15), *Rumex* (9), *Polygonum* (10), *Ranunculus* (18), *Rosa* (9), *Alchemilla* ²⁾, *Potentilla* (10), *Viola* (15), *Epilobium* (9), *Veronica* (11), *Euphrasia* (10), *Taraxacum*, *Hieracium*.

Eriti liigirikkad on Eesti flooras 11 järgmist sugukonda (esindatud on 94 sugukonda):

	Pärismaised liigid	Antropohhoorsed ³⁾ liigid	K o k k u
<i>Gramineae</i>	70	37	107
<i>Cyperaceae</i>	85	—	85
<i>Caryophyllaceae</i>	37	15	52
<i>Ranunculaceae</i>	33	3	36
<i>Cruciferae</i>	33	32	65
<i>Rosaceae</i>	64	11	75
<i>Leguminosae</i>	32	28	60
<i>Umbelliferae</i>	26	18	44
<i>Labiatae</i>	23	21	44
<i>Scrophulariaceae</i>	36	16	52
<i>Compositae</i> (ilma <i>Hieracium</i> 'i ja <i>Taraxacum</i> 'i liikideta)	60	33	93
	499	214	713

1) See arv on ligikaudne, sest viimasel ajal on paljude perekondade süstemaatikas toimunud Linné liikide jagamine vähemaks ühikuiks. Eriti on see asjaolu riivanud järgmisi perekondi: *Sparganium*, *Ruppia*, *Zannichellia*, *Puccinellia*, *Festuca*, *Heleocharis*, *Juncus*, *Betula*, *Polygonum*, *Atriplex*, *Alchemilla*, *Crataegus*, *Epilobium*, *Gentiana*, *Myosotis*, *Melampyrum*, *Euphrasia*, *Carlina*, *Taraxacum* ja *Hieracium*. Arvus 973 on *Alchemilla* liike 16, *Taraxacum*'e 10, *Hieracium*'e 40 vastavalt literatuuris leiduvale andmeile. *Hieracium*'ide arv on ligikaudne, sest nende liikide süstemaatika (see on maksev ka *Taraxacum*'i kohta) erineb tunduvalt näit. Kesk- ja Põhja-Euroopa autoreil. Viimasel ajal on asutud nende perekondade spetsiaalsele uurimisele Eestis (*Alchemilla* — Reinthal, *Taraxacum* — Saarsoo, *Hieracium* — Üksip), aga uurimuste tulemuste avaldamine eriti *Taraxacum*'ide ja *Hieracium*'ide kohta nõuab veel kahtlemata aastaid. Nende uuringute lõppedes tõuseks Eesti pärismaiste sooneostaimede ja õistaimede arv arvatavasti ligikaudu 1000-le.

2) W. Reinthal'i andmeil: *A. pubescens*, *A. plicata*, *A. pastoralis*, *A. micans*, *A. strigosula*, *A. subcrenata*, *A. acutangula*, *A. filicaulis*, *A. obtusa*, *A. acutidens*, *A. cymatophylla*, *A. glabricaulis*, *A. glomerulans*, *A. heptagona*, *A. hirsuticaulis*, *A. propinqua*. Osa *Alchemilla* liike on arvatavasti nagu *A. arvensis* antropohhoorid, enamik siiski pärismaised.

3) Antropohhooridest on siin arvesse võetud, nagu mujalgi käesolevas töös, vaid liigid, mis esinevad siinseal metsistunud või umbrohtudena. Kultuurtaimed on täielikult kõrvale jäetud.

Eesti floora alljärgnevas analüüsis jäävad antropohhoorsed liigid kõrvale. Pärismaistel liikidel peatudes selgub, et päritolult on need liigid küllalt mitmesugused ning et neid on võimalik seada teatavatesse rühmadesse, mis oma floristilise iseloomu poolest tunduvalt erinevad. Neid rühmi nimetatakse „flooraelementideks“ (Christ, 1867). Uuemat ajal on korduvalt esile tõstetud asjaolu, et termini „flooraelement“ on tarvitatud mitmes mõttes, arvates sellega kord geneetilist elementi, see on ühise päritoluga liike, või jälle taimi, mis antud maaalale on sisse rännanud samast maailmakaarest („idaelement“, „lääne-element“ jne.) või ühel ajal jne. On koguni kõneldud näit. „ruderaalsest elemendist“ (Engler). Arvustades neid mitmeti erinevaid taimegeograafilise elemendi mõisteid on selgunud, et ainukeseks objektiivseks aluseks oleks flooraelemendi mõistmine geograafilise elemendina, see on teatava areaali tüübina. Samasse flooraelementi kuuluvad sel puhul liigid, millede areaalid enam-vähem ühtivad (Braun-Blanquet, 1919; Eig, 1931 jt.).

See alus on vaba hüpoteetilisest ballastist, mis on geneetilise elemendi, sisserändamis-aja elem., samuti sisserändamisuuna elem. puhul õige suur. On ju võimatu väga paljude liikide puhul kindlaks teha nende päriskodu. Sisserändamis-ajaga ja -teid on samuti raske kindlaks teha. Ka võib üks ja sama liik tungida teatavale alale kahest maailmakaarest. Nii tõendas Palmgren (1927), et Ahvenamaa saartele on *Anemone nemorosa* tulnud osalt läänest (Rootsist), osalt idast (Lõuna-Soomest). Arvatavasti ka Eestisse on mõnigi liik sisse rännanud mitut teed mööda. Näit. on emaputk (*Ostericum palustre*) kaunis harilik kohati mereäärsetel niitudel, mis on pealpool halofiilset *Juncus Gerardi* niitu (Tõstamaa läh., Pärn.; Abruka s. ja mujal). Suure vahemaa järel leidub seda liiki Lõuna- ja Kesk-Eestis, kus ta kasvab soistel niitudel.

Siiski on teatavaid raskusi ka sel puhul, kui meie flooraelementi mõistame areaali tüübina. Need raskused on üldjoontes järgmised: (1) Pole olemas kindlat alust vahetegemiseks liigi, alaliigi ja varieteedi vahel. See asjaolu mõjustab tunduvalt teatava liigi flooraelemendilist väärtust, sest kui võtta näit. *Anemone nemorosa*'l liigi piirid avaratena, siis kuuluks see liik euraasia-boreoameerika elementi, kitsama piiritelu puhul eralduksid euroopa vormist *A. quinquefolia* L. (Põhja-Ameerika),

A. altaica Fisch. (Uural, Lääne-Siber, Altai), *A. amurensis* (Korsch.) Komarov jt. ning sel puhul oleks meil *A. nemo-rosa* euroopa elemendi liik. (2) Areaali tüüpe on õige palju. Ülevaatlikkuse mõttes on oluline, et flooraelementide arv poleks liiga suur. Selle viimase nõude rahuldamine põhjustab üksikasjus küllaltki erinevate areaalidega liikide mahutamist samasse flooraelementi (areaali tüüpi).

Eesti flooras on esindatud mitmesugused flooraelemendid. Need flooraelemendid, samuti nende elementide suhteline tähtsus määravadki meie floora iseloomu. Säärane analüüs nõuab ulatuslikke eeltöid, sest et on tarvis selgitada iga üksiku liigi areaal (ligikaudu) maakeral selleks, et määrata ta flooraelemendilist kuuluvust. Selgus, et Eesti pärismaiste liikide hulgas on esindatud järgmised flooraelemendid: 1) arktiline ja arktoalpiinne, 2) euraasia-boreoameerika, 3) euraasia, 4) eurosiberi, 5) euroopa, 6) euroopa montaanne, 7) euroopa atlantiline, 8) pontiline ja pontosarmaatiline, 9) mediterraanne ja 10) boreotroopiline.

1. Arktiline ja arktoalpiinne element.

Arktiline element on Eestis esindatud kahe liigiga: *Rubus arcticus* ja *Carex glareosa*. Mõlemad liigid on tsirkumpolaarsed, esinedes peale arktilise Euroopa ka arktilises Aasias ja Ameerikas (*C. glareosa* ka Gröönimaal).

Soomurakat (*Rubus arcticus*) peeti meil (vt. Kupffer, 1925) liigiks, mida põhjast tulevad rändlinnud sisse taluvad ning mis oma leiukohtadel pole püsiv. Eichwald'i tööd selgitasid ülihuvitava asjaolu, et meil peale seesuguste ajutiste leiukohtade on kaks püsivat: Kaansoo ümbruses ja Narva lähedal (joon. 85). Eriti rikkalikult leidub seda liiki Kaansoos (Suure-Jaani ja Vändra khk. piiril) umbes 80—100 km² suurusel alal. *Rubus arcticus* kasvab seal Eichwald'i andmeil soisil heinamail ja rabastumistunnustega sookase-puisniitudel. Sel alal tuntakse teda juba vähemalt saja aasta jooksul. Huvitav on, et üksikuil aastail valmib sel liigil Kaansoos võrdlemisi rohkesti marju. Märkimisväärne on ka asjaolu, et Eichwald ja Lepik avastasid sel arktilisel taimel parasiidina arktilise roosteseene *Phragmidium arcticum*'i.

Teine arktiline liik *Carex glareosa* esineb Eestis mere läheduses randniitudel saliinses kõrgusastmes (Lippmaa, 1932; Vilberg, 1933 jt.). Kesk-Euroopas puudub see liik täielikult.

Arktoalpiinse flooraelemendi esindajaiks on Eesti flooras järgmised liigid: *Selaginella selaginoides*, *Poa alpina*, *Carex magellanica*, *C. capillaris*, *Salix lapponum*, *Betula nana*, *Polygonum viviparum*, *Cerastium alpinum*, *Draba incana*, *Saxifraga adscendens*, *S. hirculus*, *Potentilla Crantzii*, *Empetrum nigrum*, *Primula farinosa*, *Pinguicula alpina*, *Saussurea alpina*.

Valdav enamik neist on tsirkumpolaarse levikuga. Ainult *Saxifraga adscendens*-i areaal piirdub Euroopa ja Põhja-Ameerika läänepoolega, *Salix lapponum* esineb Euroopas ja Siberis (puudub Põhja-Ameerikas), *Pinguicula alpina* kasvab Euroopas ja Põhja-Aasias. Lähemalt neil liikidel peatudes tuleks märkida järgmist:

Selaginella selaginoides-e leiud on tehtud peamiselt viimasel ajal. Need leiukohad on kõik lubjarikkalt alalt Lääne-Eestis (joon. 48), kus see liik kasvab soodes koos *Schoenus ferrugineus*-e ja *Trichophorum alpinum*-iga, osalt aga ka kuivadel niitudel. *Poa alpina*-t leidub Põhja-Eestis (Vasalemma, Tallinna, Jõelähtme, Kuusalu jt.). See liik on Alpides ja arktilisis mais tähtis niidutaim, mis ei karda ka kaunis tugevat väetamist. Eestis kasvab ta peamiselt loodudel¹⁾.

Carex magellanica-st esineb Eestis var. *planitieii* Asch. et Gr. See teisend on Alpides ja Arktises kasvavast põhivormist suurem. Ta esineb rabastunud lodumetsades, rabade ääreesades jne. Samuti arktoalpiinne *Carex capillaris* on harilik teatavatel niitudel (sageli valitseva *Scorzonera humilis*-ega), kus temaga koos esinevad ka mõned teised enam-vähem lubjalembesed liigid.

Mõned arktoalpiinse elemendi liigid on Eestis võrdlemisi harilikud, üksikud nende hulgas võivad ka massiliselt esineda. Need liigid on: *Salix lapponum*, *Betula nana*, *Polygonum viviparum*, *Draba incana*, *Saxifraga hirculus* (joon. 31), *Potentilla Crantzii*, *Empetrum nigrum*, *Primula farinosa*, *Saussurea alpina* (joon. 60)²⁾. Eriti *Betula nana*, *Empetrum nigrum* ja *Primula farinosa* esinevad sageli massiliselt.

¹⁾ *Poa alpina* avastati Eestis alles 1924. a. (Vilberg, det. K. R. Kupffer).

²⁾ Huvitav on, et meil esinev *Saussurea alpina* eriti kasvult erineb Alpides ja Arktises kasvavaist taimist, mispärast Baer omal ajal kirjeldades meie taime nimetas teda *Saussurea esthonica* Baer. Kupffer'i arvates on tegemist alaliigiga [*S. alpina* DC. ssp. *esthonica* (Baer) Kupff.].

Teised liigid sellevastu, nagu *Pinguicula alpina* ja *Saxifraga adscendens*, on haruldased. Esimene neist esineb Lääne-Saaremaal (joon. 9), peamiselt Viidumäe ja Kuusnõmme läheduses, lubjarikkais allik-sois, sageli koos *Schoenus ferrugineus*'e, *Tofieldia calyculata* jt. taimedega. Omal ajal leidis *Pinguicula alpina*'t ka Tartu ümbruses; 1892. a. peale on ta siit kadunud.

Saxifraga adscendens'i leiukohad (joon. 45) on eranditult Põhja-Eestis. See kivirik kuulub kaltsifiilsete taimede hulka.

Arktoalpiinne flooraelement koos arktilisega on Eesti pärismaises flooras esindatud ligik. 2%-ga.

2. Euraasia-boreoameerika element.

Siia kuuluvad liigid, mis ulatuvad enam-vähem üle Kesk- ja Põhja-Euroopa, Kesk- ja Põhja-Aasia ning Põhja-Ameerika. Eesti flooras esineb õige palju liike seesuguse areaaliga. Üksikasjades on siia kuuluvate liikide areaalid küllaltki erinevad. Eriti esile tõsta tuleks liigid, mis esinevad vaid Euraasia ja Põhja-Ameerika põhjaosas. See osa euraasia-boreoameerika elemendist ongi see, mida nimetatakse sageli ka tsirkumpolaarseks elemendiks. Meil kuuluvad siia: *Equisetum scirpoides* (joon. 84), *E. variegatum*, ***Sparganium glomeratum***, *Carex brunnescens*, *C. heleonastes*, ***C. norvegica***, *Juncus stygius*, *Salix livida*, *S. myrtilloides*, *S. phylicifolia*, *Polygonum bistorta*, *Stellaria crassifolia*, ***Moehringia lateriflora*** (vd. Salasoo, 1934), ***Alchemilla glomerulans***, *Rubus saxatilis*, ***Cornus suecica***, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Vaccinium vitis idaea*, *V. myrtillus*, *V. uliginosum*, *Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*, *Trientalis europaea*, *Pinguicula vulgaris*, ***Galium triflorum***, *Linnaea borealis* jt.

Paljud nimetatud liikidest, näit. *Moehringia lateriflora*, *Alchemilla glomerulans*, *Cornus suecica*, *Vaccinium*'id, *Oxycoccus palustris*, omavad eriti suurt tähtsust subarktilises vöötmes, kus nad sageli esinevad massiliselt.

Need liigid on Kesk-Euroopas (kui nad üldse seal kasvavad¹⁾) haruldased ning esinevad kas montaanses või subalpiinses kõrgusastmes (näit. *Polygonum bistorta*, *Andromeda polifolia*, *Trientalis europaea* jt.).

¹⁾ Rasvaselt trükitud liigid ei esine üldse Kesk-Euroopas (*Galium triflorum*'it leidub siiski Šveitsis).

Rida liike, mis omased nii Euroopale kui ka Aasiale ja Põhja-Ameerikale, on suurema areaaliga. Osalt ulatuvad nad niisama kaugele põhja, alati aga kaugemale lõunasse kui eespool nimetatud tsirkumpolaarsed liigid. See euraasia-boreoameerika element on meil hästi esindatud. Siia kuuluvad: *Aspidium phegopteris*, *A. robertianum*, *A. dryopteris*, *A. *euspinulosum*, *A. *dilatum*, *Onoclea struthiopteris*, peaaegu kõik meie *Equisetum*-liigid, *Lycopodium annotinum*, *L. complanatum*, *Botrychium matricariae*, *B. virginianum*, *Potamogeton alpinus*, *P. compressus*, *P. gramineus*, *P. lucens*, *P. mucronatus*, *P. praelongus*, *Agrostis alba*, *A. canina*, *Milium effusum*, *Festuca ovina*, *F. rubra*, *Carex Goodenowii*, *Convallaria majalis*, *Goodyera repens*, *Listera cordata*, *Salsola kali*, *Honckenya peploides*, *Caltha palustris*, *Hepatica triloba*, *Cardamine pratensis*, *Drosera rotundifolia*, *D. anglica*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Parnassia palustris*, *Comarum palustre*, *Lathyrus pratensis*, *Oxalis acetosella*, *Chimaphila umbellata*, *Pyrola uniflora*, *P. chlorantha*, *P. rotundifolia*, *P. minor*, *Ramischia secunda*, *Epilobium palustre*, *E. angustifolium*, *Utricularia minor*, *U. intermedia*, *U. vulgaris*, *Myriophyllum verticillatum*, *Subularia aquatica*, *Solidago virgaurea*, *Achillea millefolium*, *Hieracium umbellatum*.

Muidugi ühtivad nende liikide areaalid vaid üldjoontes. Liigile kuuluva ala suurus on küllalt erinev. On ka liike, millede areaal ulatub osalt ka Põhja-Aafrikasse. Nii on see näit. järgmistel euraasia-boreoameerika elemendi liikidel: *Polygonum hydropiper*, *Arabis hirsuta*, *Callitriche verna* jt.

Euraasia-boreoameerika element on meie floora tähtsamaid elemente. Siia kuulub tervelt 24,7% meie pärismaisi õistaimi ja kõrgemaid eostaimi.

Euraasia-boreoameerika elemendist peab veel mainima liikisid, mis erinevad teistest selles mõttes, et nende areaalid Euroopa osas ei ulatu Lääne-Euroopasse. Nii omavad nad kõik Euroopas oma levimise läänepiiri. Seesugusteks liikideks on: *Lyonia calyculata*, *Geum aleppicum*, *Stellaria longifolia*, *Scolochola festucacea*. On huvitav, et see idapiir kolmel nimetatud liikidest — *Lyonia calyculata* (joon. 54), *Geum aleppicum* (joon. 73), *Scolochola festucacea* (joon. 70) — läbib Eestit. Need liigid puuduvad täielikult Eesti saartel (Kupffer, 1925) ja ka Lääne-Eesti mandriosas (siin-seal on siiski *Lyonia calyculata* leiukohti!).

3. Euraasia element.

Siia kuuluvad liigid, mis on levinud enam-vähem terves põhjapoolses Euraasias kuni Hiina ja Jaapanini, samuti liigid, mille areaal ei ulatu küll nii kaugele itta, selle eest aga sügavalt Aasia keskosadesse (sageli kuni Himaalajani). See element on Eesti flooras niisama tähtis kui euraasia-boreoameerika element. Protsentuaalselt võrdub ta 25,4-ga. Siia kuulub ligi kakssada viiskümmend (247) liiki.

Puuliikidest ja pöösastest kuuluvad euraasia elementi järgmised: *Pinus silvestris*, *Populus tremula*, *Salix pentandra*, *S. triandra*, *S. alba*, *S. cinerea*, *S. caprea*, *S. aurita*, *S. repens*, *S. nigricans*, *S. viminalis*, *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *B. humilis*, *Alnus glutinosa*, *Ulmus montana*, *Ribes alpinum*, *Ribes pubescens*, *R. nigrum*, *Rosa cinnamomea*, *Cotoneaster nigra*, *C. integerrima*, *Sorbus aucuparia*, *Prunus padus*, *Tilia cordata*, *Viburnum opulus*, *Lonicera xylosteum*, *L. coerulea*¹⁾, metsataimedest: *Festuca gigantea*, *Brachypodium silvaticum*, *Carex silvatica*, *Majanthemum bifolium*, *Polygonatum officinale*, *P. multiflorum*, *Paris quadrifolia*, *Gagea minima*, *G. lutea*, *Cypripedium calceolus*, *Epipogium aphyllum*, *Orchis maculatus*, *O. latifolius*, *Helleborine latifolia*, *Stellaria nemorum*, *Moehringia trinervia*, *Actaea spicata*, *Thalictrum aquilegifolium*, *Lathyrus vernus*, *Geranium silvaticum*, *Impatiens noli tangere*, *Viola mirabilis*, *Pyrola media*, *Origanum vulgare*, *Lamium maculatum*, *Stachys silvaticus*, *Asperula odorata*, *Hieracium vulgatum*.

Ka paljud niidutaimed, vee- ja sootaimed (näit. *Epilobium hirsutum*, *E. parviflorum*, *E. roseum*, *Polygala comosa*, *Pimpinella major*, *Cicuta virosa*, *Agrostis vulgaris*, *Sagittaria sagittifolia*, *Butomus umbellatus*, *Hydrocharis morsus ranæ*, *Scirpus Tabernaemontani*, *Nuphar luteum*, *N. pumilum*, *Nasturtium amphibium*, *Elatine hydro-piper*) jt. kuuluvad samuti siia.

On huvitav esile tõsta, et kõik Eesti *Artemisia*-liigid (*A. campestris*, *A. vulgaris*, *A. absinthium*, *A. maritima* ja *A. rupestris*) on Euraasia liigid.

Nagu mujalgi Lääne-Euroopas mererannikuil, on Eestis olemas *Artemisia maritima*-st vaid selle alaliik *maritima* (joon. 7), Aasias (näit. Araali-Kaspia alal) aga alaliik *pauciflora* Web. Viimane kasvab seal soolaksoodes mitmesuguste halofüütidega koos. Et Euroopa lääneosas leidub soola sisaldavat pinnast pea-

¹⁾ Eestis ainult selle liigi var. *altaica* Sweet (Nenjukov, 1927).

miselt vaid mererannal, siis on sellele vastavalt ka *A. maritima* ssp. *maritima* levimine siin täielikult seotud mereranniku joonega.

Artemisia rupestris on Kupffer'i järgi Eestis iseloomulik Eesti ala lääneosale. Ta on Kupffer'i „Estonia maritima“ karakterliik (joon. 19). Sellele vaatamata on *A. rupestris* Euraasia, õigemini Aasia liik, mis ulatub Kaspia alalt läbi Lõuna-Siberi kuni Ohhoota mereni idas. Euroopas on teda peale Lääne-Eesti veel Ölandi ja Ojamaa (Gotlandi) saarel, Kesk-Saksas ja Aragoonias. Meil esinev liigi var. *oelandica* on vaevalt halofiilne, sest ta kasvab nii mererannal savikal pinnal kui ka kuivadel loosarnase taimkattega kohtadel.

Rida Euraasia liike esineb, samuti nagu euraasia-boreo-ameerika liikidest *Lyonia calyculata*, *Geum aleppicum* ja *Scolochloa festucacea*, ainult Ida-Euroopas. Seega läbib nende liikide läänepiir Euroopat. Need liigid on: *Carex loliacea*, *C. tenella*, *C. globularis*, *Potentilla intermedia*, *Melilotus dentatus*, *Viola epipsila*, *Conioselinum Fischeri*, *Angelica archangelica*, *Draccephalum ruyschiana*, *Pedicularis sceptrum carolinum*, *Asperula rivalis*, *Achillea cartilaginea*, *Ligularia sibirica*, *Salix acutifolia*. Nimetatuist esineb rida liikisid siiski ka Lääne-Eestis ja saartel: *Melilotus dentatus*, *Viola epipsila*, *Angelica archangelica*, *Pedicularis sceptrum carolinum*, *Carex loliacea*¹⁾, *C. globularis*²⁾. Nende läänepiir on väljaspool Eestit. Teiste piirid läbivad meie territooriumi, nad on iseloomulikud Ida-Eestile ning nende esinemise sageduses võib märgata kasvu idasuunas. Need liigid on: *C. tenella*, *Potentilla intermedia*, *Conioselinum Fischeri*, *Asperula rivalis*, *Achillea cartilaginea*, *Ligularia sibirica* (joon. 72), *Salix acutifolia*.

Osalt on seesugused läänepiirid näivad, sest kuigi liik puudub Lääne-Eestis, esineb ta veel Skandinaavias. Nii on see *Carex tenella*'ga. Sellevastu puuduvad *Conioselinum Fischeri*, *Asperula rivalis*, *Achillea cartilaginea*, *Ligularia sibirica* ja *Salix acutifolia* täielikult Skandinaavias.

Viimastel liikidel lähemalt peatudes tuleks tähendada järgmist: *Conioselinum Fischeri* ja *Asperula rivalis*'e kõige läänepoolsemad leiukohad meie territooriumil on Pärnumaal, nimelt väikesel saarel Pärnu jões Tori ja Vändra vahel nn. „Tahkuse

¹⁾ Avastas Hiiumaal Kuriste k. ja Oengo k. läheduses 1925. a. H. Mändmets-Lippmaa.

²⁾ Leitud esmakordselt Hiiumaal 1925. a. Malvaste k. läh. (H. Mändmets-Lippmaa) ja Risti läh. (Reigi) (K. Eichwald).

lүүс'il" (Lippmaa, 1932). Näib kindel olevat, et siin nende idapäritoluga taimede rändamisteks on olnud Pärnu jõgi. *Achillea cartilaginea* (joon. 69) on Eestis harilik Võrtsjärve ja Peipsi rannikul, jõearsetel niitudel Emajõe vesikonnas ja ka mujal (näit. Narva jõe piirkonnas). Samadel tingimustel kasvab Pärnemaal teine liik, mida seni pole leitud Eesti kaguosas: *Achillea ptarmica* (joon. 80). *Ligularia sibirica* on taim, mis näib meie floorast kaduvat, sest ta on hävinud mitmelt leiukohalt, mida nimetavad vanemad autorid. Liigi leiukohad (joon. 72) on Tartumaal (Kambja-Tartu-Äksi alal), Pärnu- ja Viljandimaa piiril (Õisu) ja Setumaal (Glehn, Lehmann, Puring, Ispolatov, Kupffer, Salasoo). *Salix acutifolia* esineb metsikult vaid Ida-Eestis. Ta kasvab Peipsi kaldal luiteil koos *S. triandra*'ga ning on siin kahtlemata pärismaine (selle vastu Kupffer, 1925).

4. Eurosiberi element.

Siia kuuluvad liigid, mille areaal asub Euroopas ja Põhja-Aasias, ulatudes Aasia mandril Siberis umbes Altaini. Kuigi piir on Euraasia ja Eurosiberi liikide vahel üldiselt selge, sest Euraasia liigid ulatuvad teatavasti kaugemale (sageli Hiina ja Jaapanini), leidub siiski liike enam-vähem vahepealsete areaalidega. Ka eurosiberi element on Eestis võrdlemisi tugevasti esindatud (6,2%).

Puudest ja pöösastest kuuluvad siia: *Rhamnus cathartica*, *R. frangula* (joon. 99), *Daphne mezereum*, metsataimedest: *Calamagrostis lanceolata*, *Filipendula ulmaria*, *Potentilla erecta*, *Vicia silvatica*, *V. sepium*, *Melampyrum pratense*, *Hypericum hirsutum*, *Angelica silvestris* jt.

Ka soo- ja niidutaimede hulgas on eurosiberi liike: *Platanthera bifolia*, *Viscaria vulgaris*, *Dianthus deltoides*, *Thalictrum flavum*, *Filipendula hexapetala*, *Hypericum quadrangulum*, *Viola elatior*, *Pimpinella saxifraga*, *Aegopodium podagraria*, *Sium latifolium*, *Selinum carvifolia*, *Peucedanum palustre*, *Heracleum sibiricum*, *Gentiana pneumonanthe*, *G. cruciata*, *Scrophularia nodosa*, *Veronica teucrium*, *Succisa pratensis*, *Cirsium palustre*, *C. heterophyllum*, *C. oleraceum*; veetaimist olgu nimetatud *Stratiotes aloides* ja *Nymphaea candida*.

Ka mitmel eurosiberi elemendi liikidest piirdub nende areaali Euroopa osa peamiselt Ida-Euroopaga. Niisuguste liikide

hulka kuuluvad meil: *Salix rosmarinifolia*, *Cnidium venosum*, *Ostericum palustre* ja *Ranunculus lanuginosus* [Avajev (Nenjukov, 1927), Salasoo (1933)]. Need liigid omavad läänepiiri väljaspool Eesti maa-alal. *Ostericum palustre* (võib-olla aga ka mõnigi teine Eurosiberi liik) on tunginud Eesti territooriumile mitte ainult idast, nagu oleks võidud oletada, vaid ka läänest. Selle kasuks kõneleb täh. liigi esinemine Lääne- ja Ida-Eestis, kuna teda vahepealsel alal (vt. joon. 29) pole leitud.

5. Euroopa element.

Ligikaudu neljandik Eesti taimi (23,5 %) kuulub siia. Seega on tegemist tähtsa rühmaga, mille osa on meie flooras ligikaudu niisama suur kui euraasia või euraasia-boreoameerika elementide oma. Siia kuuluvate liikide areaal piirdub üldjoontes Euroopaga. Siiski ulatub see mõningatel liikidel ka Põhja-Ameerikasse või aga Põhja-Aafrikasse. Väga sagedasti jätkub euroopa elemendi liikide areaal ka Kaukaasiasse, mõnedel ka Väike-Aasiasse.

Euroopa flooraelemendi liikidest, mille areaal ulatub Ameerikasse, olgu nimetatud järgmised: *Botrychium simplex*, *Isoetes lacustre* (joon. 55), *I. echinosporum* (joon. 83), *Ammophila arenaria*, *Carex flava*, *Juncus supinus* (joon. 11), *Liparis Loeselii*, *Alectorolophus minor*.

Paljud meie puu- ja põõsaliikidest kuuluvad euroopa floora-elementi. Need on: *Berberis vulgaris*, *Rosa pomifera*, *R. tomentosa*, *R. rubiginosa*, *R. canina*, *R. glauca*, *R. dumetorum*, *R. coriifolia*, *Crataegus monogyna*, *Pyrus malus*, *Sorbus salicifolia*, *S. suecica*, *Acer platanoides*, *Cornus sanguinea*, *Fraxinus excelsior*, *Corylus avellana*, *Quercus robur*, *Ulmus pedunculata* (= *U. effusa*). Siit leiame rea liike, mis iseloomulikud Kesk-Euroopa lehtmetsale ja mis moodustavad meil eriti Põhja-Eesti paekaldal, Abruka saarel, Sõrve poolsaarel ja ka mujal toredaid metsi. Eraldi peatuda on tarvis vahest pooppuul — *Sorbus suecica* (= *S. scandica*), sest selle liigi idapiir läbib Eestit. See puu¹⁾ (joon. 91) esineb meil eriti sageli Lääne-Saaremaal (joon. 26). On huvitav, et pooppuu on Eesti floorasse kuuluvatest liikidest vähima koguareaaliga: peale Eesti leidub pooppuud veel Ahvenamaa saartel, Lõuna-Rootsis, Ölandi, Gotlandi ja Bornholmi saarel, kohati Saksa põhjarannikul, Norras ja Šotimaal. On põhjust arvata, et *S. suecica* on tekkinud pärast jääaega *S. aria* ja *S. aucuparia* bastardina (Hegi).

¹⁾ Pooppuu marju tarvitatakse Saaremaal leiva küpsetamisel.

Metsataimedest kuuluvad järgmised euroopa elemendi hulka: *Festuca silvatica*, *Bromus Beneckenii*, *Carex remota*, *C. digitata*, *Allium ursinum*, *Neottia nidus avis*, *Asarum europaeum* (joon. 32), *Stellaria holostea*, *Anemone nemorosa*, *A. ranunculoides*, *Ranunculus cassubicus*, *Dentaria bulbifera*, *Astragalus glycyphyllos*, *Mercurialis perennis*, *Viola Riviniana*, *Sanicula europaea*, *Pulmonaria officinalis*, *Melampyrum silvaticum*, *Lathraea squamaria*, *Epilobium montanum*, *Campanula latifolia*, *C. trachelium*, *Phyteuma spicatum*, *Lactuca muralis*, *Crepis paludosa*, *Hieracium silvaticum*, *H. caesium* jt.

Soo- ja niidutaimist tuleb nimetada järgmisi: *Nardus stricta*, *Sieglia decumbens*, *Sesleria coerulea*, *Molinia coerulea*, *Briza media*, *Festuca polesica*, *Carex Davalliana*, *C. Hornschuchiana*, *Iris pseudacorus*, *Gladiolus imbricatus*, *Ophrys muscifera* (joon. 53), *Orchis morio* (joon. 25), *O. Traunsteineri*, *O. ustulatus*, *O. masculus*, *O. incarnatus*, *O. sambucinus*¹⁾, *Malaxis paludosa*, *Melandrium rubrum*, *Trollius europaeus*, *Ranunculus auricomus*, *Cardamine amara*, enamik Eesti *Alchemilla*-liike, *Epilobium collinum*, *E. obscurum*, *Euphrasia stricta*, *E. brevipila*, *E. curta*, *E. gracilis* ja teised meie *Euphrasia*-liigid²⁾, *Stachys betonica*, *Lysimachia nummularia*, *Peplis portula*, *Polygala amarella*, *P. vulgaris* jt.

Veetaimist kuulub euroopa elementi *Nymphaea alba*.

Eespool-käsiteldud liigid omavad areaali, mis ulatub enam-vähem üle terve Euroopa, kuigi mõni liik, nagu näit. *Ranunculus cassubicus*, kasvab peamiselt Ida-Euroopas. Sellest Euroopa floora-elementidest (laiemas mõttes) tuleb eraldada järgmised iseloomulikkude areaalidega flooraelemendid: (1) montaanne element, (2) atlantiline element, (3) pontiline ja pontosarmatiline element.

6. Montaanne element.

Rida taimi, mis oma koguareaali iseloomult kuuluvad Euroopa elemendi hulka, eelistab Kesk-Euroopas ilmselt montaanset, osalt koguni subalpiinset kõrgusastet. On iseloomulik, et sel-

¹⁾ See liik on nähtavasti hävinud oma ainsal leiukohal Eestis [Karala, Saaremaa (Eichwald, 1933)].

²⁾ Peale *Euphrasia hirtella*. See taim kuulub Euraasia liikide hulka.

lised liigid esinevad põhjamaail juba madalmail, sageli ainult mõni meeter üle merepinna. Siia kuuluvatest liikidest leidub meil järgmisi: *Lunaria rediviva*, *Hypericum montanum*, *Laserpitium latifolium*, *Lamium galeobdolon*, *Ranunculus nemorosus*, *Crepis mollis*, *Centaurea phrygia*, *Trifolium montanum* ja *Trifolium alpestre*.

Vaatleme neid lähemalt.

Lunaria rediviva. Peale ühe leiukoha Pärnumaal esinevad kõik teised Põhja-Eestis peamiselt põhjaranniku paekalda alal (joon. 44), kus see taim kasvab pangaaluses lehtmetsas mitmesuguste teiste lehtmetsa-taimedega koos (nende seas ka *Lamium galeobdolon*). Eestis, nagu mujalgi, eelistab *Lunaria rediviva* enam-vähem lubjarikast aluspinda. Eriti tähtis on aga niiske ja varju-rikas asukoht. Kesk-Euroopas kasvab *L. rediviva* peamiselt mägedes *Fagus silvatica* metsa kõrgemas osas ja ka sellele järgnevas *Picea excelsa* metsas. Alpides tõuseb ta kohati koguni subalpiinse kõrgusastme ülemise osani (koos *Pinus montana*'ga). Tema saatjaiks on seal *Polygonatum verticillatum*, *Centaurea montana* jt.

Hypericum montanum esineb Eestis Saaremaal. Ta kuulub samuti lubjalembeste metsataimede hulka, kasvab aga kuivemal kohil kui eelmine ning on enam-vähem valgust-eelistav taim. Euroopa Alpides tõuseb ta 1300—1900 meetrini. Seal kasvab ta sagedasti koos *Corylus avellana*, *Prenanthes purpurea*, *Euphorbia dulcis*'e, *Cyclamen europaeum*'i ja teistega.

Laserpitium latifolium kasvab Saaremaal ja Lääne-Eestis segametsades ja puisniitudel. Hulgaliselt esineb *Laserpitium latifolium* Euroopa mägedes (Püreneed, Alpid, Apenniinid jt.), kus ta kõrguspiiriks on 1500—2000 m (Berniina Alpides koguni 2400 m); osalt leidub teda seal rohkesti ka metsapiirist kõrge-
mal subalpiinsetel niitudel (vt. Lippmaa, 1933).

Lamium galeobdolon on meil salu-lehtmetsades ja kuuse-segametsades õige harilik. Kesk-Euroopas kasvab ta peamiselt mägedes metsataimena nii montaanses kui ka subalpiinses kõrgusastmes. Tõuseb Alpides 1600—2000 meetrini.

Ranunculus nemorosus (= *R. Breyninus*), mille kõrguspiiriks Alpides on 2500 m, kasvab Eestis Saaremaa metsades.

Kui kõrvale jätta *Centaurea phrygia*, mis esineb põõsastikes, metsa ääreesades, kuival, enam-vähem lubjarikkal aluspinnal seisvate lehtpuurikaste kuusesegametsade raietel (näit. vallselja-kuil Põhja-Eestis Koonukõrve, Paunküla ümbruses ja mujal), ja

*Crepis mollis*¹⁾, on järgmised taimed kuivade niitude liigid. Eestis leidub *Trifolium alpestre*'t mitmel pool Saaremaal. Ta peamiseks levimisalaks on Lõuna-Euroopa mäed. Esineb nii lubjarikkal kui ka lubjavesel pinnasel. Alpides tõuseb ta 1400—1600 m (Wallis'es, Gams'i andmeil koguni 2310 m). *Trifolium montanum* on Eestis kuivadel loopealseil õige harilik. Esinemise tõttu Ida-Euroopas (näit. Vene steppides) arvab Sterner selle liigi *Trifolium alpestre*'ga koos pontosarmaatilise elemendi hulka. Kuid ka *Trifolium montanum* tõuseb kõrgele Euroopa mägedes (kõrguspiiriks 1800—2560 m Alpides). Olgu tähendatud, et alpiinsed ja subalpiinsed niidud, kus on *Trifolium alpestre* ja *T. montanum* harilikud, osutavad tõeliselt sageli enam-vähem stepiühingutega sarnanevat iseloomu. Kui arvame ka *Trifolium montanum*'i ja *T. alpestre* montaanse elemendi hulka, saame 9 liiki, see on ligikaudu 0,9% meie pärismaiste liikide arvust.

7. Atlantiline (pseudoatlantiline) element.

Lääne-Euroopa ja Põhja-Aafrika osas, milles valitseb ookeaniline kliima [Norra läänerannik, Iiri-, Inglis-, Prantsusmaa, Hispaania, Portugal, Marokko (viimased kolm osalt)], on siia kuuluvate liikide kodu. See flooraelement on olnud korduvalt uurimisobjektiks (Braun-Blanquet, Czezzott, Gams, Wangerin, Kotilainen jt.). Eesti geograafilist asendit arvesse võttes on mõistetav, et ükski tõeliselt atlantiline liik ei esine Eestis, sest nende liikide areaal ei ulatu kunagi nii kaugemale itta. On siiski rida liike, mille areaalid üldiselt sarnanevad tõeliselt atlantiliste liikide areaalidega, kuigi ulatuvad idasuunas tunduvalt kaugemale pärisatlantilistest liikidest (esinevad Eestis või koguni ületavad Eesti idapiiri). Neid liike, mille areaali „raskuspunkt“ asub ikkagi atlantilises Euroopas, nimetab Braun-Blanquet pseudoatlantiliseks. Küllalt sageli nimetatakse aga ka seesuguseid liike lihtsalt atlantiliseks. Nii tarvitab Kotilainen selliste liikide puhul terminit „atlantiline“ (osalt ka „baltiatlantiline“). Kõneldakse ka põhja-atlantilistest liikidest (Czezzott). Viimaste hulka kuulub meil *Lobelia Dortmanna*.

¹⁾ *Crepis mollis*'t leidub Eestis Tartu ümbruses (Glehn, 1860; Kauer, 1934) niisketel niitudel, kraavikaldail jne. Hiljuti avastati ka leiukoht Ruhnu saarel (Lepik). Tartu ümbruses konstateeris *C. mollis*'t juba 1860. a. Glehn. Kupffer (1925) eitas selle taime esinemist Eestis. Viimaste aastate leiud on selgitanud küsimuse lõplikult.

Atlantiline element (laiemas mõttes) on Eestis esindatud järgmiste liikidega: *Lycopodium inundatum*, *Taxus baccata*, *Weingaertneria canescens*, *Carex arenaria*, *Rhynchospora fusca*, *Juncus supinus*, *J. squarrosus*, *J. subnodulosus*, *Drosera intermedia*, *Radiola linoides*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Litorella uniflora*, *Myrica gale*.

Neist liikidest esinevad mitmed ka Põhja-Ameerikas. Need on: *Lycopodium inundatum*, *Rhynchospora fusca*, *Juncus supinus*, *J. squarrosus*, *Drosera intermedia*, *Litorella uniflora*, *Myrica gale*.

Peatume lähemalt eespool-nimetatud liikidel.

Lycopodium inundatum on ainuke Eesti pseudoatlantiline liik, mis esineb ohtralt ka Kagu-Eestis. Huvitav on, et kõik selle liigi seni teadaolevad leiukohad (joon. 79) on Eesti ääreosis, kuna keskosast pole teada ühtegi leiukohta. See liik kasvab niiskel nõmmeliival, ümbritsedes osalt vööna veega täidetud lohkusid Lõuna-Eesti nõmmealadel. Teiselt poolt leidub teda aga ka soorabades ja rabade ääreosis koos *Drosera*-liikide, *Rhynchospora alba* ja mõningate rabataimedega. Liigi idapiir on väljaspool Eestit; pillatult esineb *Lycopodium inundatum* veel kaugel Venes (osalt ka steppidepiirkonnas erilistel, sobivatel asukohtadel)¹⁾.

Taxus baccata levimisest Läänemeremail on korduvalt kirjutanud Kupffer (1904—1925). Kupffer'i andmeil langeb meil jugapuu idapiir —4,5° ja —5,5° jaanuarikuu isothermide vahele Eestis esineb *Taxus baccata* saartel ja mandri lääneosas (vt. joon. 5). Mitmed asjaolud (metsa lageraie ja kraavitamine, jugapuu okste tarvitamine pargadeks, puu tarvitamine mitmeks otstarbeks) on selle puu viinud peaaegu hävimisele Eestis. Et ta nüüd on looduskaitse all, on vahest loota piiripanekut tema hävimisele. Jugapuu eelistab niiskeid varjurikkaid segametsi. Tema „marjad“ (arillusega kaetud seemned) valmivad meil.

Weingaertneria canescens'it nimetab Russow (1862) Tallinna ümbruse flooras. Uemad andmed selle liigi esinemise kohta nimetatud alal näivad puuduvat. Ka pole teada teisi leiukohti Eestis.

Liivtarn (*Carex arenaria*) esineb Eestis pillatult mererannal Läti piirist Audruni. Põhjarannikul leidub teda samuti pillatult Nõvast Narvani. Sisemaale tungib see liivalembene, maritiimset kliimat nõudev liik võrdlemisi sügavale ainult Hiiumaa ja Saaremaa lääneosades (joon. 43). Selleks soodsail kohil moo-

¹⁾ Lähemalt Lippmaa, „Eesti Loodus“, 1933, 3.

dustab *Carex arenaria* suuri enam-vähem puhtaid kogumikke (näit. Pärnu ja Tallinna läh. ja ka mujal).

Rhynchospora fusca. See liik esineb (joon. 17) Saaremaal, Põhja-Hiiumaal, Vormsi saarel ja Läänemaal (Nõva ümbruses). Ta kasvab niiskel liival, moodustades näit. Nõva ümbruses kohati suuri puhtaid ühe liigi kogumikke.

Juncus supinus. Veel hiljuti tunti Eestis ainult mõnda üksikut selle liigi leiukohta, kuigi ta esineb mitmel pool Lääne-Saaremaal, Hiiumaal ja Loode-Eestis (joon. 11). Ka leidub *Juncus supinus*'t Ruhnu saarel (Hildén, 1923). Esineb niiskel, aegajalt üleujutatud liival näit. järvekaldail, kus ta kuival kasvades on antotsüaniini rohkuse tõttu enam-vähem punakas.

Juncus squarrosus kasvab peamiselt Loode- ja Põhja-Eestis (mitu leiukohta Tallinnast edelas) — liivasel pinnal nõmmealadel (nõmmemetsades, teedel jm.), rabaservadel (joon. 37).

Radiola linoides. Teada ainult üks leiukoht Hiiumaal (Vilberg), kus *Radiola* esineb Reigi khk. Luidja k. läh. (joon. 8) niiskel liivasel pinnal.

Hydrocotyle vulgaris. Eestis leitud saartel (Hiiumaal, Saaremaal, Ruhnu saarel, joon. 13). *Hydrocotyle* kasvab niiskel liivasel pinnal, harilikult hulgi.

Drosera intermedia esineb meil Hiiumaale, Saare-, Lääne- ja Pärnumaal (joon. 27) rabadel ja soorabadel, esimestel laugastes turbaporil. Kohati on seda liiki leitud ka lubjarikkais sois koos *Schoenus ferrugineus*'ega.

Juncus subnodulosus. Vastandina eespool-käsiteldud liikidele ilmselt lubjalembene taim. Esineb (joon. 10) osalt suurte kogumikkudena koos *Schoenus ferrugineus*'e, *Sch. ferrugineus* × *Sch. nigricans*'i ja *Pinguicula alpina*'ga alliksois Saaremaal (Sõrve poolsaarel; Viidumäe all).

Litorella uniflora. Ka see liik on vahest enam-vähem lubjalembene. Leiti (Määr, Eichwald) alles mõni aasta tagasi Lääne-Saaremaal Kuusnõmme ümbrusest (joon. 6), kus ta kasvab nn. silmades, see on väikestes järvekestes, mis suvel sageli täitsa ära kuivavad. Neil kuivil aastail näeb madala muruna esinevaid puhtaid *Litorella* kogumikke valgel, enam-vähem lubjarikkal kõntsal.

Eestis esinevate atlantiliste (pseudoatlantiliste) liikide hulgas on palju niisuguseid, mis eelistavad lubjavaest pinda ning on seetõttu iseloomulikud niisketele nõmmealadele. See on ka

arusaadav, kui arvesse võtame, et atlantiline Euroopa on just igihaljaste nõmmede maa. Ka suur õhuniiskus on nendele taimedele kõigiti soodus. Kui mitmed nimetatud taimedest siiski esinevad ka kaugel Venes, enam-vähem kontinentaalse kliimaga aladel, siis oleneb see küll sellest, et need on relikt-asukohad ajastust, mis oli soodus kõnesolevale flooraelemendile ja kus atlantilise kliima piirkond ulatus kaugele itta ja lõunasse.

Lõpuks olgu mainitud, et mõned liigid, nagu *Schoenus nigricans* ja *Cladium mariscus*, lähenevad oma levimiselt Euroopas osalt atlantilise elemendi levimisele. Arvestades nende liikide kogureaale on õigem neid paigutada boreotroopiliste liikide hulka. Tuleb siiski rõhutada, et Eestis esinevad need liigid peamiselt maa lääneosas (joon. 12 ja 15).

8. Pontiline ja pontosarmaatiline element.

Atlantilise flooraelemendi täieliseks vastandiks on vana maailma paraja vöö kontinentaalse osa taimed, mille levimisala „raskuspunkt“ asub Ungari, Vene ja Lõuna-Siberi steppides ning stepialale põhja poole järgneval territooriumil. Kuigi nad omavahel erinevad kogureaali iseloomult (vt. allpool), on nende liikide areaalide euroopa osa väga iseloomulik. Sterner'i järgi, kes uuris eespool-nimetatud kontinentaalset flooraelementi Lõuna-Rootsis, on „Pontis“ ala, mis haarab Lõuna-Vene steppe, Ungari pustat ja Balkani poolsaare kõrgmaid¹⁾; „Sarmaatia“ asub Kesk-Vene stepiala ja tamme põhjapiiri vahel. Siia kuuluvad Sterner'i järgi ka Lõuna-Soome, Eesti, Läti, Leedu, Poola, Ida-Preisimaa ja Kagu-Rootsi.

Heaks pontilise areaali iseloomustamise näiteks on *Viola pumila* ja *Silene viscosa*. Esimené neist esineb Lõuna-Siberi lääneosas, Venes eriti Ukrainas, ulatudes sealt üle Ölandi ja Gotlandi saare kuni Kagu-Inglismaani ja Ida-Prantsusmaani; puudub Alpidest lõunas (H e g i). Nimetatud areaali metsaosas kasvab *Viola pumila* kuivadel niitudel, stepiõsas aga koos stepitaimedega, nagu *Carex humilis*, *Silene chlorantha*, *Adonis vernalis*, *Anemone silvestris*, *Potentilla arenaria* jt. — *Silene viscosa* on eriti sage Ida- ja Kagu-Venes, ent ka Lõuna-Siberis ja Kesk-Aasias. Sealt ulatub, valides selleks soodsaid asukohti, kuigi väga pillatult, Lõuna-Soomeni ja Taanini. Saksas esineb metsikult ainult Rügeni saarel (H e g i).

¹⁾ Aasias jätkub see ala Lõuna-Siberi steppidenä.

Eespool-käsiteldud pontilistele liikidele lähenevad areaali iseloomult n. n. pontosarmaatilised liigid. Need ulatuvad osalt vähem lõunasse kui tõelised pontilised liigid, selle eest aga tublisti kaugemale põhja. Heaks pontosarmaatilise liigi näiteks on Loode-Eestis harilik *Asperula tinctoria*. See liik, mis esineb alates Musta ja Aasovi mere kaldalt läbi Lõuna- ja Kesk-Vene umbes 58° paralleelini, kasvab Kesk-Euroopas üldiselt vaid pillatult, puududes kohati suurtel aladel. Atlantilises Euroopas puudub ta täielikult.

Eestis esinevad järgmised pontilised (P) ja pontosarmaatilised (PS) liigid:

	Euroopa areaal	Eurosiberi areaal	Euraasia areaal
<i>Alyssum montanum</i> . . . P	+		
<i>Vicia cassubica</i> P	+		
<i>Scutellaria hastifolia</i> . . P	+		
<i>Sempervivum soboliferum</i> PS	+		
<i>Thalictrum angustifolium</i> PS	+		
<i>Evonymus verrucosa</i> . . PS	+		
<i>Viola uliginosa</i> PS	+		
<i>Asperula tinctoria</i> . . . PS	+		
<i>Koehleria grandis</i> PS	+		
<i>Gypsophila fastigiata</i> . . PS	+		
<i>Silene chlorantha</i> . . . P		+	
<i>Viola pumila</i> P		+	
<i>Oxytropis pilosa</i> P		+	
<i>Silene tatarica</i> PS		+	
<i>Ranunculus polyanthemus</i> PS		+	
<i>Veronica spicata</i> PS		+	
<i>Arenaria graminifolia</i> . P			+
<i>Silene viscosa</i> P			+
<i>Cynanchum vincetoxicum</i> PS			+
<i>Helichrysum arenarium</i> . PS			+
<i>Ononis hircina</i> PS			+
<i>Phleum Boehmeri</i> PS			+
<i>Anemone silvestris</i> . . . PS			+
<i>Seseli libanotis</i> PS			+
<i>Senecio integrifolius</i> . . PS			+
<i>Koeleria glauca</i> PS			+
<i>Medicago falcata</i> PS			+

Kuna atlantilise elemendi liikidest enamik eelistab meil niisket liivast aluspinda ning esineb ohtralt just maritiimses Lääne-Eestis, on pontosarmaatiliste, eriti aga pontiliste liikide

iseloom just vastupidine. Need on, nagu nägime, kuivade niitude ja steppide taimed; Põhja-Euroopas esinevad nad kuivadel päikeseküllastel kinkudel või aga madala põhjaga rühkmuldadel ja kuivadel loopealsetel, kus huumusekiht on omadusilt sarnane steppide mullahuumusega.

Suurem osa eespool-nimetatud liikidest on pontosarmaatilised. Ainult järgmised on tõelised pontilised liigid: *Vicia cassubica*, *Silene chlorantha*, *S. viscosa*, *Viola pumila*, *Oxytropis pilosa*, *Arenaria graminifolia*. Need on valguselembedes stepitaimed. Ainult üksikud eelistavad niiskemaid asukohti ka oma päriskodus. Viimaste hulka kuulub *Viola pumila*. — *Scutellaria hastifolia*, mis ka kuulub pontilise elemendi hulka, omab siiski erinevat areaali. Ungarist ja Ukrainast on rändlinnud selle liigi oma rändamisteedel edasi kandnud, nii et teda leidub Hegi järgi jõorgudes Loire'ist Volgani. On huvitav, et see liik esineb meil eranditult ranniku läheduses (joon. 38).

Kui eespool-käsiteldud erandid kõrvale jätta, on teised pontosarmaatilise ja sarmaatilise elemendi liigid kõik enam-vähem kuivuslembedes, kuivade asukohtade taimed. Paljud neist on selgelt kaltsifiilsed, teised jälle psammofiilsed.

Kaltsifiilsetele liikidele sobivaks substraadiks on siluuri ja ordoviitsiumi ladestuil esinevad loopealsed ja madala põhjaga rühkmullad. Rida liike esineb seetõttu eriti Põhja-Eestis ja saartel või aga ka ainult viimaseil. Need enam-vähem kaltsifiilsed pontilised ja pontosarmaatilised liigid on: *Oxytropis pilosa* (joon. 63), *Asperula tinctoria* (joon. 56), *Cynanchum vincetoxicum* (joon. 16), *Veronica spicata*, *Phleum Boehmeri* (joon. 57), *Anemone silvestris* (joon. 14), *Seseli libanotis* (joon. 59), *Senecio integrifolius* (joon. 64), *Medicago falcata* (joon. 58), *Viola pumila* (joon. 20) jt. Nad esinevad sageli koos liikidega nagu *Filipendula hexapetala*, *Trifolium montanum*, *Helianthemum vulgare*, *Poa compressa*, *Sesleria coerulea*, *Lotus corniculatus*, *Anthyllis vulneraria* jt. Enamik neist on loovegetatsioon (vastab Rootsi alvarvegetatsioonile) üsna harilikud. Teised, nagu *Oxytropis pilosa*, *Cynanchum vincetoxicum*, esinevad ainult teatavais Eesti osis, viimane kohati hulgi.

Eesti psammofiilsed pontilised ja pontosarmaatilised liigid on: *Alyssum montanum*, *Silene chlorantha* (joon. 74), *S. viscosa*, *Arenaria graminifolia* (joon. 76), *Sempervivum soboliferum* (joon. 67), *Helichrysum arenarium* (joon. 66), *Koeleria glauca* (joon. 78), *Gy-*

psophila fastigiata (joon. 68). Peale *Alyssum montanum*'i ja *Silene viscosa* esinevad nimetatud liigid Eestis kas ainult või peamiselt maa kaguosas, kus liivane aluspind on väga ulatuslik. *Koeleria glauca* ulatub enam-vähem üle Eesti, kuid puudub täielikult suurtel maa-aladel. Nimetatud liivalembeste liikide saatjaks on harilikult: *Campanula rotundifolia*, *Linaria vulgaris*, *Jasione montana*, *Pulsatilla patens* (joon. 30), *Carex ericetorum*, *Festuca polesica* jt.

Lõpuks tuleks veel peatuda *Alyssum montanum*'il ja *Silene viscosa*'l, mis mõlemad on Eestis väga haruldased. Esimene neist esineb Saaremaal Sõrve poolsaarel mereäärseil luiteil, idarannikul; teine väikesil Uhtju ja Sala saaril (eriti viimasel, kus ta katab kohati tihedalt maapinda laiemas ulatuses¹⁾).

Pontilise ja pontosarmaatilise elemendi tähtsus Eesti flooras pole eriti suur: siia kuulub ligi 30 liiki (2,8%).

9. Mediterraanne element.

Senini käsitletud liikidest on *Alyssum montanum* ainuke, mille areaali tähtis osa asub Vahemeremal. Ta oli paigutatud pontiliste liikide hulka, kuna ta oma areaali iseloomult siiski läheneb rohkem viimastele, olles tegelikult vahepealne pontiliste ja mediterraaansete liikide vahel. Meie flooras on mediterraaanne element esindatud järgmistele liikidega: *Isatis tinctoria*, *Hutchinsia petraea*, *Saxifraga tridactylites*, *Geranium lucidum*, *Eryngium maritimum*. Need liigid on meil eranditult lubjalembesed ja mõned ka nõrgalt halofiilsed, nagu *Isatis tinctoria* ja *Eryngium maritimum*. Nende levimine meil selgub joon. 39, 18, 65, 24 ja 23. Peaaegu eranditult esinevad nad meil Lääne-Eestis peamiselt Saare-, Muhu- ja Hiiumaal. Neist on *Isatis tinctoria* ☉☉, *Hutchinsia petraea* ☉, *Saxifraga tridactylites* ☉, *Geranium lucidum* ☉ kuni ☉, *Eryngium maritimum* 4.

See üheaastaste taimede ilmne ülekaal on iseloomulik, kuna üheaastaste päriskoduks on maad pikkade kuivusperioodidega

¹⁾ Kupffer'i arvates on Eesti leiukoht (Lehbert ja Kupffer, 1904) relikt boreaalsest stepiperioodist. Et need saared geoloogiliselt on õige noored, on see oletus küll alusetu. Tõenäosem on oletus, et taimed seemned on ajujääga sattunud Soome rannikult Sala ja Uhtju saarele (Vilberg, 1933). *Silene viscosa* sissetungile pidi soodustavalt kaasa mõjuma asjaolu, et ka praegu omab taimkate neil saaril sageli avatõingu iseloomu.

nagu Vahemeremaad, Aafrika ja Aasia poolkõrved ja kõrved (Raunkiaer, Warming, Hagerup jt.).

Peaaegu paljad paeplaadid või paeaklibu vähese huumusega on nimetatud üheaastaste taimede asukohaks. Need on kuivad, soojad, hästi valgustatud asukohad. Ka *Eryngium maritimum* on valgust armastav liik. Ta esineb meil teatavasti mererannal enam-vähem liivasel pinnal või ka paeaklibul. Üks suurimaid kogumikke on Pärnumaal, Kihnu saarel (Lippmaa, 1932). Seal katab umbes kilomeetri pikkuselt 5—6 m laiune *Eryngium*'i vööde mereäärset liiva pealpool kaldale uhetud *Fucus*'e valle. Vaid tormide puhul tungib merevesi nimetatud *Eryngium*'i kogumikkudeni. *Eryngium*'iga koos kasvab seal *Salsola kali*, *Crambe maritima* jt.

Eesti pärismaises flooras pole mediterraanne element kuigi suure tähtsusega (0,5%). Teisiti on see kahtlemata antropohoorsete liikidega, mille hulgas on mediterraanne element tähtsal kohal. Piirdume siin järgmiste liikide mainimisega: *Pajaver rhoeas*, *P. dubium*, *P. argemone*, *Raphanus raphanistrum*, *Reseda lutea*, *Alchemilla arvensis*, *Sanguisorba minor*, *Anchusa arvensis*, *Lithospermum arvense*, *Erodium cicutarium*, *Centaurea cyanus*.

On huvitav, et ka Eesti antropohooride mediterraanne element on eriti arvukas saaril ja Loode-Eestis.

10. Boreotroopiline element.

On taimeliike, mille areaalid on väga laialdased. Osa selliseid liike esineb kõigis maailmajagudes, osa neljas maailmajaos. Iseloomulik on, et need liigid kasvavad nii paraja kliimaga mais kui ka lähistroopilisis või sageli koguni troopilisis mais. Seesuguse suurelevingu põhjusi võib mitu olla. Tähtsamad on järgmised:

Vastavate taimeliikide kõrge vanus. Mida vanem teatav taimeliik, seda enam oli tal kasutada aega oma areaali suurendamiseks loomulikul teel, see on tuule, vee ja loomade kaastegevusel. Sellest seisukohast on huvitav, et meie põlises flooras leiduvatest boreotroopilistest liikidest on tervelt 20% kõrgemad eostaimed. Siia kuuluvad meil nimelt: *Cystopteris fragilis*, *Polypodium vulgare*, *Aspidium thelypteris*, *Ophioglossum vulgatum*, *Aspidium filix mas*, *Botrychium lunaria*, *Asplenium trichomanes*, *Equisetum arvense*, *Athyrium filix femina*, *Pteridium aquilinum*, *Lycopodium selago*, *Lycopodium clavatum*. Teiselt poolt tuleb arvesse

võtta ka seda, et kõrgemate eostaimede levimisvahendid — eosed — on väga kerged ja tuul võib neid näit. tugevate tormide puhul kanda kaugele ka üle neile asumiseks mitte soodsate vahealade.

Huvitav on ka üheiduleheliste taimede kõrge %: 46%. Seega langeb kaheidulehelistele vaid 34%.

Kuigi vaated ühe- ja kaheiduleheliste taimede suhtelise vanuse kohta lahku lähevad, ei või kahelda selles, et üheidulehelised on vana ja selle tõttu „hästi väljakristalliseerunud“ taimerühm. Kuigi see asjaolu võiks osalt seletada boreotroopiliste liikide sageduse üheidulehelistel, tuleb ka siin arvesse võtta, et on tegemist liikidega, mille levimisvahendid on küllalt soodsad selleks, et neid kanda kaugele. Kõnesolevad üheidulehelised boreotroopilised liigid on meil peaaegu eranditult soo- ja veetaimed. Levitajaiks on vesi (peamiselt jõed) ja linnud.

Need liigid on: *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Potamogeton natans*, *P. perfoliatus*, *P. polygonifolius*, *P. crispus*, *P. pusillus*, *P. pectinatus*, *P. filiformis*, *Ruppia maritima*, *R. spiralis*, *Zannichellia pedunculata*, *Najas marina*, *Alisma plantago*, *Phragmites communis*, *Scirpus parvulus*, *S. acicularis*, *S. lacustris*, *S. maritimus*, *Schoenus nigricans*, *Cladium mariscus*, *Lemna trisulca*, *L. minor*, *Spirodela polyrrhiza*, *Juncus bufonius* ja *J. ranarius*.

Kaheiduleheliste taimede hulgas leidub boreotroopilisi liike kõigepealt halofüütide ja veetaimede hulgas: *Salicornia herbacea*, *Suaeda maritima*, *Spergularia salina*, *S. marginata*. Pole kahtlust, et need liigid on rännanud mererannikuid mööda ühest maailmajaost teise. Vee- ja sootaimedest (kaheidulehelistest) tuleks nimetada järgmisi: *Ceratophyllum demersum*, *Nasturtium palustre*, *Lythrum salicaria*, *Myriophyllum spicatum*, *Hippuris vulgaris*, *Limosella aquatica*¹⁾. Teistest liikidest võiks nimetada veel: *Urtica dioeca*, *Samolus Valerandi* (joon. 22), *Convolvulus sepium*.

Paljud liigid on muutunud kosmopoliitideks alles võrdlemisi hiljuti, pärast valgete rahvaste asumist Ameerikasse, Austraaliasse, Aafrikasse ja Lõuna-Aasiasse. Seesuguste liikide hulka kuuluvad: *Stellaria media*, *Cerastium caespitosum*, *Potentilla anserina*, *Viola arvensis*, *Plantago major* jt. Milline oli nende liikide areaal enne intensiivse põllukultuuri algust, pole sageli enam võimalik kindlaks teha. On tõenäoline, et liigid, nagu *Chenopodium*

¹⁾ Glücki järgi (Glück, 1935) on *Limosella aquatica* polümorfne liik, mis koosneb mitmest pisiliigist; need erinevad ka areaalide iseloomult.

album, *Polygonum aviculare*, *Potentilla anserina*, on Eestis pärismaised, sest nad esinevad ka loomulikus vegetatsioonis mere-rannal¹⁾. Põllukultuur lõi neile ainult eriti soodsad võimalused (apofüüdid!) uute kasvukohtade vallutamiseks.

II. Eesti flora analüüsi tulemusi. Eesti taime-geograafiline liigestus.

Eesti flora analüüsil on arvestatud 909 sooneostaime ja õistaime liiki. Kuigi meie pärismaises flooras on peale nende liikide veel konstateeritud 64 liiki, on need esialgu kõrvale jäetud, sest andmed nende leviku üle maailmas on alles õige puudulikud.

Analüüsi tulemused ilmnevad järgmisest tabelist:

	Liikide arv	%
Arktiline ja arктоalpiinne element	18	1,9
Euraasia-boreoameerika element	240	24,7
Euraasia element	247	25,4
Eurosiberi element	60	6,2
Euroopa element	229	23,5
Euroopa montaanne element	9	0,9
Atlantiline element	13	1,3
Pontiline ja pontosarmaatiline element (Euroopa, Eurosiberi, Euraasia)	27	2,8
Mediterraanne element	5	0,5
Boreotroopiline element (kosmopoliidid)	61	6,3
? areaaliga	64 ²⁾	6,5
Kokku 973		

Üksikute flooraelementide käsitlel esitatud materjalist selgub, et Eestis on taimeliikide levimine küllaltki mitmekesine. On rida liike, mis omased ainult Lääne-Eestile, teised Ida-Eestile või jälle Põhja-Eestile jne. Ühenduses sellega on huvitav selgitada, milline on tervete üksikute flooraelementide, nagu mediterraanse, atlantilise, pontilise, pontosarmaatilise levik Eestis. Võib oletada, et siin vahest ilmnevad liikidel, mis kuuluvad samasse flooraelementi, ka teatavad sugulusjooned nende geograafilises esinemises.

¹⁾ Selle vastu näib *Lemna gibba* Eestis olevat antropohoorne (vt. Lippmaa, 1932).

²⁾ Enamikus *Taraxacum*'i ja *Hieracium*'i pisiliigid. Paljud neist kuuluvad euroopa flooraelementi.

Enamik boreotroopilisi, euroopa, eurosiberi, euraasia, euraasia-boreoameerika liike pakub sellest seisukohast vähe huvi, sest nad esinevad üle terve Eesti, kuigi mõnel juhul ebaühtlaselt (vt. joon. 81!). Teisiti on see eespoolkäsiteldud mediterraanse, atlantilise, pontilise ja pontosarmaatilise elemendiga.

Peatume viimaseil lähemalt.

1) Mediterraanne flooraelement. Nagu eespool selgitatud, kuuluvad meil siia *Isatis tinctoria*, *Hutchinsia petraea*, *Geranium lucidum*, *Eryngium maritimum* ja *Saxifraga tridactylites*. Kui kanda kaartidele nimetatud liikide leiukohad (joon. 18, 23, 24, 39, 65), siis selgub, et märgid on koondunud meie saarte alale ja Lääne- (Loode-) Eestile, neid on ka põhjarannikul. Ainult *Saxifraga tridactylites* esineb peale selle ka Pandivere ja Irboska valdkonnas. Kesk-Eestis puudub mediterraanne flooraelement täielikult, — asjaolu, mis on tähtis Eesti geobotaanilise jaotuse põhjendamisel.

2) Atlantiline flooraelement. Siia kuuluvad: *Lycopodium inundatum*, *Taxus baccata*, *Carex arenaria*, *Rhynchospora fusca*, *Juncus supinus*, *J. squarrosus*, *J. subnodulosus*, *Weingaertneria canescens*, *Drosera intermedia*, *Radiola linoides*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Litorella uniflora* ja *Myrica gale*¹⁾. Nagu juba eespool selgitatud, kuuluvad nimetatud liigid n.n. pseudoatlantiliste hulka, kuna tõelisi atlantilisi liike meil ei leidu. Pseudoatlantilistest liikidest on eriti suure levikuga *Lycopodium inundatum*. Et tema idapiir on väljaspool Eestit, jätame selle liigi kõrvale samal põhjusel nagu teisedki liigid, mis ei oma piire Eesti territooriumil. Atlantilise flooraelemendi levimise üldpilt (joon. 5, 6, 8, 10, 11, 12, 13, 17, 27, 43 ja 50) on mediterraanse elemendi levimisega Eestis küllalt sarnane. Erinevus seisab peamiselt järgmises: a) atlantiline element ulatub üldiselt märksa kaugemale itta, kuigi on koondunud samuti saartele ja Lääne-Eestisse. Rida eelposte ulatub koguni Ida-Eestisse. b) Paljud atlantilised liigid esinevad ainult saarte lääneosas. Nad põhjustavad ligikaudu N-S suunas käiva geobotaanilise piiri, mis läbib Hiiu- ning Saaremaad.

Kui arvesse võtame mediterraanse ja atlantilise elemendi areaali iseloomu Eestis, võime tuletada ka vastavate liikide siserändamise teed. On väljaspool kahtlust, et meil on siin tege-

¹⁾ Meil lähenevad ka boreo-troopilised *Schoenus nigricans* ja *Cladium mariscus* oma leviku iseloomult atlantilisele (pseudoatlantilisele) flooraelemendile.

mist läänest ja edelast tulnud liikidega. Kuigi rännakuteed võisid üksikasjus erineda, on üldsuunad kõigil nimetatud elementide hulka kuuluvatel liikidel samad.

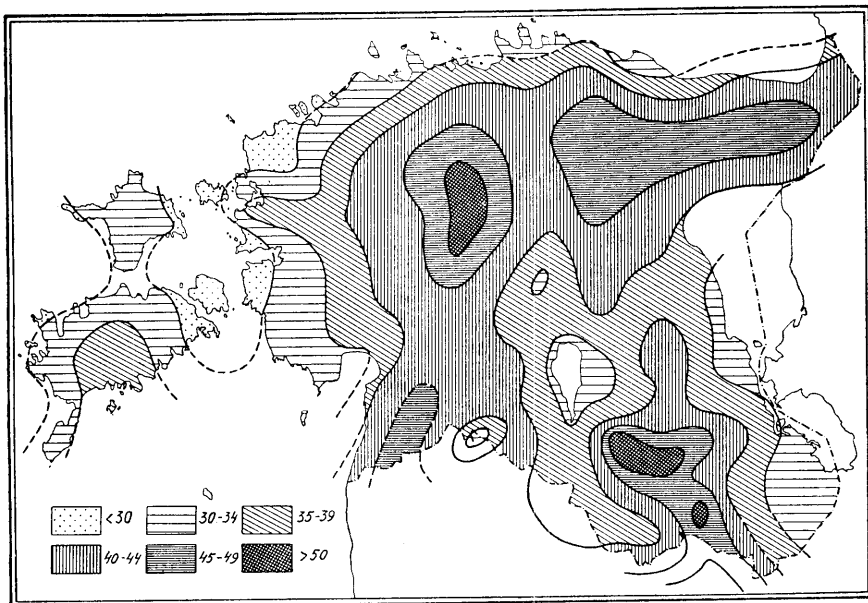
Hoopis teisiti on see järgnevate flooraelementidega.

3) Pontiline flooraelement on meil esindatud järgmiste liikidega: *Vicia cassubica*, *Silene chlorantha*, *S. viscosa*, *Viola pumila*, *Oxytropis pilosa*, *Arenaria graminifolia*. Siia võib arvata ka *Scutellaria hastifolia*'t. Et aga selle liigi levimist on palju soodustanud rändlinnud, mille tagajärjel tema praegune levimisareaal erineb iseloomult pontilise elemendi areaalist, jätame selle liigi kõrvale. Nagu näha joon. 20, 21, 35, 63, 74 ja 76, ilmneb Eestis leiduvatel pontilistel liikidel peamiselt kaks rändamisteed: ühed on tulnud edelast üle Läänemere saarte Saaremaale, teised on tulnud kagust. Väga iseloomulik on igatahes asjaolu, et pontiline element puudub täielikult Kesk-Eestis.

Üldjoontes eelmisega sarnane on pontosarmaatilise (4) elemendi levimine. Siia kuuluvatest liikidest esinevad enam-vähem terves Eestis, kuigi väga muutliku sageduse ja ohtrusega, *Thalictrum angustifolium*, *Viola uliginosa*, *Veronica spicata*. Teiste liikide (*Koeleria glauca*, *Sempervivum soboliferum*, *Evonymus verrucosa*, *Asperula tinctoria*, *Silene tatarica*, *Cynanchum vincetoxicum*, *Helichrysum arenarium*, *Ononis hircina*, *Phleum Boehmeri*, *Anemone silvestris*, *Seseli libanotis*, *Senecio integrifolius* ja *Medicago falcata*) levimist selgitavad joonised 14, 16, 42, 56, 57, 58, 59, 64, 66, 67, 75, 77 ja 78.

Ka siit leiame nii siis liikisid, mis on tunginud meie territooriumile läänest, kui ka niisuguseid, mis on tulnud kagust (*Silene tatarica*, *Sempervivum soboliferum*, *Gypsophila fastigiata*, *Helichrysum arenarium*). Pole võimatu, et mõni siia kuuluvatest liikidest tungis Eestisse koguni kahelt poolt — idast ja läänest (võib-olla *Koeleria glauca* näit.). Siin on ka huvitav märkida, et Ülemiste järvest läänes ja edelas Nõmme ümbruses (Tallinna läh.) on liiva-ala, mida iseloomustab mitme pontosarmaatilise elemendi esinemine (*Koeleria glauca*, *Gypsophila fastigiata* jt.) Ka leidub siin *Achillea cartilaginea*'t, *Scolochloa festucacea*'t (esimene euraasia elem., teine euraasia-boreoameerika elem.); nime tatud liigid esinevad Eestis peamiselt maa idaosas.

Esile tõsta tuleks lõpuks alad, milles pontosarmaatiline element on tähtsusetu. Need oleksid: (1) n.n. Vahe-Eesti



Joon. 3. Eesti humiidsusekaart A. Ohu järgi. Arvud vastavad E. de Martonne'i „indice d'aridité“ pöördväärtustele ning on saadud valemi abil:

$$\frac{\text{aastane sademete hulk}}{\text{aast. keskm. temperatuur} + 10}$$

H. Hesselmani järgi on alad, milles humiidsusearv ei ületa 30, subariidsed, 30 kuni 34 — kontinentaalsed, 35 kuni 39 — üleminekualad, 40 kuni 49 — subhumiidsed ning üle 50 — humiidsed. Subariidsetele aladele on Hesselmani järgi iseloomulikud stepitaimed ja alvartaimed, pruunmuld, nõrk kuni puuduv leetumine; kontinentaalsetel aladel on samuti leetumine nõrk, vegetatsioon on tähtsad mitmed kontinentaalsed liigid. Subhumiidsetele, eriti aga humiidsetele aladele on iseloomulik tugev leetumine (Hesselman, 1932).

Pontiliste ja pontosarmaatiliste liikide levimine Eestis on kõnesoleva kaardiga heas kooskõlas (vd. joonistega 16, 20, 21, 35, 42, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 66, 67, 68, 74, 76, 77).

eriti selle lõunaosa — Granö „Soomaa“, Lahkme-Eesti, Peipsiäärne madalik ja Alutaguse madalamad, soised osad.

Neist alustest lähtudes saame järgmise Eesti territooriumi geobotaanilise liigestuse:

I. Saarte ja ranniku piirkond (*Districtus litoralis*)

1. Saarte valdkond (*Estonia maritima insularis*)

1a. Lääneranniku ja saarte lääne-alavaldkond

(*Estonia maritima occidentalis*)

(Emoc.)

- 1b. Lääneranniku ja saarte ida-alavaldkond
(*Estonia maritima orientalis*) (Emor.)
2. Ranniku valdkond (*Estonia litoralis*)
- 2a. Põhjaranniku alavaldkond (*Estonia maritima borealis*) (Emb.)
- 2b. Häädemeeste alavaldkond (*Litorale heade-meesteense*) (Lh.)

II. Siluuri piirkond (*Districtus siluricus*)

1. Loode-Eesti valdkond (*Estonia inferior*) (Einf.)
2. Pandivere valdkond (*Estonia superior*) (Esup.)
3. Paekalda alavaldkond (*Estonia clivosa*) (Ecl.)

III. Subsiluuri piirkond (*Districtus subsiluricus*)

1. Vahe-Eesti valdkond (*Estonia intermedia*) (Eint.)
2. Alutaguse valdkond (*Alutagia*) (Alt.)
3. Lahkme-Eesti valdkond (*Estonia media*) (Emed.)

IV. Devooni piirkond (*Districtus devonicus*)

1. Kagu-Eesti valdkond (*Estonia orientalis*) (Eor.)
2. Irboska valdkond (*Estonia sarmatica*) (Esar.)

1925. a. andis Kupffer Baltimaade taimegeograafilise liigestuse, mis Eesti osas on järgmine:

I. Subdistrictus insularis:

Insula Osilia
Insula Mona
Insula Dagö
Insula Worms
Estonia maritima

II. Subdistrictus siluricus:

Estonia inferior
Estonia superior
Allentakia

III. Subdistrictus devonicus:

Livonia litoralis (osalt)

Regio fellinensis

Regio dorpatensis.

Selle jaotuse Subdistrictus insularis vastab autori saarte-valdkonnale (Kupffer'i Estonia maritima on sellesse valdkonda kuuluv Eesti mandri osa). Kupffer'i Subdistrictus siluricus haarab osalt ka autori Vahe-Eestit ja Lahkme-Eestit, kuna piiriks Kupffer'i Subdistrictus devonicus'e ja Subdistrictus siluricus'e vahel on puht-geoloogiline piir (siluuri ja devooni lademetes piir). Tuleb esile tõsta asjaolu, et see piir ei ilmne taimkattes, sest siluuri lademetes ala lõunaosa on meil võrdlemisi tüseda moreenkatte all. Et moreen on siin lubjarikas, siis esineb tegelikult kaltsiifiline taimkate tunduvalt kaugemal lõuna pool, ulatudes sügavalt Kupffer'i devooni alapiirkonda. Piiriks Estonia inferior'i ja Estonia superior'i vahel arvas Kupffer maksimumaalse meretransgressiooni piiri. Selle piiri kulgemist on selgitanud peamiselt hilisemad, peale 1925. a. korraldatud uurimised; see piir on osutunud teissuguseks, kui see on antud Kupffer'i teoses. Seal eraldatud Allentakia on ulatuselt suurem kui autori Alutagia, sest et esimesesse on arvatud ka Soome lahe ja Peipsi vahelise territooriumi kõrgem põhjapoolne ala, mis ei erine milleski Pandivere valdkonna teistest osadest. Piir Regio fellinensis'e ja Regio dorpatensis'e vahel käib Kupffer'il enam-vähem põhjast lõunasse üle Võrtsjärve. See piir lahutab Pärnu jõe vesikonna Emajõe vesikonnast. Geobotaaniliselt ei saa seda piiri põhjendada, sest et Viljandi ja Torma-Laiuse vooremaade taimkate on kahtlemata lahutamatu seotud teineteisega. Irboska valdkond on väljaspool Kupffer'i Districtus balticus orientalis't.

Vaatamata õige ulatuslikele lahkuminekuile üksikasjades omab käesolevas töös antud liigestus ja Kupffer'i taimegeograafiline liigestus (mis osalt baseerub Schmidt'i jaotusel) kahtlemata ka ühiseid jooni.

Lõpuks tuleks peatuda Eesti territooriumi kuuluvusel Euroopa geobotaanilise liigestuse seisukohalt. Kui lähtuda Hayek'ist (Hayek, 1926), kuulub Eesti Euraasia metsaprovinci Kirde-Euroopa tamme-ringkonda [vt. ka Lippmaa ja Eichwald 1933 ja Lippmaa 1932 (Eesti Entsüklopeedias)].

See suur ringkond koosneb mitmest piirkonnast. Kupffer'i järgi kuulub Eesti Ida-Balti piirkonda (*Districtus balticus orientalis*). Tekib küsimus, kuivõrt on õigustatud sellise piirkonna püstitamine. Arvesse võttes neid suuri floristilisi lahkuminekuid, mis ölemas Lääne- ja Ida-Eesti vahel, tohiks olla kindel, et Eesti territooriumil käib enam-vähem põhja-lõuna suunas meie tähtsaim taimegeograafiline piir. See piir on antud võrdlemisi täpselt Braun-Blanquet Euroopa geobotaanilise liigestuse kaardil (Braun-Blanquet, 1932), mille põhjal Lääne-Eesti kuulub geobotaaniliselt Kesk-Euroopa provintsi, Kesk- ja Ida-Eesti aga Ida-Euroopa (Kesk-Vene) provintsi¹⁾. Piiriks on siin Vahe-Eesti, mida tuleks, arvesse võttes tema rabade iseloomu ja atlantilise elemendi esinemist valdkonna lõunaosas, arvata samuti Kesk-Euroopa provintsi. Siia kuuluksid ka Põhjaranniku valdkond, samuti paekalda alavaldkond²⁾.

Niihästi Kesk-Euroopa provintsi kuuluvas osas kui ka Ida-Euroopa provintsis tuleb eraldada rida piirkondi. Meie alal on esimeses: saarte ja ranniku piirkond³⁾, siluuri läänepiirkond ja subsiluuri läänepiirkond, teises: siluuri idapiirkond, subsiluuri idapiirkond ja devooni piirkond.

Nende Kesk-Euroopa ja Ida-Euroopa provintside piirkondade piirid asuvad osalt väljaspool Eestit ning vajavad selgitamist.

¹⁾ Braun-Blanquet ja Hayek'i provintsid on ulatuselt õige erinevad. Hayek'i Eurosiberi metsaprovintis ulatub pidevalt Irimaalt Kamtsatkani. Selle suure maa-ala Euroopa osas eraldab Braun-Blanquet järgmisi provintse: Atlantiline prov., Kesk-Euroopa prov., Kesk-Vene prov., Tsirkumpolaarne prov. (osalt).

²⁾ Ka Walter'i (1927) antud kaardil kuulub samuti Lääne-Eesti Kesk-Euroopa provintsi („das mitteleuropäisch-baltische Gebiet“) ning Ida-Eesti Kesk-Vene provintsi („das mittelrussische Gebiet“). Walter'i antud piir vajab siiski Eesti osas parandusi, sest Lõuna-Eestis asub ta liiga idas, Põhja-Eestis aga liiga läänes.

³⁾ Siin peab esialgu jääma lahtiseks küsimus, kuivõrt on õigustatud nimetus „piirkond“ ning kas nimetus „allpiirkond“ poleks õigem kõnesolevate ühikute puhul. Mitmesugustel kaalutlustel on käesolevas töös eelistatud nimetust piirkond.

III. Saarte ja raanniku piirkond (*Districtus litoralis*).

1. Saarte valdkond (*Estonia maritima insularis*).

[Lääneranniku ja saarte lääne-alavaldkond (*Estonia maritima occidentalis*) ja Lääneranniku ja saarte ida-alavaldkond (*Estonia maritima orientalis*)].

Kõnesoleva valdkonna idapiiriks on joon, mis alates Paldiskist läbib Loode-Eestit üle Risti — Lääne-Nigula — Ermistu j. kuni Pärnu laheni. Sel kohati võrdlemisi tihedalt asustatud alal on vegetatsioon üldjoontes muidugi enam-vähem sama mis mujalgi Eestis: leidub okas- ja lehtmetsi, puisniite, niite, rabasid, soid jne. Kuid lähem analüüs näitab peaaegu igas nimetatud vegetatsioonitüübis huvitavaid erinevusi võrreldes Eesti mandriosaga. Pealegi seltsivad nimetatuga veel teised vegetatsioonitüübid, mis näit. Lõuna-Eestis täielikult puuduvad: 1) mereäärsed halofüütide ühingud, 2) loopealsed, 3) lubjarikkad sood ja puisniidud.

Mainitud erinevuste põhjusi on mitu. Ala geograafilise asendi tõttu on kliima eriti selle lääneosas selgelt maritiimne. Iseloomulik on võrreldes sisemaaga suhteliselt soe talv ning sügis ja jahe kevad.

Temperatuur (60 a. keskmised¹⁾):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vilsandi	−2.1	−3.1	−1.8	3.1	8.0	13.0	16.5	15.7	12.5	7.3	3.1	−0.6	6.0
Sõrve	−2.5	−3.3	−1.9	2.4	7.8	13.1	16.4	15.6	12.7	7.7	3.1	−0.3	5.9
Tartu	−6.5	−6.6	−3.3	3.6	10.0	14.8	17.0	15.0	10.5	4.9	−0.5	−4.9	4.5

Sademed:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vilsandi	27.1	22.5	26.6	31.4	30.1	37.8	46.0	68.2	52.7	53.1	46.4	38.8	480.7
Sõrve	32.8	30.9	31.1	29.2	32.2	41.6	50.5	74.3	57.0	48.3	52.6	46.0	526.5
Kuressaare	33.9	25.4	27.4	33.9	41.6	46.8	62.0	91.2	59.9	59.3	58.0	49.0	588.4
Tartu	36	30	27	30	47	61	84	78	56	49	46	44	588

Keskmine relatiivne õhuniiskus:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Vilsandi	88	87	87	86	83	84	82	83	83	82	86	88	85
Tartu	90	88	84	76	68	67	73	79	83	87	90	91	81

¹⁾ Käesolevas töös sademete hulga ja temperatuuri kohta toodud arvud põhjenevad üldiselt S r e s n e w s k y (1913) andmeil. Mitmed tabelid on võetud ka prof. F r i s c h'i vastavatest kirjutistest koguteoses „Eesti“ (k. I—VI).

Sademetes hulk kõigub 480 ja 600 mm vahel (Muhu saarel sademeid veel vähem!). Need koguarvud on harilikud ka Lääne-Eestis, samuti Peipsi lähedastel aladel. Iseloomulik on suhteline sademete vähesus suvel. Õhuniiskuse võrdlus näitab selgesti, et kevadel ja suvel — tähtsatel vegetatsiooniarinemiskuudel — on õhu relatiivne niiskus saaril palju suurem kui sisemaal.

Kliimaatiliste teguritega seltsivad saarte valdkonnas mitte vähem karakterised edaafilised mõjurid. Mererannal on soolase vee mõjul olemas eluvõimalusi paljudele enam-vähem halo-fiilsetele liikidele. Mereveest sageli üleujutatud kaljupinnal võib mitmel pool (näit. Vaika saartel Vilsandi läh.) näha hästi arenenud musta *Verrucaria maura* kihti, millele kõrgemal järgneb sageli kollane *Caloplaca murorum*, siis samuti kollane koprofiilne *Xanthoria parietina*. Kaljuõnarusis kasvavad *Puccinellia distans*, *Sagina maritima*, *Cochlearia danica*, *Juncus Gerardi*, *Pottia Heimii*, *Zygodon viridissimus* (viimane Vaika saartel ja Vilsandi s.) jt. Mujal soolase vee mõjupiirkonnas esineb mitmesugune vegetatsioon, olenedes maapinna iseärasusist. Lubjarikkal, murenenud kaljupinnal otse merekaldal on *Aster tripolium*'i kogumikud harilikud. Vähe kõrgemal, adrudega väetatud paeklibusel rannal või aga kõdunevatel adruvallidel arenevad *Isatis tinctoria*, *Crambe maritima* (joon. 87), *Cakile maritima*, *Eryngium maritimum* (harva), *Lepidium latifolium*, *Erysimum hieraciifolium*, *Atriplex litorale*, *A. hastatum*, *A. prostratum*, *A. calotheca*, *A. praecox*, *Melilotus altissimus* jt. Kohtadel, kus maapinna läheduses leidub savikas aluspind, esineb enam-vähem igal pool rannikul. kus tingimused selleks soodsad, maa poole *Scirpus Tabernaemontani*, *S. maritimus*'e ja *Phragmites communis*'e kogumikest, halo-fiilseid tuderloa niitusid valitseva *Juncus Gerardi*'ga. Neil niitudel on *Plantago maritima*, *Triglochin maritima*, *Centaurium erythraea*, *C. pulchellum*, *Gentiana uliginosa*, *Odontites litoralis*, *Scirpus uniglumis* üsna harilikud; kohati leidub ka *Puccinellia distans*'i, *P. retroflexa*'t (Kupffer, 1927, Eklund, 1928). Kõrgemal järgneb *Festuca rubra* niit, milles küllalt sageli koos mõningate halofüütidega leidub massiliselt *Ophioglossum vulgatum*'it (Lippmaa, 1932; 1934; 1935). Neil niitudel kasvavad ka *Taraxacum palustre*, *T. balticum* jt. Selles kõrgusastmes ja osalt kõrgemalgi leidub kohati *Carex extensa*'t, *C. distans*'i ja *Trifolium fragiferum*'i. Liivasel pinnal pealpool merevee mõjupiirkonda on *Thymus serpyllum* — *Galium verum*'i ühing (Pastak, 1934) sage.

Niisketel kohtadel leidub suprasaliinses vöötmes sageli erilist *Carex dioeca*¹⁾ rikast niitu, mis on saarte ja Lääneranniku valdkonnas küllalt harilik. Iseloomulik on ka *Calliergon turgescens*'i sage ning rohke esinemine. Kus savise aluspõhjaga kohtadel on lohud, mis kõrge veeseisu puhul on üle ujutatud, madala seisu puhul merest aga eraldatud, ning kus siis vee ära aurates maapind kattub valkja, selgelt soolase kamaraga, seal on tingimused halofüütidele eriti soodsad. Neil kohtadel areneb iseloomulik kääbustaimist koosnev avaühing: *Salicornia* * *patula* üh. ja selle *Suaeda* * *filiformis*'e ja *Obione pedunculata* teisendid. Neid kogumikke ümbritseb sageli *Puccinellia maritima* vööde, mis on antötsüaniinirikas, nagu *Salicornia* ja *Suaeda*'gi. Ka leidub enam-vähem soolasel pinnal mererannal (joon. 88) *Artemisia maritima*'t (Lääne-Saaremaal) ja *A. rupestris*'t (viimane liik ei kuulu õieti halofüütide hulka, sest et ta ohtralt esineb pealpool soolase merevee mõjupiirkonda). Veel tuleks nimetada mererannal *Alopecurus ventricosus*'e ja *Honckenya peploides*'e kogumikke. Luiteil on *Elymus arenarius* harilik, harvemini leidub *Ammophila arenaria*'t [näit. Saaremaal Harrilaiul (E. Pastak), Saaremaa Suure katla rannikul (Schmidt), Hiiumaal, Häädemeeste rannikul], väga harva *Agropyron junceum*'i (Hiiumaal ja Saaremaal). Merevees, kalda lähedal on *Chara* liikide, *Zostera marina* ja *Zannichellia-Ruppia* kogumikke (mudase aluspõhjaga kohtadel), kohati (osalt ulatuslikke, näit. Hiiumaa kaguosas) *Scirpus parvulus*'e kogumikke. *Fucus vesiculosus* on meres väga harilik (kivise või kaljuse aluspõhjaga kohtadel ranniku läheduses), harva leidub ka *Najas marina*'t.

Kuigi mereäärne halofüütide vegetatsioon esineb veel nii Põhjaranniku kui ka Häädemeeste alavaldkonnas, ei küüni ta seal siiski kunagi sellise mitmekesisuseni kui Saarte valdkonnas.

Teine tähtis edaafiline tegur on ala lubjarikkus. Selle teguri mõju ilmneb väga mitmesuguses vegetatsioonis:

1) Lopsakad lehtmetsad, nagu neid leidub näit. Abruka saarel, Sõrves, Puhtulaiul ja mujal, kus puurinde moodustajaiks on tamm, pärn (joon. 92), jalakas, vaher jt., olenevad enam-vähem neutraalsest metsahuumusest, mille tekkimine meie laiuskraadi all on võimalik vaid küllalt lubjarikkal aluspinnal. Seesugused metsad vastavad oma iseloomult mitmeti Lääne-Euroopa *Fagus*

¹⁾ Mujal Eestis esineb see liik soorabadel, soistel puisniitudel jne.

silvatica metsadele, kuigi nimetatud puuliik Eestis metsikult ei esine. Puud ulatuvad osalt üle 30 m, koguni *Corylus avellana* võib kasvada sobivail kohil 20 m kõrguseks puuks, samuti *Sorbus aucuparia*, *Salix caprea* jt. Rohurindes kasvavad sageli hulgi *Asperula odorata*, *Sanicula europaea*, *Mercurialis perennis*, *Dentaria bulbifera*, *Allium ursinum*, *Bromus Beneckenii*, *Brachypodium silvaticum*, *Agropyron caninum*, *Poa nemoralis*, *P. remota* (Abruka saar) jne., lagendikel metsas *Hypericum hirsutum*, *Satureja vulgaris*, *Lithospermum officinale* jt. (Lippmaa, 1935). Kuigi nii rikkaliku taimkattega metsad on saarilgi küllalt haruldased, esineb sagedasti segametsi, kus muude puude hulgas võib kohata ikka jälle tamme. Ka leidub Saarte valdkonnas osalt metsades, osalt puisniitudel ja metsaservadel tunduvalt rohkem põõsaliike kui Kesk-Eestis. Juurde tulevad: *Crataegus curvisepala*, *C. monogyna*, *C. Palmstruchii* (Abruka s. ja Kuressaare ümbr. Kupffer'i järgi), *Cornus sanguinea*, *Cotoneaster integerrima*, *Prunus spinosa* (harva), *Rosa coriifolia*, *R. glauca*, *R. mollis*, *R. dumetorum* jt. Mitmed neist on võrdlemisi harilikud. Ka *Hedera helix*'i ja *Taxus baccata* (kuigi pillatult) esinemine annab saarte metsadele erilise ilme (joon. 94, 95).

Tavalised on saartel siiski metsad, milles valitsevateks puuliikideks on kas kuusk või mänd ja kus taimkate on võrratult vaesem. Need kuusemetsad ja kuuse-segametsad sageli vaevalt eriti erinevad Eesti mandriosa vastavatest metsadest, kuid männimetsad seevastu on mitmekesisemad kui mandriosas, mis tohiks olla ühenduses asjaoluga, et paljud saarte rannäärased osad on suhteliselt noored. Selle tõsiasjaga on seletatav männi esinemine aluspinnal, kus ta küllalt vanas vegetatsioonis vaevalt võib esineda ning kus ta pikapeale peaks taganema kuuse-segametsa ees: arvatud on savikaid mullaliike (sageli pealegi lubjarikkaid) ning rühkmuldasid ja loodusid, sest valgustarmastava puuna on mänd kuuse eelkäijaks metsavegetatsiooni kujunemiskäigul (joon. 89). Eichwald'i andmeil leidub paeklibust koosnevail randvalla Saaremaa lääneosas kohati männimetsi, kus alustaimkond on kirju ja laiguline: *Sesleria * uliginosa*, *Melica nutans*, *Carex diversicolor*, *C. digitata*, *Ranunculus polyanthemus*, *Asperula tinctoria*, *Galium mollugo*, *Filipendula hexapetala* ja mitmed teised liigid kasvavad seal, nendega koos ka *Helleborine atropurpurea*, *Neottia nidus avis*. Sammalkattes on peale *Pleurozium Schreberi*, *Hylocomium proliferum*'i tähtsad ka

Ptilidium crista castrensis ja *Rhytidiadelphus triquetrus*. Savisel või savikal pinnasel männimetsades kasvab sageli massiliselt kadakat. Osalt leidub neis metsades eespool-nimetatud liike, osalt aga ka teisi, nagu *Tetragonolobus siliquosus*, *Veronica spicata*, *Cirsium acaule*, *Ophrys muscifera*, *Fragaria vesca*, *Potentilla erecta*, *Hepatica triloba*, *Ramischia secunda*. Alusmetsas kasvavad peale kadaka veel sarapuu, pooppuu, harilik kusalpuu jt. Huvitavad on ka männikud loo-aladel. Eichwald (1932) nimetab neid paepealseteks männimetsadeks. Puud on neis metsades kasvult jändrikud, küündides raievanuses vaevalt 10 meetrini. Karjatamise tagajärjel on seesuguste männimetsade taimkate küllalt sarnane kadastikkude taimkattega. Paepealsed metsad esinevad Saaremaa läänerrannikul Tagamõisa ja Papisaare poolsaarel, Atla, Karala ja Pilguse ümbruses kui ka mujal.

Et männimetsades on valgust suhteliselt palju, siis leidub eespool-kirjeldatud savikal ja lubjarikkal pinnasel seisvates metsades palju niidutaimi. On väga iseloomulik, et tõelised metsataimed siin on enamuses kuusemetsa ja kuuse-segametsa liigid (see on maksev nii rohurinde kui ka samblarinde kohta, kus sageli on tähtis *Rhytidiadelphus triquetrus*, kohati ka *Scleropodium purum*, näit. männimetsas Vilsandi saarel).

Tunduvalt erinevad vastavatest metsadest mandriosas saarte lodumetsad, sest neis puuduvad mitmed Eesti lodumetsadele iseloomulikud liigid nagu *Carex tenella*, *C. loliacea* (vrd. lk. 52), *Cinna latifolia* jt. Siiski on ka saaril neis metsades valitsevateks puuliikideks sanglepp, saar, sookask, kohati ka kuusk. Eespool-nimetatud tarnu asetab näit. Abruksa saarel *Carex remota*. Teistest saarte lodumetsade liikidest tuleks mainida järgmisi: *Crepis paludosa*, *Filipendula ulmaria*, *Mentha aquatica*, *Scutellaria galericulata*, *Carex silvatica*, *Orchis maculatus*, *Helleborine latifolia*, *Aspidium thelypteris* (joon. 93), *Solanum dulcamara*, *Galium palustre* jt. Sammaldest on peale *Acrocladium cuspidatum*'i, *Fissidens adiantoides*'e, *Calliargon cordifolium*'i iseloomulikud ka *Amblystegium riparium* ja *Drepanocladus aduncus*, eriti aga *Mnium hornum*, mis on siin väga harilik, samuti *Leucobryum glaucum* ja *Aulacomnium androgynum*.

Inimestegevuse tagajärjel on eespool-kirjeldatud metsad rängalt kannatanud (karjatamine!). Suur osa endisest metsamaast on muudetud põlluks, on ka metsast tekkinud kadarikud ning sarapikud, mida kasutatakse karjamaana, samuti puisniidud.

Viimastel lähemalt peatudes tuleb esile tõsta kahe väga erineva põhitüübi esinemist (Thomson, 1924: „aruheinamaad“ ja „pajuheinamaad“). Siin tuleks tähelepanu juhtida asjaolule, et aruheinamaad on geneetiliselt seoses kahtlemata leht- või kuuse-segametsadega, kuna pajuheinamaad on tekkinud kase või sanglepa lodumetsadest, nagu autoril võimalik oli kindlaks teha mitmel pool Eestis.

Nimelt varjavad kuivad puisniidud (joon. 103), mis on tekkinud lehtmetsadest või kuuse-segametsadest, põõsaste ja puude varjus enam-vähem kõiki sinilille-kopsurohu ühingu liike, nagu *Hepatica triloba*, *Melica nutans*, *Majanthemum bifolium*, *Mercurialis perennis*, *Viola mirabilis*, *Carex contigua*, *C. Pairaei* jne. (Lippmaa, 1931). Ka hulk metsasamblaid püsib siin, nagu *Rhytidiadelphus triquetrus*, *Hylocomium proliferum*, *Eurhynchium striatum*, *Mnium undulatum* jt. Kividel on *Antitrichia curtipendula* ja *Lophozia barbata* küllalt sagedad. Vahepealseis lagedais laikudes on metsa taimkatte asemele kujunenud niit, kus tähtsad on suuremate või vähemate laikudena keerulises mosaiigis *Sesleria* uliginosa* — *Filipendula hexapetala* ühing, *Scorzonera humilis* — *Melampyrum nemorosum*'i ühing ja selle teisendid (*Primula officinalis*'e teisend, *Orchis masculus*'e teisend) jt. Esineb rida enam-vähem lubjalembesi liike, nagu *Filipendula hexapetala*, *Selinum carvifolia*, *Cnidium venosum*, *Sesleria* uliginosa*, *Carex diversicolor*, *C. capillaris*, *C. pulicaris*, *C. montana* jt. Nendega seltsivad tavalised liigid, nagu *Briza media*, *Chrysanthemum leucanthemum*, *Campanula patula*, *Alectorolophus minor*, *A. major*. Ka käpaliste rohkus Saarte puisniitudel on sageli üllatav: *Orchis militaris*, *O. masculus*, *O. morio*, *O. ustulatus*¹⁾, *Anacamptis pyramidalis* (joon. 90), *Listera ovata*, *Platanthera bifolia*, *P. chlorantha*, *Cypripedium calceolus*, *Cephalanthera rubra*, *C. longifolia* jt.²⁾ Iseloomulikud on ka *Seseli libanotis*, *Laserpitium latifolium*, *Angelica archangelica* ssp. *litoralis* (harva), *Hierochloë australis*, *Hypericum hirsutum*, *Melampyrum cristatum*, *Allium scorodoprasum*, *A. carinatum* (harva!), *Ophioglossum vulgatum* jt. Puuliikidest on neile kuivadele puisniitudele eriti iseloomulik

¹⁾ Karala läheduses kasvas ka *Orchis sambucinus*, kuid on sel leiukohal nähtavasti täielikult hävinud (Eichwald, 1932).

²⁾ Ka meie *Orobanche*-liigid (*O. major*, *O. libanotidis* ja *O. pallidiflora*) esinevad Saarte valdkonnas. *O. major*'it ja *O. libanotidis*'t on leitud ka Loode-Eesti ja Pandivere valdkonnas.

tamm. Tammega seltsivad arukask, pärn, jalakas, kohati ka mänd, kuusk. Ka põõsasinne on sageli liikiderikas (vt. lk. 43).

Lodumetsadest tekkinud märgade puisniitude koosseis on eelmistest hoopis erinev. Puuliikidest valitseb harilikult sookask, millega seltsivad sanglepp ja saar; kohati on ülekaal sanglepal või saarel. Puud ja põõsad (peamiselt *Salix cinerea*, *S. nigricans*, *S. triandra*, *Rhamnus frangula*, *Viburnum opulus* jt.) kasvavad mättail.

Vahepealne niit on soine. Selles vahelduvad *Carex Goodeanowii* — *C. panicea* üh., *C. Davalliana* üh., *C. Hornschuchiana* üh., *Sesleria** *uliginosa* — *Primula farinosa* üh. laigud. Sageli leidub *Teucrium scordium* ssp. *palustre*t. Sammalkattes on eriti tähtsad *Drepanocladus intermedius*, *D. lycopodioides*, *Campylium stellatum* jt. Kevadel valitsevad siin kollased *Caltha palustris*'e laigud (joon. 101) või jälle on suured alad värvunud roosakaspunaseks hellerheina (*Primula farinosa*) õitest (joon. 100). Käpalisist esinevad peamiselt *Orchis incarnatus*, *O. maculatus*, *Gymnadenia conopsea*, *Helleborine palustris*, kohati ka *Ophrys muscifera*. Teistest liikidest tuleks nimetada *Carex Buxbaumii*t, *Tofieldia calyculata*t, *Polygonum viviparum*'i, *Schoenus ferrugineus*t, *Pinguicula vulgaris*t, *Euphorbia palustris*t jt.

Lubjarikkad sood on õige sagedad. Neis kasvab massiliselt *Schoenus ferrugineus*t, osalt ka *Schoenus nigricans*'i (harva) ja ka bastardi *S. ferrugineus* × *S. nigricans* on mitmel pool leitud. Neis *Schoenus*-sois on harilikud *Carex Davalliana*, *C. Hornschuchiana*, *Orchis incarnatus* (sagedasti var. *ochroleuca*), *Tofieldia calyculata* ja *Liparis Loeselii*. Sammaldest tuleks nimetada *Scorpidium scorpioides*t (esineb massiliselt) ja *Preissia commutata*t. Eriti huvitav on lubjarikaste alliksoode taimkate (näit. Kuusnõmme Bioloogiajaama läh., Viidumäe all ja Sõrve poolsaarel), sest seal leidub sageli hulgaliselt *Pinguicula alpina*t, kohati ka *Catoscopium nigratum*'i. *Juncus subnodulosus* moodustab kohati *Schoenus*'e liikidega koos suuri kogumikke. Hiljuti avastati *Schoenus*-soodes Saaremaal ka *Gymnadenia odoratissima* ja *Alectorolophus rumelicus* (Saarsoo, 1934). Samuti leidub mitmel pool ulatuslikke *Cladium mariscus*'e kogumikke.

Võib-olla veel suuremal määral kui eespool-nimetatud vegetatsioonil ilmneb lubja mõju n. n. loopealseil, sest nende kidur taimkate — nii iseloomulik Eesti madala põhjaga siluuri ja ordoviitsiumi aladele — koosneb kõigepaelt kaltsiifilsetest liiki-

dest. Et neid alasid, mis harilikult enam-vähem tihedalt kaetud kadakatega või kidurate sarapuupõõsastega, kasutatakse peamiselt karjamaadena, siis on siin muidugi eriti mõõtuandvad niisugused liigid, millele pole karjatamine hukatuslik. Eriti on *Cirsium acaule* hästi kaitstud. Ka madalakasvulised taimed, nagu *Thymus serpyllum*, *Helianthemum vulgare*, on küllalt võimelised kasvama seesuguseis tingimuses. (joon 96, 97). Nendega seltsivad *Poa compressa*, *Phleum Boehmeri*, *Sesleria* uliginosa* (V a g a, 1935), *Avena pubescens*, *A. pratensis*, *Sieglingia decumbens*, *Asperula tinctoria*, *Filipendula hexapetala*, *Trifolium montanum*, *Anthyllis vulneraria*, *Medicago lupulina*, *Pimpinella saxifraga*, *Veronica spicata*, *Linum catharticum*, *Carex verna*, *Luzula campestris*, *Festuca ovina*, *Plantago media*, *Plantago lanceolata*, *Potentilla arenaria* × *Tabernaemontani*, *P. Crantzii*, *Ranunculus bulbosus*, *Scabiosa columbaria*, jt. Ka rida iseloomulikke samblaliike ja samblikke (*Thuidium abietinum*, *Ditrichum flexicaule*, *Tortella tortuosa*, *Fissidens cristatus*, *Cetraria alvarensis*) kasvab loopealseil. Osalt on seesugune vegetatsioon primaarne — ranniku läheduses —, enamikus aga sekundaarne, tekkinud loopealsete männi- ja kuusemetsade hävitamise tagajärjel.

Kohil, kus maapinnale ulatuvad peaaegu paljad paeplaadid, leidub terofüüte, nagu *Saxifraga tridactylites*, *Androsace septentrionalis*, *Hutchinsia petraea*, *Arenaria serpyllifolia* ja paksulehelist, suve läbi punast, *Sedum album*'it. Paljal savikal või liivasel maapinnal (näit. „Silmade“ lähedal, Suurissoos endise järve põhjal) on *Braya supina* sage. Kaljupankade pragudes kasvab mitmel pool (näit. Vilsandil, Muhus jt.) *Cystopteris fragilis*, *Asplenium ruta muraria*, *A. trichomanes*, *Epilobium collinum* jt. Harva leidub ka *Draba muralis*'t (esineb Eestis ka väljaspool saarte ala).

Veetaimist on huvitav *Sium erectum*, mis esineb küll ka Eesti mandriosas, kuid on Saaremaal harilikum kui *Sium latifolium* (S p o h r). Ka umbrohtude-floora on Lääneranniku ja saarte alal küllalt omapärane. Seda põhjustab eriti niisuguste ilmekate liikide esinemine, nagu *Papaver argemone*, *P. dubium*, *P. rhoeas*, *Melampyrum arvense*, *Veronica hederæfolia*, *Anagallis arvensis*, *Valerianella olitoria*, *V. dentata* jt.

Saarte valdkond on Eestis liigirikkamaid. Juba Saaremaal üksi leidub ligi $\frac{4}{5}$ kogu Eesti õistaimist (Eichwald). Kui arvesse võtame eespool esiletõstetud asukohtade suurt mitmekesisust, siis on see asjaolu kõigiti arusaadav.

Kuid Saarte valdkonna iseloomustamisel pole tähtis mitte ainult taimkatte üldine iseloom ja liigiline rikkus, vaid geobotaanilise liigestamise seisukohalt vahest veel tähtsam on teatavate liikide esinemine ainult siin. Seesugused Eestis mujal puuduvad liigid on:

	Sa	Mu	Hi	Vo	Lä	G	Ö	R
<i>Ajuga pyramidalis</i>	+					+	+	+
<i>Alectorolophus rumelicus</i>	+							
<i>Alyssum montanum</i>	+							
<i>Anacamptis pyramidalis</i>	+					+	+	
<i>Artemisia maritima</i>	+	?				+	+	+
<i>Artemisia rupestris</i> ¹⁾	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Asparagus officinalis</i>	+	+				+	+	+
<i>Atriplex calotheca</i>	+		+		+		+	+
<i>Atriplex praecox</i>	+		+			+	+	+
<i>Bromus erectus</i> ¹⁾	+	+		+	+	+	+	+
<i>Cardamine hirsuta</i> ¹⁾	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Carex extensa</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cephalanthera longifolia</i> ¹⁾	+				+		+	+
<i>Cerastium glutinosum</i>	+		+	+		+	+	+
<i>Chaerophyllum temulum</i>	+					+	+	+
<i>Cochlearia danica</i>	+				+	+	+	+
<i>Crambe maritima</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Crataegus Palmstruchii</i>	+						+	+
<i>Eryngium maritimum</i>	+		+		+	+	+	+
<i>Geranium lucidum</i>	+		+		+	+	+	+
<i>Hedera helix</i>	+		+			+	+	+
<i>Hutchinsia petraea</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Hydrocotyle vulgaris</i>	+		+			+	+	+
<i>Hypericum montanum</i>	+					+	+	+
<i>Juncus subnodulosus</i>	+					+	+	+
<i>Juncus supinus</i>	+		+		+	+	+	+
<i>Litorea uniflora</i>	+					+	+	+
<i>Obione pedunculata</i>	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Orchis morio</i> ¹⁾	+	+	+		+	+	+	+
<i>Orchis sambucinus</i>	(+)					+	+	+
<i>Polygonum oxyspermum</i>	+		+				+	+
<i>Radiola linoides</i>			+				+	+
<i>Ranunculus nemorosus</i>	+						+	+
<i>Samolus Valerandi</i>	+		+			+	+	+
<i>Scabiosa columbaria</i>	+	+	+	?	?	+	+	+
<i>Schoenus nigricans</i> ¹⁾	+		+			+	+	+
<i>Sorbus salicifolia</i>	+					+	+	+
<i>Suaeda maritima</i>	+	+		+	+	+	+	+
<i>Taxus baccata</i>	+		+		+	+	+	+
<i>Tetragonolobus siliquosus</i>	+				+	+	+	+
<i>Vicia cassubica</i>	+					+	+	+
<i>Viola pumila</i>	+	+				+	+	+

¹⁾ Üks leiukoht Eestis väljaspool Saarte ja Lääneranniku valdkonda. Osa neist leiukohtadest vajab kontrollimist.

Nagu esitatud tabelist näha, leidub peaaegu kõiki liike, mis Eestis iseloomulikud kõnesolevale valdkonnale, ka Lõuna-Rootsis (R), samuti Ölandi (Ö) ja Gotlandi (G) saarel. See sugulus on õige kaugeleulatuv ja ilmneb mitte ainult liigilises koosseisus, vaid ka vegetatsiooni üldises iseloomus, nagu seda esile on tõstnud Schmidt (1855) ja Kupffer (1911, 1925). Arvesse võttes nimetatud Rootsi saarte geograafilist asendit, samuti nende geoloogilist struktuuri, on seesugune floorade sugulus täiesti arusaadav.

Tuleb esile tõsta, et need tulemused, mis saadud ala õis-
taimede ja kõrgemate eostaimede uurimisel, on heas kooskõlas ka
brüoloogiliste tööde saavutistega. Malta (1930) juhib tähelepanu
asjaolule, et Eesti saarte sammalde-floora läheneb kahtlemata
rohkem Ölandi ja Gotlandi saare floorale kui näit. Ahvena-
maa saarte omale. Lubjalembesed liigid, nagu *Ditrichum flexi-
caule*, *Barbula rigidula*, *Encalypta contorta*, *Anomodon longifolius*,
A. viticulosus, *Camptothecium lutescens*, *Ctenidium molluscum*, on
saaril väga harilikud. Ka on võrdlemisi sagedad *Distichium incli-
natum*, *Hymenostylium curvirostre*, *Encalypta rhabdocarpa*. Floris-
tiliselt tähtis on ka *Dicranum Mühlenbeckii*, *Calliergon turgescens*'i,
Leucobryum glaucum var. *albidum*'i, *Trichostomum crispulum*'i,
Tortella inclinata, *Grimmia Hartmannii* (rändrahnudel), *Catosco-
pium nigratum*'i, *Antitrichia curtipendula* esinemine saartel (neid
leidub enamikus siiski ka Lõode-Eestis). Saarte valdkonnale
iseloomulikkude liikidena võiks veel nimetada *Reboulia hemi-
sphaerica*'t (Muhu s. ja Vilsandi s.), *Frullania tamarisci*'t.

Väärib märkimist asjaolu, et paljud Eesti mandriosa liigid
puuduvad saaril. Seesuguste liikide hulka kuuluvad Kupffer'i
järgi: *Betula humilis**, *Centaurea phrygia*, *Chaerophyllum aromaticum*,
Gladiolus imbricatus, *Lamium maculatum*, *Phyteuma spicatum*,
Thalictrum angustifolium, *Nasturtium amphibium*, *Draba nemoralis*,
Chrysosplenium alternifolium, *Malachium aquaticum*, *Hottonia pa-
lustris** (joon. 33), *Saxifraga hirculus* (joon. 31), *Asarum europaeum**
(joon. 32), *Lonicera coerulea**, *Conioselinum Fischeri*, *Dracocephalum*
Ruyschiana (joon. 62), *Lathyrus pisiformis* (joon. 61), *Betula nana**,
Sanguisorba officinalis (joon. 46), *Saussurea alpina* (joon. 60),
*Symphytum officinale**, *Butomus umbellatus*, *Carex heleonastes* jt.¹⁾

¹⁾ Tähega märgitud liigid esinevad siiski üksikuil leiukohil lääneranniku
alal, mis kuulub kõnesolevasse valdkonda.

Nimetatud liikidest esinevad paljud Loode-Eestis, kuid enamik peatub Lääneranniku ja saarte ida-alavaldkonna idapiiril, mõned ületavad selle üksikutel leiukohtadel.

On väga tõenäone, et mitmed vastnimetatud liigid võiksid väga hästi kasvada Lääneranniku ja saarte alal. Nende puudumine on tingitud asjaolust, et neil pole olnud sobivat võimalust sisseerändamiseks.

Eespool-toodud andmed näitavad, et floristilised lahkuminekud Saarte valdkonna ja muu Eesti vahel on õige suured. Need floristilised lahkuminekud tingivadki tähtsa geobotaanilise piiri, millest läänes on Estonia maritima insularis ja idas — Estonia inferior (Loode-Eesti). Seda piiri võime pidada hästi põhjendatuks. Lähemalt uurides taimeliikide levimist Lääneranniku ja saarte alal selgub, et rida neist (paljud kuuluvad atlantilisse flooraelementi) on koondunud nimetatud ala lääneosasse. Nagu vastavatel joonistel näha, on seesugusteks liikideks järgmised: *Hedera helix* (joon. 4), *Taxus baccata* (joon. 5), *Juncus supinus* (joon. 11), *J. subnodulosus* (joon. 10), *Radiola linoides* (joon. 8), *Hydrocotyle vulgaris* (joon. 13), *Litorella uniflora* (joon. 6). Ka *Schoenus nigricans*'i leiukohad asuvad peamiselt siin (joon. 12), samuti *Polygonum oxyspermum*'i leiukohad (Samuelsson, 1931). Võib vaevalt kahelda selles, et see nähtus on põhjustatud kliimatilisist tegureist. Neist asjaoludest lähtudes ja arvestades ka teiste liikide levimist jõuame seisukohani, et alal, mis asub lääne pool tähtsat Paldiski — Matsalu — Pärnu piiri, leidub veel teine sellega ligikaudu rööbiti käiv saarte ala poolitav piir. Nii saame kaks alavaldkonda: Lääneranniku ja saarte lääne-alavaldkonna¹⁾ ja Lääneranniku ja saarte ida-alavaldkonna.

Ainult esimeses alavaldkonnas (või peamiselt siin) kasvavad meil: *Hedera helix*, *Juncus subnodulosus*, *Geranium lucidum*, *Alyssum montanum*, *Litorella uniflora*, *Sorbus salicifolia*, *Cochlearia danica*, *Ajuga pyramidalis*, *Radiola linoides*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Polygonum oxyspermum* ja *Agropyrum junceum* [avastati Hiiumaal

¹⁾ Siia kuuluvad ka Osmussaar ja Ruhnu. Esimesel on lootaimkond tähtis; leidub ka *Cochlearia danica*'t. Teisel valitseb püsima jäänud primaar-ses taimkattes liivasel pinnal seisev männimets ja vaese koosseisuga sanglepa (*Alnus glutinosa*) lodumets. Männimetsas leidub massiliselt *Linnaea borealis*'t. Ruhnul kasvavad ka *Hydrocotyle vulgaris*, *Juncus supinus*, *Leucobryum glaucum*.

Tahkuna poolsaarel Meelste k. koh. (H. Mändmets - Lippmaa, 1925) ja Kauste k. all (K. Eichwald, 1925) ning Saaremaal Kihelkonnas Austla k. läh. (B. Saarsoo, 1935)]¹⁾. Peamiselt siin esinevad ka *Taxus baccata*, *Schoenus nigricans*, *Pinguicula alpina*, *Viola pumila*. Edasi võiks tähendada, et ainult sellel alal leidub pseudoatlantilist liiki *Carex arenaria*'t (joon. 43) ka sisemaal enam-vähem kaugel mererannast²⁾.

Lääneranniku ja saarte ida-alavaldkonna eriline ilme oleneb mitte ainult eespool-nimetatud liikide (*Hedera helix*, *Juncus subnodulosus* jt.) puudumisest, vaid ka sellest, et näit. *Cynanchum vincetoxicum* (joon. 16), *Obione pedunculata* esinevad vaid siin. Ka tungivad mõned Eesti mandriosa liigid, nagu *Anemone silvestris* (joon. 14), *Senecio integrifolius* (joon. 64), *Astragalus danicus*, läänerannikult saarte ida-valdkonda, ulatudes Ida-Hiiumaa ja Ida-Saaremaani.

Võib-olla osutuvad tulevikus tarvilikuks alajaotused nii Estonia maritima occidentalis'es kui ka Estonia maritima orientalis'es. Igatahes on juba praegu põhjendatud sellise alajaotuse teostamine läänepoolses alavaldkonnas. Nimelt erinevad Lääne-Hiiumaa ja Lääne-Saaremaa floora õige tunduvalt. Võiks nimetada hulga iseloomulikke liike, mis küll esinevad Lääne-Saaremaal, nähtavasti aga puuduvad Lääne-Hiilus. Need liigid on: *Cochlearia danica*, *Sorbus salicifolia*, *Pinguicula alpina*, *Artemisia maritima*, *Samolus Valerandi*, *Ajuga pyramidalis*, *Scutellaria hastifolia*, *Litorella uniflora*, *Juncus subnodulosus*, *Ononis hircina*, *Viola pumila*, *Vicia cassubica*, *Oxytropis pilosa*, *Selaginella selaginoides*, *Tofieldia calyculata*, *Medicago falcata*, *Liparis Loeselii*, *Artemisia rupestris*. Paljusid neist pole üldse Hiiumaal leitud. Ka on mitmed Saaremaal harilikud liigid Hiiumaal haruldased.

Siit järgneb, et Lääne-Hiiumaa floora on koosseisult märksa vaesem Lääne-Saaremaa floorast. Ta läheneb mitmes mõttes Põhjaranniku alavaldkonna floorale (kitsamas mõttes, ilma pae-kaldata). Sellest seisukohast on huvitav, et mõlemale ühine on subarktiline liik *Cornus suecica*, mis Saaremaal üldse ei esine, ning et see liik just Lääne-Hiiumaal tungib Eestis eriti kaugele lõunasse (joon. 36), esinedes veel Mänspe puisniitudel küllalt rohkelt põõsaste ja puude all mättail (H. Mändmets - Lipp-

1) Lääne-Hiiumaal leitud veel Ristna ja Mägi pea rannalt (Vilberg, 1931).

2) Mujal Eestis on kõik selle tarna leiukohad mereranniku osas.

maa). •Ka leidub Hiiumaal *Calamagrostis purpurea*'t (esineb ka Vormsi saarel¹⁾).

Geobotaaniliselt tähtis on *Carex loliacea*, *C. globularis*'e ja *Juncus stygius*'e esinemine Hiiumaal [esimesed avastati Lääne-Hiiumaal 1925. a. suvel, vt. lk. 19, viimane 1931. a. (Vilberg)]. Seni on saartel leitud *C. loliacea*'t ainult veel Ruhnul (Rothert, 1907); mõlemad liigid näivad puuduvat teistes Saarte valdkonna osades. Ka leidub Hiiumaal, Tahkuna poolsaarel *Polygonum bistorta*'t (H. Mänd mets-Lippmaa, 1925), mida mujal Saarte valdkonnas seni pole leitud.

2. Ranniku-valdkond (Estonia maritima litoralis).

A. Põhjaranniku alavaldkond (Estonia maritima borealis).

Eesti põhjarannikul, paekalda ja mere vahel, Saarte valdkonna idapiirist kuni Rannamõisani (Kundast idas) on madalik, mis neemedena tungib kohati võrdlemisi kaugele merre. Neemedel kohal on madalik suhteliselt lai (Tsitre ja Vainupea vahel). Sellest laiemast alast läände, eriti aga ida poole aheneb mereäärne madalik järsku ning kaob Aseri kohal. Sellesse alavaldkonda (vrd. Vilberg, 1933) kuuluvad ka väikesed saared põhjarannikul — Vaindloo, Mohni, Rammusaar, Prangli, Aegna, Naissaar.

Kliimaatilised tingimused sel alal on üldjoontes järgmised:

Sademetek hulk 25 a. keskmise põhjal (Sresnewsky) kõigub siin küllalt märgatavalt, suurenedes üldiselt läänest itta; sademete hulga suhe Pakri ja Kunda vahel on ligikaudu nagu 4:5.

Sademed:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Pakri	14.8	14.2	13.2	22.3	31.8	41.7	55.2	72.2	52.5	52.0	33.8	24.7	428.4
Tallinn	30.0	25.8	24.7	28.2	38.7	47.6	51.5	70.6	50.5	48.2	40.9	34.2	490.9
Kunda	30.7	25.9	27.5	36.5	52.2	61.4	67.6	86.3	64.5	57.3	44.0	31.0	584.9

Temperatuur:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Tallinn	—4.5	—5.3	—2.5	3.1	8.7	13.8	16.8	15.5	11.6	6.2	1.1	—2.9	5.1
N.-Jõesuu	—6.5	—7.1	—3.7	3.1	9.3	14.6	17.4	15.8	11.3	5.5	0	—4.6	4.6

Käsitades sademete hulga suurenemisega idasuunas muutuvad ka teised kliimaatilised tegurid: temperatuuri käiku jälgitakse

¹⁾ Peale Hiiumaa ja Vormsi leidub *Calamagrostis purpurea*'t pillatult ka mujal Eestis.

des võiks ütelda, et see muutub kontinentaalsemaks. Vahe ekstreemsete temperatuuride vahel muutub suuremaks. Nii Tallinnas kui ka Narvas on kõige külmemaks kuuks veebruar, kõige soojem on juulikuu. Veel üks vegetatsiooni mõjustav tegur muutub lääne-ida suunas, nimelt merevee soolasisaldus. See väheneb ida poole.

Muldkond Põhjaranniku alavaldkonnas on õige ühtlane: kogu alal valitsevad üldiselt liivmullad.

Alavaldkonnale iseloomulikud on: 1) sagedad ranniku ühiskonnad, nagu teatavad halofüütide ühingud, mis kasvavad merevees ja milles esinevad *Potamogeton filiformis*, *Zannichellia pedunculata*, *Z. repens*, *Chara*-liigid ja ka *Zostera marina*, *Najas marina* (harva), siis aeg-ajalt üleujutatud pinnal kasvavad liigid, nagu *Juncus ranarius*, *Scirpus acicularis*, (harva *S. parvulus*), *Limosella aquatica*, *Elatine hydropiper* (Salasoo, 1934), randniitudel — *Juncus Gerardi*, *Plantago maritima*, *Scirpus uniglumis*, *Triglochin maritima*, *Glaux maritima*, *Centaurium erythraea* (joon. 41), *C. pulchellum* (joon. 40) jt. Tuleb tähendada, et seesuguseid niite esineb peamiselt alavaldkonna lääneosas, kuna ida poole halofüütide arv kiirelt kahaneb. Osalt on see seletatav vahest väheneva soolasisaldusega merevees, osalt aga ka asjaoluga, et eriti idapoolses osas ei leidu savikat aluspinda, mis oleks halofiilsete randniitude kujunemiseks tarvilik. Siiski leidub Põhjaranniku alal merekaldal siin-seal ka järgmisi mereranna taimi: *Isatis tinctoria* (joon. 39), *Salicornia herbacea*, *Alopecurus ventricosus*, *Puccinellia maritima*, *Atriplex litorale*, *A. prostratum* jt.

Liivase pinna tõttu on mererannal sagedad *Salsola kali*, *Honckenya peploides* ja *Elymus arenarius*. Ka *Lathyrus maritimus* esineb võrdlemisi sageli. Lõpuks võiks nimetada *Carex norvegica*'t, *C. glareosa*'t ja *Scutellaria hastifolia*'t (joon. 38) kui alavaldkonnale iseloomulikke liike, kuigi need, nagu *Lathyrus maritimus*'ki, esinevad ka Saarte valdkonnas. Raudkividel lainete mõjupiirkonnas on *Verrucaria maura* vööde harilik.

Sagedad on siin liivikud tihti üsna hõreda taimkattega (*Festuca rubra* var. *arenaria*, *Thymus serpyllum*, *Empetrum nigrum* jt., joon. 105, 107). Metsades on valitsevaks puuliigiks mänd. Rohurindes esinevad kuivade männimetsade liigid nagu *Deschampsia flexuosa*, *Vaccinium*'id jne. Eriti esile tõsta tuleks aga (1)

Linnæa borealis'e sageli hulgalist esinemist ja (2) subarktilise nõmmemetsade taime — *Cornus suecica* (joon. 106) — arvukaid leiukohti (joon. 36). Ka mitmeid *Juncus squarrosus*'e leiukohti (joon. 37) on Põhjaranniku alavaldkonnas.

Ühtlasi on huvitav kohati massiline *Polypodium vulgare* esine mine raudkividel (näit. Käsnu poolsaarel¹⁾; samuti on nimetamisväärt, et valdav enamik praegu teada olevaid arktoalpiinse sambla *Andreaea petrophila* leiukohti Eestis on Põhjaranniku alavaldkonnas.

Tuleks peatuda veel kahel huvitaval Põhjaranniku alavaldkonna liigil: *Armeria vulgaris*'el ja *Silene viscosa*'l. Esimene neist on kuivade niitude taim. Sageli leidub teda endistel randvallidel (J. Rebane). Ta pea-levimisalaks on Estonia maritima borealis. Siiski ulatub see liik ka üle alavaldkonna piiride, esinedes mujalgi Põhja-Eestis (joon. 34). Teine liik esineb meil küll ainult Põhjaranniku alavaldkonnas, kuid nii piiratud alal, et teda selle alavaldkonna karakterliigiks ei saa pidada. Nimelt kasvab *Silene viscosa* Uhtju ja Sala saarel (vt. lk. 30).

Erilist mainimist väärib liiva-ala, mis on Ülemiste järvest läänes ja edelas („Nõmme“) ning kus valitsevad liivase aluspinna tõttu männimetsad ning mitmesugused liivataimed. Nagu kaardil näha, on see ala arvatud Põhjaranniku valdkonda. Peab siiski esile tõstma ta erilist iseloomu, mis tingitud sellest, et siin esinevad (osalt hulgaliselt) mitmed ida päritoluga taimed, mistõttu taimkatte koosseis meenutab Kagu-Eestit. Seesugustest liikidest oleksid mainitavad järgmised: *Gypsophila fastigiata* (joon. 68), *Koeleria glauca* (esineb peale Kagu-Eesti ka saarte lääneosas (joon. 78), *Achillea cartilaginea* (joon. 69), *Scalochloa festuacea* (joon. 70), *Glyceria aquatica*, *Inula britannica* (Ülemiste). Ka on iseloomulik, et siin nõmmemetsades on *Lycopodium complanatum* harilik²⁾.

B. Häädemeeste alavaldkond.

(Litorale heademeesteense).

See Edela-Eesti ranniku alavaldkond algab Pärnu lahe läänekaldal Lindi küla lähedal, ulatub sealt kitsa ribana ümber

¹⁾ Siin leidub võib-olla ka *Blechnum spicant*'i (vt. Kuppfer, 1904 ja 1925).

²⁾ Seda ala võiks vahest käsitada ka kui Kagu-Eesti valdkonna enklaavi.

lahe ning edasi alul lõuna, siis enam-vähem edelasuunas, edasi lõunasuunas üle Eesti-Läti piiri. See on liivase aluspõhjaga ala, mida läbib kaks kuiva, osalt männimetsaga kaetud luidete riba — üks laiem, rannapoolsem (joon. 110) ja teine kitsam Soometsa k. vahel. Nende vahel on endine merelaguun, mis nüüd on kinni kasvanud ja tuntud Tolkuse raba¹⁾ nimetuse all (joon. 111). See ala, mille kliima sarnaneb sademete osas Põhjaranniku alavaldkonna idaosa kliimaga, on üldse eelmisega õige sarnane. Seda põhjustab kõigepealt muidugi geograafilise asendi sarnasus (mererannik!), samuti edaafilised tegurid. Ka siin valitsevad kõrgemais osis mitmesugused liivataimed, siis kuivad männimetsad neile iseloomulikkude liikidega. Siinsetest liivataimedest võiks nimetada vahest *Dianthus arenarius*'t ja *Arabis arenosa*'t. Mereäärsetel „valgetel“ luidetel on harilik *Elymus arenarius* (joon. 109), kohati leidub ka *Ammophila arenaria*'t, *Petasites spurius*'t, *Juncus balticus*'t (Lippmaa, 1932).

Nagu põhjaranniku alavaldkonnaski, esinevad siin mereäärsetel niitudel mitmesugused halofüüdid, moodustades kohati ka iseloomulikke *Juncus Gerardi* niitusid. Halofüütidest leidub alavaldkonnas järgmisi liike, mis on muidugi ka mujal mereäärses valdkonnades harilikud: *Potamogeton filiformis*, *Ranunculus Baudotii*, *Zannichellia pedunculata*, *Z. repens*, *Honckenya peploides*, *Spergularia salina*, *Lepidium latifolium*, *Cakile maritima*, *Isatis tinctoria* (joon. 39), *Trifolium fragiferum*, *Centaureum erythraea* (joon. 41), *C. pulchellum* (joon. 40), *Gentiana uliginosa*, *Odontites litoralis*, *Plantago maritima*, *Aster tripolium*, *Triglochin maritima*, *Alopecurus ventricosus*, *Scirpus maritimus*, *S. uniglumis*, *S. rufus*, *S. Tabernaemontani* (joon. 108), *Juncus Gerardi*, *J. ranarius*. Kõik nimetatud liigid esinevad eranditult ka Põhjaranniku alavaldkonnas. Viimane näib halofüütide poolest siiski olevat vähe rikkam, sest seal leidub ka *Lathyrus maritimus*'t ja *Salicornia herbacea*'t, mida Häädemeeste alavaldkonnas seni pole leitud. On huvitav, et *Sesleria** *uliginosa* — *Primula farinosa* ühingu *Ophioglossum vulgatum*'i teisend, mis on nõrgalt halofiilne ning

¹⁾ Lõunapoolses osas tüüpiline Lääne-Eesti raba valitseva *Trichophorum austriacum*'iga ja arvukate laugastega, milles peale *Rhynchospora alba*, *Drosera anglica* jt. leidub ka *D. intermedia*'t. Põhja poole järgneb ulatuslik sooraba suure *Trichophorum alpinum* — *Drosera anglica* kogumikuga. Selles soorabas leidub kohati koos *Rhynchospora alba*, *Carex chordorrhiza* jt. ka *Lycopodium inundatum*'it.

iseloomulik Saarte valdkonnale, näib siin puuduvat, samuti nagu Põhjaranniku alavaldkonnaski.

Põhjaranniku alavaldkonnaga ühine on Häädemeeste alavaldkonnal pseudoatlantiline *Carex arenaria* (joon. 43). Siin esineb sellest flooraelemendist veel *Drosera intermedia* (joon. 27), mis puudub Põhjaranniku alavaldkonnas. Ka on leitud siin (Häädemeeste lähedal) *Frullania tamarisci*, mis esineb Eestis ka veel Saarte valdkonnas.

Lõpuks iseloomustab negatiivselt Häädemeeste alavaldkonda võrreldes Põhjaranniku alavaldkonnaga järgmiste liikide puudumine: *Cornus suecica*, *Carex norvegica*, *C. glareosa*, *Scutellaria hastifolia*, *Armeria vulgaris*. Pole nimetada ühtegi taimeliiki, mis Eestis omane oleks ainult Häädemeeste alavaldkonnale.

IV. Siluuri piirkond (*Districtus siluricus*).

1. Paekallas ehk klint (*Estonia clivosa*).

Eesti geobotaanilisel liigestusel tuleb paekalda-ala eraldada omaette ühikuna (alavaldkonnana), sest ta on üks huvitavamaid Eestis, vaatamata sellele, et tema pindala pole kuigi suur. See ühik algab Schmidt'i järgi Narva jõe kõrgeil kaldail Narva kose piirkonnas. Edasi piirab paekallas kohati pideva, kohati katkendilise joonena Estonia maritima borealis'e valdkonda kuni Paldiskini. Nii on paekalda ulatus OW suunas suurem kui Põhjaranniku valdkonnal.

Pidevalt leiame paekalda vegetatsiooni Merekülalt Aserini. Siin muutub paekallas katkendiliseks. Ta on hästi välja kujunenud mõlemal pool Kundat, eriti aga Tallinna ümbruses Lasnamäel¹⁾ ning siin-seal Tallinna ja Paldiski vahel.

Peaaegu igal pool võime eraldada paekalda ülemist serva, sellele järgnevat järsakut ning selle all metsaga kaetud nõlva, mille ekspositsioon on harilikult N, NO või NW, paekalda lääneosas aga muidugi ka W. Edaafilised tegurid on siin küllalt mitmekesised ning eriti soodsad kaltsiifilsetele liikidele. Paekalda ülemisel serval on paeplaadid sageli kaetud üsna õhukese

¹⁾ Ka Tallinna Toompea nõlvadel pidi kunagi olema hästi arenenud klindivegetatsioon. See on nüüd täielikult hävinud, kui mitte arvestada mõningaid kasmofüüte ja samblaid, mida leidub järskude paepankade pragudes.

mullakihiga. Nii on siin tingimused soodsad lootaimestiku väljakujunemiseks. Järgnev järsak võimaldab elamist kõigepealt kasmofüütidele. Ka mitmed samblad ja samblikud elavad siin. Allpool järgneb metsaga kaetud nõlv, millel peatume alamal. Siin tuleks esile tõsta, et selle alumises osas on maapind allikarikas ning sellele vastav on ka vegetatsiooni iseloom.

Mis puutub ala kliimasse, siis on üldjoontes kehtivad need andmed, mis on toodud Põhjaranniku alavaldkonna iseloomustamiseks. Lääne poole liikumisel muutub kliima soodsamaks soojust nõudvatele liikidele. Mikrokliima varieeruvus on siin kahtlemata väga suur ka suvel, eriti aga talvel vahelduva ekspositsiooni, osalt täielikult puuduva, osalt väga sügava lumikatte tõttu jne.

Juba Narva lähedalt (Schmidt, 1855) leiame klindi ülemisel serval lubjalembesi liike, nagu *Anemone silvestris*, *Helianthemum vulgare*, *Geranium robertianum*, *Fragaria viridis*, *Saxifraga tridactylites*, *Carex verna*, *Avena pratensis*, *Phleum Boehmeri*, *Cotoneaster nigra*, *Prunus spinosa*. Kaugemal seltsivad nendega *Seseli libanotis*, *Gentiana cruciata*, *Filipendula hexapetala*, *Trifolium montanum*, *Anthyllis vulneraria*, *Senecio integrifolius*, *Draba incana*, *Arabis hirsuta*, kohati ka *Saxifraga adscendens*, *Cerastium alpinum* (Lasnamäel Tallinna läh.), *Poa alpina*. Peale nimetatud liikide leidub paekaldal (läänepoolses osas) *Sedum album*'it, *Asperula tinctoria*'t jt. Pole kahtlust, et paekalda-äärsed lood, nagu teisedki lood, olid kunagi metsaga kaetud (vt. lk. 60).

Paekalda ülemisele servale järgneb järsk kaljusein. Selles osas on kaljupind sageli liiga noor selleks, et üldse kanda mingit vegetatsiooni. Kus tingimused on taimedele olnud soodsamad, seal areneb kasmofüütide vegetatsioon. Sage on *Campanula rotundifolia* — *Cystopteris fragilis*'e ühing (joon. 121). See on kelluka siniste õite tõttu hallil kaljupinnal küllalt silmapaistev. Ühinguist on olemas ka sõnajalarikas teisend. Selles valitseb *Cystopteris fragilis* sageli koos *Aspidium robertianum*'iga, kohati leidub ka *Asplenium trichomanes*'t. Ka *Hieracium murorum* ja *Sedum maximum* on kaljupragudes küllalt sagedad¹⁾. *Cerastium alpinum* kasvab osalt samuti kaljupraotaimena (paekalda ülemises osas Lasnamäel, joon. 119). Samblaühinguist on harilikud *Homalo-*

¹⁾ Klinge andmeil esineb Tiskres paekalda pragudes *Woodsia ivensis*. Need andmed vajavad tõestust. Kupffer eitab selle liigi esinemist klindil.

thecium sericeum'i ühing ja *Neckera complanata* — *Encalypta contorta* ühing. Sageli leidub siin enam-vähem varjatud, osalt aga ka hästi valgustatud kaljupinnal õige mitmesuguseid samblaid (*Timmia bavarica*, *T. megapolitana*, *Distichium inclinatum*, *Gymnostomum rupestre*, *Discelium nudum*, *Ulota americana*) ja samblikke. Enamik nimetatud samblaliikidest esineb Eestis ainult paekalda alavaldkonnas (Malta, 1930).

Kaljuseinast allpool on järsk nõlvak, mis koosneb allalangenud pankade rusust ja murenemisainesest, taimejäänustest jne. Kivide vahel on siin must neutraalne toitesoolade-rikas huumus. See aluspind on küllalt niiske. Nõlva katab liikiderikas lehtmets, milles kasvavad tammed, jalakad, saared, pärnad, vahtrad, toomingad, remmelgad (*Salix caprea*) kirjus mitmekesisuses (joon. 123). Põõsaid on samuti palju. Harilikumad on *Ribes nigrum*, *R. pubescens*, *R. alpinum*, *Lonicera xylosteum*, *Daphne mezereum*. Eriti huvitav on rohurinne. Selles on tähtsad kaks montaanse elemendi esindajat *Lamium galeobdolon* ja *Lunaria rediviva* (joon. 120). Vahemikus Mereküla ja Ontika vahel leidub viimast sageli massiliselt. Ka *Hepatica triloba*, *Asperula odorata*, *Mercurialis perennis*, *Campanula trachelium*, *Stachys silvaticus*, *Polygonatum multiflorum*, *Epilobium montanum*, *Aspidium robertianum*, *Geranium robertianum* jt. on neis metsades harilikud. Veel tuleks nimetada järgmisi liike: *Dentaria bulbifera*, *Alliaria officinalis*, *Allium ursinum*, *Cardamine impatiens*. Ka leidub paekaldal kohati *Lamium maculatum*'it, *Corydalis intermedia*'t¹⁾ ja *Ajuga reptans*'i.

Selle metsa karaktersemad liigid, nagu *Lunaria rediviva* ja *Lamium maculatum*, kaovad Tallinnast läänes (joon. 44). Üldse on siin paekalda mets sageli nõrgemalt välja kujunenud. Lõpuks on see Paldiski poolsaare põhjarannikul vaid mõne meetri laiune lehtpuude riba.

Kirjeldatud iseloomuga on paekalda mets oma kõrgemas osas. Allapoole muutub ta varsti. Valitsevaks puuliigiks on seal hall lepp (*Alnus incana*). Need on võib-olla ainukesed loomulikud, kuigi väga harvendatud halli lepa metsad Eestis²⁾. Sageli näeb siin

1) Eestis haruldane liik. Sagedam on *Corydalis solida* (esineb meie segametsades väga pillatult).

2) Primaarses taimkattes oli *Alnus incana* kahtlemata tähtis ka uhtlammetsades jõgede ääres kaldakünnisel. Neile metsadele järgnesid maa poole sageli *Alnus glutinosa* lodumetsad. Uhtlammetsadest leidub Eestis vaid

puid üllatavalt tugevate tüvedega. Puude all lobbab kõrge sõnajalatihnik, mis koosneb peamiselt *Onoclea struthiopteris*'est (joon. 122). Selle osa karakterseks liigiks võiks pidada ka *Campanula latifolia*'t.

Vähemate fragmentidena esineb paekalda-taimestik ka saartel. Eriti levinud on kasmofüütide ühing, mille sõnajalarikas teisend esineb Muhu saarel (Tupenurme pank) ja Saaremaal (näit. Vilsandi saarel).

2. Loode-Eesti valdkond (Estonia inferior).

Kui heidame pilgu Granö Eesti taimkonna põhivormide kaardile, milles eriti on esile tõstetud kaljunurmed, siis leiame, et peale Lääneranniku ja saarte lääne- ja ida-alavaldkonna leidub neid veel Põhja-Eestis kahel alal, mida lahutab soine ja metsadega kaetud Kõrvemaa. Nendest lubjarikastest aladest on esimene — Loode-Eesti valdkond — madala põhjaga rühkmuldade ala, eriti selle valdkonna põhja- ja lääneosas. Teisele lubjarikkale alale — Pandivere valdkonnale — on omased keskmise sügavusega, osalt ka sügava põhjaga rühkmullad.

Siin langevate sademete hulka iseloomustab järgmine tabel:

	I	II	III	VI	V	IV	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Nissi	35.1	27.0	26.8	29.9	38.5	49.8	66.7	84.7	60.5	52.1	44.8	38.2	554.1
Kloostri	21.7	24.3	24.4	28.3	27.8	53.5	71.9	57.7	46.1	44.1	35.6	41.7	477.1

Neist andmeist näib järgnevat, et sademete hulk ning sademete langemise ajaline iseloom Loode-Eestis on üldiselt samad kui Saarte valdkonnas.

Eespool esiletõstetud edaafiliste ja kliimaatiliste tingimuste sarnasus on põhjuseks, miks Loode-Eesti valdkond omab rea iseärasusi, mis lähendavad teda ta floristilise koosseisu poolest Saarte valdkonnale rohkem kui ühtegi teist Eesti valdkonda.

Loode-Eesti valdkonna taimkattes on metsad suhteliselt vähema tähtsusega. Selles valitsevad puisniidud, niidud (enamikus soised), rabad ja lood, seega just samad taimkatte suurühmad, mis Saarte valdkonnaski. Suured roostikud (peamiselt *Phragmites communis*) ja luhad lobbavad Matsalu lahes ja selle

väheseid riismeid, kuna nii uhtlamm-metsad kui ka paljud lodumetsad on jõgede ääres juba aastasadu (ja kohati kindlasti ka aastatuhandeid) tagasi muudetud niiduks või karjamaaks.

ümbruses. Halofüütidest esinevad mõned harilikud, näit. *Centaurium erythraea* (joon. 41).

Metsad esinevad siin sageli suhteliselt väga madala põhjaga rühkmuldadel. Tähelepanu väärib asjaolu, et sel lubjarikkal substraadil valitseb siin küllalt sageli mänd, kuigi ka kuusk on metsapuuna kahtlemata tähtis. Need madala põhjaga männimetsad on väga omapärase taimkattega, sest siin kasvab koos toore huumuse taimedega, nagu *Vaccinium vitis idaea*, *Luzula pilosa*, *Calluna vulgaris* jt., palju lubjalembesi liike, nagu *Anemone silvestris*, *Filipendula hexapetala*, *Alchemilla pubescens*, *Trifolium montanum*, *Astragalus danicus*, *Lathyrus pisiformis*, *Geranium sanguineum*, *Helianthemum vulgare*, *Origanum vulgare*, *Asperula tinctoria*, *Brachypodium pinnatum* jt. Nende metsade rohurinne, mille omapära on esile tõstnud Pahnsh, Thomson ja Linkola, on küllalt mitmekesine: selle tagajärjel eraldab Linkola siin mitu metsatüüpi (*Arctostaphylos* — *Geranium sanguineum*'i tüüp, *Arctostaphylos* — *Asperula tinctoria* tüüp, *Vaccinium* — *Hepatica* tüüp). Puurinne on neis metsades sageli väga madal [5—12 (20) m] ning kohati püsib mänd valitseva liigina, ilma et teda kuusk suudaks välja tõrjuda. Põõsarinne koosneb valdavalt kadakaist. Pole kahtlust, et peamiselt seesugustest kiduratest metsadest on puude hävitamise ja karjatamise tagajärjel tekkinud Loode-Eestile ja saartele iseloomulikud lood.

Viimastel leidub palju liike, mis esinevad eespool-kirjeldatud metsades: *Filipendula hexapetala*, *Alchemilla pubescens*, *Trifolium montanum*, *Asperula tinctoria*, *Helianthemum vulgare*, *Fragaria viridis*, *Phleum Boehmeri*, *Sesleria** *uliginosa*, *Poa compressa* jt. koos massiliselt kasvavate *Thymus serpyllum*'i, *Antennaria dioeca*, *Galium verum*'i, *G. boreale*, *Pimpinella saxifraga*, *Hieracium pilosella* ja teistega (joon. 115). Ka *Cirsium acaule* on sage. Kadaka ja *Cotoneaster integerrima* põõsastes leidub *Anemone silvestris*'t, *Viola collina*'t, *Geranium sanguineum*'i jt.

Kuuse-segametsades, eriti aga tammerikastes lehtmetsades (joon. 116), mis esinevad siin-seal (sageli soosaartel), leidub *Hepatica triloba* — *Pulmonaria officinalis*'e ühingu liike (*Actaea spicata*, *Asperula odorata*, *Viola mirabilis*, *Milium effusum* jt.). Kuigi leidub lodumetsi valitseva sanglepa, kase, kuuse jt., on enamik neist Loode-Eestis muudetud märgadeks puisniitudeks (joon. 114), kus iseloomulikkudeks liikideks on mitmed enam-vähem lubja-

lembesed sootaimed, nagu *Lonicera coerulea*, *Myrica gale*, *Saussurea alpina*, *Sanguisorba officinalis*, *Tofieldia calyculata*, *Schoenus ferrugineus*, *Carex Davalliana*, *C. Hornschuchiana*, *Orchis incarnatus* var. *ochroleuca*, *O. Traunsteineri*. Lubjarikastes soorabades leidub siin *Schoenus ferrugineus*'ega koos sageli *Selaginella selaginoides*'t (Kupffer, Thomson), harva ka *Gymnadenia odoratissima*'t (Nissi läh., Pahnsh, Thomson).

Kuivemad puisniidud on samuti liigirikkad ja sarnanevad saarte puisniitudega, ainult on siin vähem *Orchis*-liike. Siiski esinevad peale *Orchis incarnatus*'e, *O. maculatus*'e ka *O. ustulatus*, *O. militaris* (kohati hulgi), *O. masculus*. Väga iseloomulik on Loode-Eesti puisniitudele *Carex montana* sageli massiline esinemine. Põdsastest ja puudest on sagedad peale harilikude liikide ja tamme *Crataegus curvisepala*, *Pyrus malus*, *Rosa glauca*, *Cornus sanguinea* jt.

Loode-Eesti valdkonna rabad on tüüpilised Lääne-Eesti rabad (Thomson) valitseva *Trichophorum austriacum*'iga, sagedate laugastega, milles *Rhynchospora alba* ja *Drosera anglica* esinevad massiliselt¹⁾ (joon. 112, 113). Ka on *Sphagnum molluscum*'i hulgaline esinemine nendele rabadele iseloomulik.

Eespool-antud iseloomustusele tuleks juurde lisada järgmist: *Selaginella selaginoides*'t (joon. 48), *Sanguisorba officinalis*'t (joon. 46) ja *Potentilla fruticosa*'t (joon. 47), eriti kaht viimast, võiks nimetada Loode-Eesti valdkonna karakterliikideks. Esimene neist — *Sanguisorba officinalis* — esineb siin niisketel kuni märgadel lubjarikastel puisniitudel enam-vähem kogu valdkonnas (joon. 46), teine on omane märksa vähemale maa-alale. Nimelt leidub *Potentilla fruticosa*'t eriti Joa, Vääna ja Humala ümbruses (joon. 47) loo iseloomuga karjamail. Ta eelistab silmanähtavalt kohti, mis sügisel ja kevadel on aeg-ajalt vee all. Selle tõttu võib sageli näha, kuidas vahelduva reljeefiga aladel lohkudes valitseb *Potentilla fruticosa*, kõrgemal kohil aga kadakas. Siiski kasvavad nad üldiselt läbisegi. Nende ulatuslike pödsastikkude tavaliselt hallikas-roheline mediterraanseid gariige meenutav välimus muutub elavamaks suve teisel poolel (augusti lõpul) pödsamarana rohkete kollaste õite tõttu.

¹⁾ Rabadel leidub siin, nagu mujalgi Eestis (ka saartel), *Carex pauciflora*'t.

Lõpuks tuleks nimetada, et Loode-Eesti valdkonnas leidub (kohati hulgaliselt) Eestis eriti Saarte valdkonnale iseloomulikke liike, nagu: *Trifolium fragiferum*, *Scutellaria hastifolia*, *Allium schoenoprasum*, *Rosa coriifolia*, *Potentilla reptans* (joon. 51), *Ranunculus bulbosus*, *Ononis repens*, *Cephalanthera rubra*, *Orchis masculus*, *Braya supina*, *Teucrium scordium*, *Taraxacum palustre*. *Thesium ebracteatum* on siin võrdlemisi harilik¹⁾. Ka leidub Loode-Eesti põhjaosas mitmel pool *Poa alpina*'t (Vilberg, 1924). — Antropohoorsetest liikidest, mis iseloomulikud Loode-Eesti valdkonnale, tuleks nimetada *Alyssum calycinum*'it.

3. Pandivere valdkond (Estonia superior).

Loode-Eesti valdkonnast lahutab Pandivere valdkonda soine ning metsarikas madalik — Kõrvemaa. Sellele vaatamata ei puudu neil valdkonnal ühiseid jooni nii taimkonnas kui ka taimestik. See sugulus on põhjustatud kõigepealt sellest, et ka Pandivere valdkonnas on kohati paas maapinnale võrdlemisi lähedal, mis põhjusel ka siin leidub loodusid. Siiski on nende tähtsus kõnesolevas valdkonnas võrratult vähem kui Loode-Eestis. Valitsevad täielikult keskmise sügavusega ja sügava põhjaga rühkmullad (Nõmmik, 1927). Et need mullaliigid on osalt lubjarikkad, siis on tingimused kaltsiifilsetele taimedele üldiselt küllalt soodsad. Et aga siin siiski sageli leidub sügava põhjaga mullaliike ja pealegi valdkonna kuuluvuse tõttu „pealvee-regiooni“ (Kant, 1932, Tamme Kann, 1933) karbonaatide väljauhtmiseks pealmistest mullakihtidest oli tunduvalt rohkem aega kui suhteliselt palju nooremas Loode-Eesti valdkonnas, on ruumi küllalt enam-vähem indifferentsetele, harilikudele liikidele.

Sademetega hulgast Pandivere valdkonnas annavad ettekujutuse järgmised arvud (Sresnewsky järgi):

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Rakvere	36.0	31.5	29.4	33.1	46.7	62.1	82.9	89.3	59.6	56.2	45.3	39.2	611.3
Paide	39.9	31.3	30.0	36.1	43.8	49.2	74.2	89.0	56.3	60.6	48.0	41.2	599.6
Vaivara	25.4	21.9	20.5	30.0	39.8	58.2	78.2	95.3	60.3	51.4	38.5	31.5	551.0
Narva	35.4	30.2	27.7	32.7	36.8	46.9	66.2	85.3	57.2	52.7	41.4	42.1	554.6

¹⁾ Viimase liigi 36 praegu teada olevat leiukohta asuvad kõik Loode-Eesti valdkonnas; ainult mõni üksik leiukoht ületab vähe selle piire (vt. Eichwald, 1935). Nagu selgitasid Eichwald'i uurimised on *Thesium ebracteatum* Eestis pärismaine liik ning kuulub pontilise elemendi hulka.

Nagu neist arvudest näha, on sademete hulk Pandivere valdkonnas eriti suvel suurem kui Loode-Eesti valdkonnas, — asjaolu, mis tohiks olla soodus kuusemetsade mesofiilsetele liikidele, samuti nagu eespool esiletõstetud mullastiku-iseärasused.

Rakvere-Pandivere vallseljakute ja suurkühmade valdkond (Granö, 1922) asub üldiselt 75—150 m üle merepinna. „See on tüüpiline pikkade ja orustikutaoliselt harunevate ooside ning suurte, jaolt (kaguosas) voorte sarnaste maakühmade ala. Põhjapoolses osas kulgevad vallseljakud pea tasasel maapinnal, keskosas on nende aluspõhi enam-vähem lainjas“ (Granö).

Kahtlemata oli see kõrge maa-ala, millel rabad on üsna vähese ulatusega ja tähtsusetud, kunagi pidevalt kaetud metsadega, mis, arvesse võttes maapinna iseärasusi (joon. 117) ning püsima jäänud taimkatet, olid peamiselt kuuse-segametsad, kuigi leidub mitmel pool ka männimetsi. Väga rikkaliku taimkattega olid (ja on ka praegu, kus see taimkate sellel võrdlemisi väga tihedalt asustatud maa-alal on säilinud) vallseljakuid katvad metsad.

Nendes metsades, samuti harva esinevais tammikuis, on *Hepatica triloba* — *Pulmonaria officinalis*'e ühing väga harilik (*Hepatica triloba*, *Asperula odorata*, *Lathyrus vernus*, *Viola mirabilis*, *Milium effusum*, *Actaea spicata*, *Sanicula europaea*, *Pulmonaria officinalis*, *Lamium galeobdolon*, *Stellaria holostea*, *Lathraea squamaria*, *Melica nutans* jt.). Eriti seesuguste metsade raies-tikel leidub oosidel sageli hulgi *Centaurea phrygia*'t, *Geranium sanguineum*'i. Pärn (harilikult põõsakujuline), sarapuu, *Daphne mezereum*, *Lonicera xylosteum* on väga harilikud. Sanglepa-kuusekase lodumetsi leidub kohati. Neis on *Carex loliacea* (*tenella*) — *Crepis paludosa* ühing tähtis. Enamik seesuguseid metsi on juba kaua tagasi muudetud märgadeks puisniitudeks, kus, nagu Loode-Eestiski, leidub *Lonicera coerulea*'t, *Saussurea alpina*'t, *Carex Hornschuchiana*'t, harva ka *Tofieldia calyculata*'t. Massiliselt leidub *Carex Davalliana*'t. Kuivematel puisniitudel kasvavad koos *Scorzonera humilis*, *Trollius europaeus* jt. (joon. 118), kohati ka *Orchis militaris* ja *O. ustulatus*. Rida Loode-Eesti puisniitudele ja soistele põõsastikkudele iseloomulikke liike, nagu *Myrica gale*, *Sanguisorba officinalis*, *Selaginella selaginoides*, *Schoenus ferrugineus*, *Ophrys muscifera* jt., puuduvad siin kas täielikult või on esindatud ainult mõne üksiku leiukohaga (joon. 46, 48, 50, 53).

Et leidub loopealseid ja kohati vähemas ulatuses enam-vähem puhtalt lubjakivist koosnevat põhimoreeni, on rida lubjalembesi liike küllalt sagedad [*Helianthemum vulgare*, *Anemone silvestris* (joon. 14), *Filipendula hexapetala*, *Phleum Boehmeri* (joon. 57), *Asperula tinctoria* (joon. 56), *Seseli libanotis* (joon. 59) jt.].

Schmidt'i ja Kupffer'i järgi on Pandivere valdkonnas meie idapoolseimad leiukohad järgmistel liikidel: *Asperula tinctoria*, *Cirsium acaule*, *Tofieldia calyculata* (joon. 52), *Melampyrum cristatum*, *Hierochloë australis*. Ühtlasi on märgatav mõningate Ida-Eesti taimede ilmumine, nagu *Polemonium coeruleum*, *Sempervivum soboliferum* (joon. 67), *Dracocephalum ruyschiana* (joon. 62, ka Loode-Eestis palju leiukohti), *Agrimonia pilosa* (puudub Loode-Eestis).

Rabade iseloom on siin sootuks teine kui Lääne-Eestis. Oleme nimelt Pandivere valdkonnas juba täielikult *Lyonia calyculata* massilise esinemise piirkonnas (joon. 54). Rabadel puudub harilikult Lääne-Eestile nii iseloomulik liik: *Trichophorum austriacum*¹⁾. *Ranunculus lanuginosus* on ainukeseks liigiks, mis Eestis esineb vaid Pandivere valdkonnas (metsades, väga harva, vt. lk. 21).

V. Subsiluuri piirkond (Districtus subsiluricus).

1. Vahe-Eesti valdkond (Estonia intermedia).

Loode-Eesti valdkonna ja Pandivere valdkonna vahel on soine ja metsadega kaetud ala, mida koha peal (eriti ala põhjaosas) nimetatakse „Kõrveks“, ka „Kõrvemaaks“. Selle ala olemasolu tundis juba Schmidt. Oma töös: „Flora des silurischen Bodens“ (1855) ütleb ta, et Põhja-Eesti kõrgemat osa lahutab kaheks „eine waldige und sumpfige Einsenkung“, mida läbivad põhjaosas Jägala jõgi, lõunas Kärü jõgi. Eriti selle ala põhjaosa oli kõige viimase ajani väga vähe uuritud. Lõuna poole jätkub nimetatud ala üle suurte Pärnumaa ja Viljandimaa rabade (Suur soo, Kureraba, Kikepere raba, Valge raba, Äre raba) Saarde lodumetsadesse ning ulatub üle Eesti-Läti piiri. Siia kuulub seega Granö „Lelle-Aegviidu suurmetsade ja rabade valdkond“ ja „Pärnu suurmetsade ja rabade valdkond“ (viimane osalt). Selle ala tähtsamaks jõeks on Pärnu jõgi pea-aegu kõigi oma harudega.

¹⁾ Esineb siiski näit. rabal Ohepalust lõunas, Pandivere valdkonna läänepiiril.

See ala näib olevat võrdlemisi sademeterikas. Kindlaid meteoroloogilisi andmeid on siit õige vähe.

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Käru	46.7	33.2	33.7	49.2	45.3	46.5	79.6	113.4	58.9	73.3	56.0	51.1	686.9

Et Vahe-Eesti valdkonna põhjaosa (Kõrvemaa) mitmeti erineb lõunaosast (Soomaa), siis tuleb neid käsitleda eri alavaldkondadena.

Kõrvemaa üldiseloom on tingitud peamiselt edaafilisist tegureist. Siin valitsevad liivmullad ja turvaspinnas. Ainult vallseljakuil, mis mitmel pool tungivad kõnesolevale alale, leidub suuremal või vähemal määral kruusa ja paemunakaid, mille tagajärjel nende taimkate sageli teravalt erineb neid ümbritsevast tasandikust¹⁾. Metsad on valdavas enamuses hariliku koosseisuga männimetsad (*Vaccinium vitis idaea*, *V. myrtillus*, *Deschampsia flexuosa*, *Calluna vulgaris*, *Empetrum nigrum*, *Melampyrum pratense*, *Pulsatilla patens*, *Pleurozium Schreberi*, *Dicranum undulatum*, *Cetraria islandica*, *Cladonia rangiferina*, *C. silvatica*, *C. alpestris* jt.). Neis metsades leidub kohati hulgaliselt *Monotropa hypopitys*'t ja *Lycopodium complanatum*'it. Rabastunud aladel on, nagu mujalgi Eestis, *Carex globularis* sage. Raiestikel on tähtsad *Calluna vulgaris*, *Deschampsia flexuosa* ja *Arctostaphylos uva ursi*. Lõuna poole järgnevad edaafiliselt tingitud kuuse-männi-segametsad (suures ulatuses), siis vaese koosseisuga kuusemetsad. Ainult eespool nimetatud vallseljakuil on metsa koosseis väga rikas. Näit. Paunküla, samuti Koonukõrve piirkonnas leidub seljakuil kuuse, haava jt. puudega koos ohtralt ka madalakasvulist pärna. Rohurindes kasvavad seal: *Hepatica triloba*, *Lathyrus vernus*, *Rubus saxatilis*, *Melica nutans*, *Epilobium montanum*, *Vicia sepium*, *V. silvatica*, *Viola mirabilis*, *Lamium galeobdolon*, *Pulmonaria officinalis*, *Astragalus glycyphyllus*, *Lathyrus silvestris*, *Geranium silvaticum*, *Actaea spicata*, *Calamagrostis arundinacea* jt. harilikumad liigid. Paunküla vallseljakuil (osalt raiestikel) lisandub neile veel järgmisi: *Origanum vulgare*, *Filipendula hexapetala*, *Geranium sanguineum*, *Campanula persicifolia*, *Primula officinalis*, *Oxytropis pilosa*, *Carex montana*, *Verbascum thapsus*, *Centaurea phrygia* (eriti raiestikel!), *Satureja vulgaris* jt. Põõsasrindes on sarapuu tähtis. Ka *Lonicera xylosteum* ja *Daphne mezereum* on harilikud (ka Koonukõrve alal).

¹⁾ Alljärgnevad read põhinevad uurimistel, mida autor osalt koos dr. pharm. H. Salasoo'ga toimetab „Kõrvemaal“ suvel 1934.

Rabad on suure ulatusega. Nad on osalt Ida-Eesti rabade tüüpi, kuid *Lyonia calyculata* tähtsus on vähene. Mitmel pool leidub rabadel *Trichophorum austriacum*'i (kohati massiliselt); laukais on *Scheuchzeria palustris*, *Rhynchospora alba*, *Drosera anglica* harilikud.

Niidud on enamikus kaskedega puisniidud, enam-vähem soised, saadud lodumetsadest, mille koosseis on osalt erinev võrreldes Soomaa lodumetsadega. Neis lodumetsades on tähtsad järgmised liigid: *Filipendula ulmaria*, *Geum rivale*, *Ranunculus repens*, *Potentilla erecta*, *Lysimachia vulgaris*, *Aspidium thelypteris*, *Crepis paludosa*, *Aspidium* euspinulosum*, *Impatiens noli tangere*, *Geranium robertianum*, *Chrysosplenium alternifolium*, *Circaea alpina*, *Galium palustre*, *Carex tenella* (harva).

Puurindes valitsevad *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Picea excelsa*, mis kasvavad enam-vähem kõrgeil mätail.

Iseloomulik on, võrreldes Soomaaga, *Geranium robertianum*'i sageli massiline esinemine nimetatud metsades, kuna vastupidi *Carex loliacea*, *C. tenella*, *Cirsium oleraceum*, *Crepis paludosa* on kas vähese tähtsusega või puuduvad koguni.

Neist lodumetsadest saadud märjad puisniidud on Kõrvemaal enamikus liigivaesed (valitseb *Carex Goodenowii* — *C. panicea* ühing, milles dominantidega seltsivad, nagu mujalgi Eestis, *Mentha arvensis*, *Parnassia palustris*, *Viola epipsila*, *V. palustris*, *Pedicularis palustris*, *Agrostis alba*, *A. canina* jt.). Lõuna poole ilmneb siiski ikka sagedamini *Sesleria* uliginosa* — *Primula farinosa* ühingu, samuti *Carex Davalliana* ühingu elemente. Viimased ühingud on väga harilikud Vahe-Eestit piiravais valdkonnis: Loode-Eestis ja Pandiveres.

Ala üldisele iseloomule vastavalt leidub Kõrvemaal siin-seal oligotroofseid järvi (Meguste j., Viitna j., milles *Lobelia Dortmanna* (joon. 82) ja *Isoëtes lacustre*'ga (joon. 55) koos kasvab ka *Sparganium Friesii* ja *Isoëtes echinosporum* (joon. 83). Soomaalt pole seesuguseid järvi teada.

Vahe-Eesti lõunapoolne osa — Soomaa — on võrdlemisi hõredalt ja suhteliselt hilja asustatud. Siin on veel säilinud palju Eesti ürgsest taimkattest. Kõnelemata suurtest rabadest, mis aastatuhandete jooksul on küll omandanud teisi piirjooni, kuid vaevalt muutunud oma iseloomus, on ka metsad kohati tõelised ürgmetsad. Eriti on see maksev Saarde lodumetsade kohta, mis on, nagu mujalgi, segametsad valitseva sanglepa ja

kuusega, milledega seltsivad kask ja saar (joon. 125). Neis metsades kasvavad puud kõrgeil mättail, mis sisaldavad paljude generatsioonide kõdunenud tüvede jäänuseid. On palju risti-rästi lodumetsa loikudele langenud puid, mida on tapnud parasiitseened. Kõdunenud kändudel on harilik *Georgia pellucida*. Väga iseloomulik on teatavate tarnade ja samblaliikide — *Carex loliacea*, *C. tenella*, *C. remota*, *Acrocladium cuspidatum*, *Calliargon cordifolium*, *Mnium punctatum*, *M. pseudopunctatum* jt. — sagedus. Kirjeldatud lodumetsadest on üleminekuid kuivematele metsadele. Neid on õige mitmekesiseid, olenedes aluspinna iseloomust (kas liiv või paerikas moreen). Puutüvedel (eriti haaval) leidub siin *Neckera pennata*'t ja *Lobaria pulmonaria*'t. Karakterne on ka *Cinna latifolia*, mis peale Vahe-Eesti valdkonna (Saarde osas) esineb ainult veel Alutaguse ja Kagu-Eesti valdkonnas. On huvitav märkida, et Soomaa lodumetsad koosseisult vaevalt erinevad Alutaguse valdkonna ja Kastre-Peravalla lodumetsadest, küll aga, nagu eespool nägime, õige tunduvalt Kõrvemaa lodumetsadest.

Ka on männimetsad väga tähtsad Vahe-Eesti lõunapoolses osas. Need on tavalistele Kõrvemaa männimetsadele vastava koosseisuga; ka siin leidub pillatult *Lycopodium complanatum*'it (Rühl, 1935). Rabad (joon. 126, 127) kuuluvad lääne rabade tüüpi. Neis valitseb igal pool *Trichophorum austriacum*, kuigi leidub juba siin-seal ka *Lyonia calyculata* eelposte ja kohati ka ulatuslikke kogumikke (joon. 52).

Sellele suurele valdkonnale on iseloomulikud järgmised põhijooned:

1) Mediterraanne element puudub Vahe-Eestis täielikult peale *Saxifraga tridactylites*'e, mida leidub kohati Kõrvemaal, samuti puuduvad pontilised ja paljud pontosarmaatilised liigid. Siiski on pontosarmaatiline element esitatud põhjaosas (Kõrvemaal) võrdlemisi rohkete *Oxytropis pilosa*, *Phleum Boehmeri*, *Anemone silvestris*'e, *Seseli libanotis*'e, *Medicago falcata* leiukohtadega (vt. joon. 63, 57, 14, 59, 58). Atlantiline element puudub peaaegu täielikult. Siiski leiame Vahe-Eesti lõunapoolses osas (Soomaal) *Drosera intermedia*'t ja *Lycopodium inundatum*'it.

2) Ka paljud teised taimeliigid, mis omavad palju leiukohti nii ida- kui läänepoolseis valdkonnis, puuduvad Vahe-Eestis või esinevad üsna üksikuil leiukohil. Olgu nimetatud järgmised: *Asperula tinctoria* (joon. 56), *Dracocephalum Ruyschiana* (joon. 62),

Tofieldia calyculata (joon. 52), *Ophrys muscifera* (53), *Saussurea alpina* (60).

3) Mitmed läänepoolsed liigid ei ületa Loode-Eesti valdkonna ja Häädemeeste alavaldkonna idapiiri (*Ononis hircina*¹⁾, *Sanguisorba officinalis*) ning puuduvad seega Vahe-Eestis.

4) On väga iseloomulik, et mitmed liigid, mille läänepiir läbib Eesti maa-ala, tungivad siiski Vahe-Eestisse. Nimetame *Lyonia calyculata*'t, *Agrimonia pilosa*'t, *Asperula rivalis*'t ja *Conioselinum Fischeri*'t. Kõrvemaal on *Saxifraga hirculus*'e leiukohti võrdlemisi palju (joon. 31).

Mitmele nimetatud liikidest on olnud rändamisteks Pärnu jõgi. Ka *Glyceria aquatica*, mida leidub siin-seal Pärnu jõe piirkonnas (puudub Lääne-Eestis!), on kasutanud sama teed. On huvitav märkida, et jõe-äärsetel aasadel on Soomaal *Achillea ptarmica* (joon. 80) sage (*Veronica longifolia*'ga koos). Ida-Eestis, ja ka mujal Kupffer'i järgi, alluvioonidele iseloomulik *A. cartilaginea* siin ei esine.

On rida liike, mis Vahe-Eestis seni leitud ainult lõunapoolses alavaldkonnas: *Thalictrum angustifolium*, *Viola uliginosa*, *Gladiolus imbricatus*, *Iris sibirica*. On huvitav, et kõik nimetatud liigid omavad selles alavaldkonnas palju leiukohti. Ka pole teada *Agrimonia pilosa*, *Asperula rivalis*'e ja *Conioselinum Fischeri* leiukohti Kõrvemaa osast. *Rubus arcticus*'e ulatuslikum leiukoht Eestis (joon. 85, 128, 129), samuti *Sparganium glomeratum*'i leiukohad (peale ühe Pandivere valdkonna loodeosas) on Soomaal.

2. Alutaguse valdkond (Alutagia).

Soine ja metsaga kaetud madalik Peipsi põhjakaldal, mis kahe tiivana tungib peaaegu mereni mõlemal pool lisaku-Kurtina moreenseljaket, ulatudes idas Soome laheni, on Alutaguse valdkond. Sarnasus selle valdkonna ja Soomaa alavaldkonna vahel on üllatavalt suur. See avaldub kõigepealt vegetatsiooni üldilmes, sest mõlemas on tähtsad lodumetsad (joon. 136), mis kohati muutuvad ilusateks kuuse-lehtpuu segametsadeks (joon. 138, 139), siis nõmmealad männimetsadega ja rabad (joon. 132—135, 137). Aga ka üksikasjalikum analüüs annaks sama tulemuse, nagu näitavad ka Gruner'i, Rühl'i ja Salasoo andmed. Lodumetsad — täitsa sama iseloomuga kui Saar-

¹⁾ Üks leiukoht Soomaal (joon. 42).

des — on siin samuti rikkad *Carex loliacea* ja *C. tenella* poolest. Esineb ka *C. remota*. Eriti tuleb alla kriipsutada *Cinna latifolia* leiukohti ning ka *Glyceria lithuanica* võrdlemisi sagedast esinemist (Rühl, 1931; Salasoo, 1934). Neis metsades kasvavad, samuti nagu Soomaal, *Cypripedium calceolus*, *Heleborine latifolia*, *Neottia nidus avis*, *Corallorrhiza trifida*, *Stellaria longifolia*, *S. uliginosa*, kohati ka *Mercurialis perennis*, *Dentaria bulbifera* ja *Trichocolea tomentella* (Rühl, 1931, 1935). Ka siin puuduvad enam-vähem täielikult mediterraanse, pontilise ja pontosarmaatilise elemendi esindajad¹⁾. Pseudoatlantilise element on esindatud kahe liigiga (üksikud leiukohad!): *Myrica gale* (joon. 50) ja *Lycopodium inundatum* (joon. 79). Kaltsifiilseid liike, eriti nõudlikumaid, on vähe. Nii puuduvad siin: *Saussurea alpina*, *Dracocephalum Ruyschiana*, *Tofieldia calyculata*, *Cephalanthera rubra*, *Lathyrus pisiformis*, *Senecio integrifolius*, kuid esinevad *Schoenus ferrugineus* (väga harva), *Ophrys muscifera*, *Cladium mariscus* (1 leiuk.), *Carex Davalliana*, *C. Hornschuchiana*, *Sesleria* * *uliginosa*, *Primula farinosa*. Suurtel aladel puuduvad siiski ka need harielikud liigid.

Teatavat sarnasust Vahe-Eesti lõunapoolse alavaldkonnaga võiks näha vahest ka *Rubus arcticus*'e esinemises, kuigi piiratud alal Narva lähedal. Sellele tuleb siin veel juurde subarktiline liik *Moehringia lateriflora* Narva lähedal (Meinshausen) ja Narva jõe kaldal Gorodenko lähedal („Krasnaja Gora“) (Salasoo, 1934). See liik esineb Eestis ainult Alutaguse valdkonnas.

Erilist mainimist väärib *Carex laevirostris* ja *Galium triflorum*. Esimese *Carex laevirostris*'e leiukoha avastas Seidlitz (Gruner'i järgi) Türsamäest lõunas. Suvel 1932 tegid kindlaks rea leiukohti peamiselt Eichwald ja Rühl. Selgus, et kõik leiukohad langevad Alutaguse valdkonda, nii et seda liiki, mis ka Ingeris sage, võib meil pidada otse iseloomulikuks Alutaguse valdkonnale. Teine liik — *Galium triflorum* — avastati siin hiljuti (Rühl, 1931) Sirts'i läheduses.

On üsna loomulik, et selles valdkonnas leidub mitmesuguseid ida-päritoluga (idast Eestisse tunginud) liike. Nimetame kõigepealt järgmisi: *Gypsophila fastigiata* (üksikud leiukohad, joon. 68), *Scalochloa festucacea* [Peipsi põhjakallas, Narva j. (joon.

¹⁾ Väga harva leidub siiski *Saxifraga tridactylites*'t, *Silene chlorantha*'t, *S. tatarica*'t, *Anemone silvestris*'t, *Phleum Boehmeri*'t, *Gypsophila fastigiata*'t jt.

70, 131)], *Inula britannica*, *Glyceria aquatica*, *Achillea cartilaginea* [Narva jõe kaldail väga sage (joon. 69)], *Agrimonia pilosa*, *Lyonia calyculata* (esineb rabadel ja rabastunud metsades massiliselt), *Polemonium coeruleum*¹⁾.

Lõpuks tuleks peatuda mõne sõnaga peipsiäärsel vegetatsioonil. Liivase aluspinna tõttu on siin kaldail peaaegu kogu ulatuses luited või vähemalt liivane rand, mis võimaldab elu psammofüütidele (joon. 130). *Elymus arenarius*, *Festuca polesica* ja *Festuca rubra* var. *arenaria* on niisama harilikud nagu Häädemeeste alavaldkonnas, millest peipsiäärsed rannikuosad erinevad peamiselt selle poolest, et siin puuduvad halofüüdid ning esinevad mõningad ida-päritoluga liigid, mida ei leidu Häädemeeste alavaldkonnas. Iseloomulik on *Salix acutifolia*, mis kasvab siin *S. triandra*'ga koos ja on üsna harilik.

Alutaguse valdkond, mille idapiir asub Venes, ulatub kirdes Soome laheni. Liivasel mererannal leidub siin *Lathyrus maritimus*'t, *Honckenya peploides*'t, *Salsola kali*'t, *Cakile maritima*'t (Kurilin, 1871; Schmalhausen, 1874), kuid selliste enam-vähem halofiilsete liikide vähesuse tõttu on siin erilise rannikuvaldkonna eraldamine ära jäänud. Mererannikul Narva-Jõesuu ümbruses ja siit põhja poole kasvavad, nagu Peipsi rannikulgi, *Elymus arenarius*, *Festuca rubra* var. *arenaria*, *Salix acutifolia* (Schmalhausen, 1874); „hallidel“ luidetel ka *Helleborine atropurpurea*, *Hypochoeris maculata*, *Pulsatilla patens*, *Calamagrostis epigeios* jt. (Eichwald).

3. Lahkme-Eesti valdkond (Estonia media).

Seda valdkonda võiks nimetada ka Süda-Eesti valdkonnaks. Ta ulatub põiki üle Eesti keskosa, jäädes Vahe-Eesti valdkonna ja Kagu-Eesti valdkonna vahele. Põhjast piirab teda umbes Paide — Koeru — Simuna joonel Pandivere valdkonna lõunapiir, läänes Türi-Mõisaküla joonel Vahe-Eesti idapiir, lõunas ja idas lookleb piir üle Taagepera—Tarvastu—Rannu—Nõo—Kambja—Võnnu—Kodavere. See maa-ala on keskosas endise Suur-Võrtsjärve põhi; edelas ja kirdes on ulatuslikud voorte-maad.

¹⁾ Umbrohtudest võiks vahest nimetada *Gypsophila muralis*'t (võrdlemisi harilik ka Lahkme-Eestis ja Kagu-Eestis).

Valdkonna läänepiir langeb enam-vähem ühte maksimaalse meretransgressiooni piiriga (vt. Kant 1932). Erilist põhjendamist vajab idapiir, sest et siin (vt. kaardil) võrdlemisi kitsas ala Peipsi rannikul on arvatud Kagu-Eesti valdkonda. Põhjeneb see asjaolul, et selles osas on devooni liivakivi suhteliselt lähedal aluspinnale ning moreen lubjavaene, mille tagajärjel taimkatte koosseis vastab Kagu-Eesti valdkonna taimkattele. Kahtlemata on Emajõe-äärsed luhad õige sarnased Emajõe suubumisel olevatega ja ka nendega, mida leidub kaugemal lõunas Peipsi rannikul (näit. Võõpsu-Satseri alal). Siiski on taimkatte üldine iseloom ja taimeliikide levimine niisugune, et põhjustavad ala lõunapiiri eespool-nimetatud joonel Emajõest lõunas.

Valdkonna kliima selgub alljärgnevaist tabelleist:

Sademed:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Põltsamaa	30.9	27.0	23.2	27.6	37.8	49.5	81.3	72.5	39.5	44.0	40.3	36.8	510.4
Tartu	34.9	28.1	26.0	29.8	40.6	62.4	79.6	81.2	48.1	43.3	40.0	39.3	553.3
Viljandi	36.3	27.3	28.8	32.3	47.6	58.8	74.3	91.9	51.0	51.8	44.3	44.3	588.7

Temperatuur:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Tartu	-6.5	-6.6	-3.3	3.6	10.0	14.8	17.0	15.0	10.5	4.9	-0.5	-4.9	4.5

Iseloomult on Lahkme-Eesti valdkond üleminekualaks, mis eraldab Pandivere valdkonna Kagu-Eesti valdkonnast. Moreeni lubjarikkuse tõttu ei puudu sellel sugulusjooni Pandivere valdkonnaga, teiselt poolt on sugulus Kagu-Eesti valdkonnaga samuti ilmne, sest et Emajõe kaudu mitmed ida-päritoluga liigid on tunginud sügavale kõnesoleval alal. Ka on, nagu eespool nimetatud, Tartu ja Võrtsjärve vahelised suured luhad vaevalt erinevad neist, mis on Emajõe suubumisalal Kagu-Eesti valdkonnas.

Lahkme-Eesti valdkonnas on tähtsamaks puuliigiks kuusk. Enamikus leiame segametsi, milledes lehtpuudest on harilikud kask, haab ja teised Eesti mandriosa metsadele iseloomulikud liigid. Lodumetsad on kohati ulatuslikud, eriti Võrtsjärvest põhja pool oleva alal, mida läbivad Muda j., Pedja j. ja Põltsamaa j. Nagu mujalgi lodumetsades, on ka siin vahelduva paksusega loduturba all savi-aluspõhi. Puuliikidest on tähtsad sanglepp, sookask, kuusk. Kohati, kuigi harva, leidub ohtralt ka saari. Rohurindes: *Filipendula ulmaria*, *Crepis paludosa*, *Carex tenella*, *Cirsium oleraceum*, *Ranunculus lingua*, *Carex silvatica*,

Carex loliacea, *C. caespitosa*, *Aspidium thelypteris*, *Iris pseudacorus*, *Carex elongata*, *C. vesicaria*, *Stachys palustris*, *Lycopus europaeus*, *Lysimachia vulgaris* jt. Kuivemates lodumetsades on tähtsad eespool-nimetatud tarnad, *Crepis paludosa* jt., kuna märjemates on puud lodumetsadele iseloomulikkudel mätastel ning mätaste vahel ka kesksuvel sageli loigud. On tõenäone, et neis metsades leidub ka *Cinna latifolia*'t ja *Poa remota*'t. Sammalkattes on tähtsad *Acrocladium cuspidatum*, *Climacium dendroides*, *Fissidens adiantoides*, *Mnium*'i liigid jt. (joon. 141). Seega on lodumetsad üldiselt enam-vähem sama iseloomuga nagu Soomaal ja Alutaguses.

Kuivemate lodumetsade vegetatsioon seguneb kergesti *Hepatica triloba*—*Pulmonaria officinalis*'e ühinguga, mis on Lahkme-Eestis aluspinna lubjarikkuse tõttu tähtsaks metsaühinguks. Selle ühingu koosseis on terves valdkonnas üldiselt sama, kuigi leidub muidugi niihästi vaesemaid kui ka rikkamaid kogumikke. Praegune põllupind valdkonnas on valdavas osas endine kuuse-segametsa maa, kus rohurindes harilikult esines sinilille-kopsurohu ühing. Jõeäärsetest metsadest, milles peale teiste puulikkide olid tähtsad *Alnus incana*, *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, on säilinud mõned riismed Pedja jõe kaldail.

Kahtlemata on Emajõe-äärsed luhad suures osas tekkinud inimese kaastegevusel uhtlamm-metsa ja selle taga oleva lodumetsa hävitamise tagajärjel, kuid osalt on nad siiski primaarsed. Taimkate on siin õige ühtlane. Eriti tähtsateks liikideks osutuvad: *Equisetum limosum*, *Carex gracilis*, *C. elata*, *C. Goodenowii*, *C. disticha*, *C. vesicaria*, *Nasturtium amphibium*, *Scolochloa festucacea*, *Caltha palustris* jt. Need liigid moodustavad rea iseloomulikke taimeühinguid (*Equisetum limosum*'i üh., *Phalaris arundinacea*—*Scolochloa festucacea* üh., *Carex gracilis*'e üh., *C. vesicaria* üh., *C. elata* üh., *C. Goodenowii*—*C. panicea* üh. jt.).

Rabad — suuremad valdkonnas on Võrtsjärvest põhjas, Võrtsjärve ja Tartu vahel ning Endla järve ümbruses — kuuluvad Ida-Eesti rabade tüüpi: *Lyonia calyculata*'t leidub sageli massiliselt, *Trichophorum austriacum* puudub¹⁾.

Valitsevaiks mullaliikideks on Lahkme-Eesti valdkonnas liivsavid ja saviliivad. Leidub ka puhast liiva, kuid vähemas

¹⁾ *Trichophorum austriacum*'i leidub siiski Eichwald'i andmeil Aidu lähedal (Põltsamaa).

ulatuses. Kuna moreen on siin veel küllalt lubjarikas, siis leidub selles valdkonnas suhteliselt rohkesti lubjalembesi taimi, kuigi nende esinemise ohtrus, samuti liikide arv näitab ilmselt kahanemist võrreldes Pandivere valdkonnaga. Siiski on *Sesleria* **uliginosa*, *Carex Davalliana*, *Pinguicula vulgaris*, *Primula farinosa* üsna harilikud ja esinevad sageli hulgi. Leidub pillatult siinseal ka *Carex Hornschuchiana*'t, *Ophrys muscifera*'t (joon. 53), *Viola uliginosa*'t, *Tofieldia calyculata*'t (joon. 52) ja *Schoenus ferrugineus*'t. Kuid vähenõudlikud *Carex Goodenowii* — *C. panicea* niidud, samuti *Deschampsia caespitosa* — *Festuca rubra* niidud on väga harilikud.

Sellele üldisele iseloomustusele tuleb kõigepealt juurde lisada järgmist: Vahe-Eesti valdkonnas puudub täielikult 1) mediterraanne element, 2) pontiline element, 3) atlantiline element¹⁾. Pontosarmaatiline element on esindatud võrdlemisi nõrgalt. Leidub osalt üsna üksikuid, osalt vähearvulisi leiukohti järgmistest liikidest: *Anemone silvestris* (joon. 14), *Seseli libanotis* (joon. 59), *Asperula tinctoria* (joon. 56), *Sempervivum soboliferum* (joon. 67), *Helichrysum arenarium* (joon. 66), *Gypsophila fastigiata* (joon. 68) jt. Just seesugune pontosarmaatilise elemendi esinemine iseloomustab eriti Lahkme-Eestit kui ülemineku-ala, sest esimesed 3 liiki on harilikud Pandivere valdkonnas, viimased 3 Kagu-Eesti valdkonnas. — *Iris sibirica*'st ja *Gladiolus imbricatus*'est on teada mitmeid leiukohti. Eriti *Iris sibirica*'t kasvab kohati hulgi. *Saxifraga hirculus* (joon. 31), *Betula nana*, *B. humilis* on võrdlemisi harilikud. Viimane esineb kõnealuses valdkonnas mitmel pool massiliselt.

Ka eraldab Lahkme-Eesti valdkonda Vahe-Eesti valdkonnast ja üldiselt ka Alutaguse valdkonnast paljude ida-päritoluga liikide esinemise sagedus [osalt euraasia (*Asperula rivalis*, *Inula britannica*, *Glyceria aquatica*, *Ligularia sibirica*, *Achillea cartilaginea*), osalt eurosiberi (*Ostericum palustre*), euraasia-boreoameerika (*Geum aleppicum*, *Scolochloa festucacea*) või euroopa (*Peucedanum oreoselinum*) liigid]. Nagu juba eespool tähendatud, leidub mõningaid nimetatud liikidest siiski ka Vahe-Eesti ja Alutaguse valdkonnas. Seesugusteks liikideks on: *Agrimonia pilosa*, *Asperula rivalis* (ka Vahe-Eestis, puudub Alutagusel), *Achillea cartilaginea*

¹⁾ *Juncus squarrosus*'t on leitud Suure-Jaani ümbruses (Bunge järgi, Schmidt 1855). Kas see liik seal ka praegu kasvab, pole teada.

(ka Alutagusel, puudub Vahe-Eestis, joon. 69), *Scolochloa festucae* (ka Alutagusel, puudub Vahe-Eestis, joon. 70). Ainult Lahkme-Eestist tunneme praegu *Peucedanum oreoselinum*'it. Ka *Ligularia sibirica* leiukohad (joon. 72) langevad osalt siia (teised leiukohad Kagu-Eesti ja Irboska valdkonnas!). Tuleb esile tõsta ka asjaolu, et *Ostericum palustre* esineb Eestis peale Saarte ja Ranniku valdkonna ainult Lahkme-Eesti valdkonnas (joon. 29). Lõpuks on ka *Swertia perennis* teatava määrani iseloomulik kõnesolevale valdkonnale, kuigi teda leidub mujalgi [Rakvere lähedal (Schmidt), Irboska läh. (Andrejev, Puring)].

VI. Devooni piirkond (Districtus devonicus).

1. Kagu-Eesti valdkond (Estonia orientalis).

Kagu-Eesti valdkonda piiravad läänes ja põhjas ülemineku-iseloomuga Alutaguse ja Lahkme-Eesti valdkond. Idas on piiriks Peipsi ja Pihkva järv ning Irboska valdkonna läänepiir. Lõunapiir asub osalt arvatavasti Lätis. Valdkonna kliimat iseloomustavad järgnevad tabelid:

Sademed:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Tarvastu	22.3	20.0	21.2	33.7	41.0	53.8	75.1	72.0	44.8	41.4	34.1	31.7	491.1
Kiidjärve	21.1	18.6	20.3	29.7	39.5	63.2	73.8	94.4	44.8	35.5	29.4	29.4	499.7
Sangaste	34.8	23.3	25.9	37.5	42.1	76.9	85.4	81.8	45.5	42.8	40.2	40.5	576.7
Vastselliina	23	21	19	33	44	70	79	83	49	41	36	33	531

Temperatuur:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Aasta
Petseri	-6.8	-7.0	-3.3	4.2	11.6	15.3	17.4	15.5	10.8	5.2	-0.4	-4.9	4.8

Valdkonna läänepoolne osa on Lõuna-Eesti moreenkingustikkude, suursüümade ja kuplite maa: idapoolne on tasasem, osalt (Petserimaa) lavakõrgendiku iseloomuga, mida lõikavad laiad ürgorud. Devooni liivakivi, mis moodustab siin aluspõhja, ei ulatu kuskil katmatult otse maapinnale. Ta paljastub ainult jõgede orgudes ja Peipsi rannikul, luues asukohti liikidele, mida muidu ei leidu Kagu-Eesti valdkonnas (näit. *Cystopteris fragilis* Kallastel ja Ärna jõe paljandil Mustlast läänes). Kõike kattev moreen on siin võrdlemisi tüse. Ta koosneb, nagu mujalgi,

savikast ainesest, mis on segatud liiva, kruusa ja munakatega. Siin-seal leidub selles valdkonnas ka ulatuslikke liivikuid ja liivase aluspinnaga nõmme ning palumetsa alasid.

Aluspinna iseloomule vastavalt on metsad, niivõrt kui need on säilinud, ülekaalus kuivad männimetsad, milles kohati valitseb pohl, kohati kanarbik, või nõmmemetsa (joon. 143) harilikud samblikud (*Cladonia rangiferina*, *C. silvatica*, *C. alpestris* jt.). Iseloomulik on *Lycopodium complanatum*'i ja *Pulsatilla patens*'i sagedus. Kohati esineb esimene nimetatud liikidest otse massiliselt. Raiesmikkudel, harvendatud kohtadel jne. on mitmesugused liivalembesed liigid, nagu *Koeleria glauca*, *Campanula rotundifolia* jt. harilikud. Kuusemetsade ulatus on samuti suur, kuid sageli on nad vaese koosseisuga, kuna pinnakattes valitseb sammal (eriti *Hylocomium proliferum*) ja mitmed harilikud toore huumuse liigid, nagu *Majanthemum bifolium*, *Trientalis europaea* jt. Siiski leidub ka hästi väljakujunenud ulatuslikke sinilille-kopsurohu ühingu kogumikke. Vahe-Eesti ja Alutaguse valdkonnale nii iseloomulikke lodumetsi on eriti Emajõe suubumisalast lõunas. Kõik karakterised liigid, nagu *Cinna latifolia*, *Glyceria lithuanica*, *Carex loliacea*, *C. tenella*, esinevad siin. Kaugemal lõunas näivad seesugused lodumetsad siiski täielikult puuduvat. Tähtsaks vegetatsioonivormiks Kagu-Eesti valdkonnas on suured luhad. Need on hästi välja kujunenud ka Lahkme-Eesti valdkonnas, kus nende iseloom on sama. Emajõe suubumisalal näit. on valitsevaks liigiks harilikult *Carex elata*, osalt ka *C. lasiocarpa*. Dominantidega seltsivad *Comarum palustre*, *Menyanthes trifoliata*, *Cardamine pratensis*, *Equisetum limosum*, *Peucedanum palustre*, *Stellaria palustris*, *Galium palustre* jt. harilikud liigid (Sirgo, 1933), mis esinevad, nagu nimetatud taimedki, kogu Eestis. Ka kaugemal lõunas (eriti Võõpsu ja Satseri vahel) on luhad Peipsi ja Pihkva järve kaldail väga harilikud. Järveäärsel rannakünnisel leidub *Achillea cartilaginea*'t, *Senecio paludosus*'t, *Symphytum officinale*'t, *Veronica longifolia*'t, *Stachys palustris*'t, *Solanum dulcamara*'t jt. pajupõõsastega (*Salix cinerea*, *S. nigricans*, *S. phylicifolia*, *S. pentandra*, *S. triandra*) koos (Sirgo, 1933). Olgu tähendatud, et kõik need taimed kasvavad ka Võrtsjärve kaldail (ka läänekaldal). Võiks nimetada ka soosaari, mis esinevad siin-seal rohtsoodes ja luhtadel. Neis leidub sageli tamme. Teistest liikidest on iseloomulikud *Gladiolus imbricatus*, *Iris sibirica*, *Dianthus superbus*, *Platanthera chlorantha* jt. (Lippmaa, 1928).

Niidud kõnesolevas valdkonnas koosnevad vähenõudlikkudest liikidest. *Deschampsia caespitosa*, *Ranunculus acer*, *Festuca rubra*, *Geum rivale*, *Polygonum bistorta*, *Saxifraga granulata*, *Viscaria vulgaris* jt. on harilikud; niisketel ja märgadel niitudel on tähtsad *Carex Goodenowii* — *C. panicea* ühing, *C. rostrata* üh., *C. vesicaria* üh. jt. Lubjalembeste liikide tähtsus on vähene. Leidub siiski, kuigi õige pillatult, *Anemone silvestris*'t, *Carex Hornschuchiana*'t, *Ophrys muscifera*'t (2 leiukohta), *Tofieldia calyculata*'t (1 leiukoht), *Schoenus ferrugineus*'t jt.

Rabad on Ida-Eesti rabade tüüpi rikkalikult esineva tupese villpeaga. *Lyonia calyculata*'t leidub sageli massiliselt. Laukais on tähtsad *Carex limosa* ja *Scheuchzeria palustris*, harvemini *Rhynchospora alba*.

Nõmmealadel leidub siin oligotroofseid järvi neile omaste iseloomulikkude taimedega [*Isoetes lacustre* (joon. 55), *Lobelia Dortmanna* (joon. 82), *Sparganium affine* jt.]. Teistest veetaimedest võiks esile tõsta *Alisma graminifolia*'t (Emajões, Sirgo) ja *Helodea canadensis*'t, viimast ta sageli massilise esinemise tõttu.

Asudes üksikute flooraelementide selgitamisele Kagu-Eestis, võib konstateerida järgmist: mediterraanne element puudub täielikult. Pseudoatlantiline on esindatud 1 liigiga: nimelt *Lycopodium inundatum*'iga, millel on siin suhteliselt väikesel alal küllalt suur arv leiukohti (joon. 79). Viimane asjaolu on seletatav sellega, et valdkonna edaafilised olud — leidub suuri liivaseid nõmmealasid — on sellele liigile väga soodsad. Kuski mujal Eestis pole aga liivalembeste pontiliste ja pontosarmaatiliste liikide arv nii kõrge nagu Kagu-Eestis. See on selle valdkonna kõige iseloomulikum joon.

Rida siia kuuluvaid liike esineb Eestis peamiselt vaid kõne all olevas valdkonnas. Need liigid on: *Silene chlorantha* (joon. 74), *Arenaria graminifolia* (joon. 76), *Silene tatarica* (joon. 75). Teisi leidub siin-seal ka mujal, kuid üksikult, kuna Kagu-Eesti valdkonnas on nad harilikud. Seesugused liigid on: *Gypsophila fastigiata* (joon. 68), *Helichrysum arenarium* (joon. 60), *Sempervivum soboliferum* (joon. 67). Ka võiks esile tõsta, et *Pulsatilla patens* (joon. 30), *Jasione montana*, *Dianthus arenarius*, *Carex ericetorum*, *Koeleria glauca* (joon. 78), *Lycopodium complanatum* (f. *chamaecyparissus* ja f. *anceps*) on väga harilikud.

Paljud nimetatuid kasvavad kuivadel kinkudel, mida nime-tame seetõttu pontilisiks. Neil leidub koos järgmisi liike (E i c h -

wald, 1930): *Helichrysum arenarium*, *Origanum vulgare*, *Pimpinella saxifraga*, *Jasione montana*, *Satureja acinos*, *Verbascum thapsus*, *V. nigrum*, *Dracocephalum Ruyschiana*, *Thymus glaber* jt. — Teised on liiva-alade taimed, nii näit. *Silene chlorantha*, *Arenaria graminifolia*, *Sempervivum soboliferum*, *Gypsophila fastigiata*, *Koeleria glauca* jt. Osalt leidub viimaseid ka valguserikastes männimetsades nii Valga- kui ka Petserimaal.

Kuid mitte ainult pontiliste ja pontosarmaatiliste liikide rohkus ei iseloomusta Kagu-Eesti valdkonda. Teise tunnusena tuleks lisada idalevikuga liikide, s. o. niisuguste liikide rohkust, mis Lääne-Euroopas ei esine. Sellistest taimedest leidub siin järgmisi: *Scolochloa festucacea* (joon. 70), *Agrimonia pilosa*, *Asperula rivalis*, *Lyonia calyculata* (joon. 54), *Achillea cartilaginea* (joon. 69), *Geum aleppicum* (joon. 73), *Bidens radiatus* (joon. 71¹). *Inula britannica*'t leidub eriti Peipsi läheduses, *Glyceria aquatica* on harilik, esineb kohati hulgi.

Ka on märkimisväärt *Betula humilis*'e, *Leersia oryzoides*'e, *Saxifraga hirculus*'e (joon. 31) sage esinemine. *Gentiana pneumonanthe*, *Isoetes lacustre*, *Lobelia Dortmanna* ja *Gladiolus imbricatus* pole siin küll harilikud, omavad siiski igaüks 3—5 leiukohta. Esineb ka Häädemeeste alavaldkonnas kasvav liik — *Petasites spurius* nii Peipsi rannikul kui ka Koiva jõe lammil (joon. 142) ala lõunapiiril.

2. Irboska valdkond (Estonia sarmatica).

Irboska valdkond on meie kagupoolseim. Pinna suuruselt võrdub ta Eesti osas ligikaudu Häädemeeste alavaldkonnaga. Selle valdkonna piirid jätkuvad idasuunas Pihkva poole, lõunasuunas jätkub piir enam-vähem otsejoones Läti territooriumil.

Subkontinentaalse kliima mõju taimkattele suurendab siin aluspind, mis koosneb peamiselt Gorodištše ja Irboska hallist lubjapaest. Seega on taimkattele loodud eelmisest (Kagu-Eesti) valdkonnast põhjalikult lahkuminevad eeldused. On siis ka arusaadav, et Irboska valdkond omab floorat, mis mõneski mõttes meenutab siluuri ja ordoviitsiumi aluspõhjaga alade taimkatet. Lubjalembeste liikide arv on suur. Siin kasvavad

¹) Eichwaldi ja Sirgo uurimiste tagajärjel on selgunud, et see liik on võrdlemisi harilik Peipsi rannikul. Alutaguse valdkonnas on *Bidens radiatus*'t leitud ka Narva jõe suubumisalal (Schmalhausen, 1874).

muuseas järgmised liigid: (Puring, 1896, 1898, 1900; Ispolatov 1898, 1899; Andrejev ja Ispolatov 1909 ja Andrejev 1912; Nenjukov 1934): *Arabis hirsuta*, *Cardamine impatiens*, *Viola collina*, *Lonicera coerulea*, *Hypericum hirsutum*, *Evonymus verrucosa*, *Astragalus glycyphyllos*, *Lathyrus niger*, *Cotoneaster integerrima*, *Saxifraga tridactylites*, *Seseli libanotis*, *Cornus sanguinea*, *Brachypodium silvaticum*, *Inula salicina*, *Crepis praemorsa*, *Gentiana cruciata*, *Lithospermum officinale*, *Lappula echinata*, *Melampyrum cristatum*, *Liparis Loeselii*, *Cephalanthera rubra*, *Poa compressa*, *Cystopteris fragilis*, *Asplenium ruta muraria*, *A. trichomanes*, *Anemone silvestris*, *Crataegus monogyna*, *Pyrus malus*, *Ajuga reptans*, *Aspidium robertianum*, *Carex pediformis* (Irboska). Enamik nimetatud liikidest ei esine üldse Kesk-Eestis. Teised on seal vaid üksikuil isoleeritud leiukohil, näit. *Cystopteris fragilis*, *Melampyrum cristatum* jt. On tähelepanuväärt, et nende liikide hulgas on ainult kaks liiki — *Evonymus verrucosa* ja *Carex pediformis*, mis mujal Eestis ei esine. Teised kõik on Põhja-Eesti valdkondades või aga Saarte valdkonnas esindatud.

Et siin antud piirides Irboska valdkonnas pole liivane aluspind kuigi tähtis, siis on pontilise elemendi liivalembeste liikide leiukohti vähe. Atlantiline element puudub. Mediterraanne on esindatud ühe liigiga: *Saxifraga tridactylites*. Pontosarmatiline element on hästi esindatud nii liiva- kui ka lubjalembeste liikidega. Olgu nimetatud järgmised: *Gypsophila fastigiata*, *Koeleria glauca*, *Helichrysum arenarium*, *Sempervivum soboliferum*, *Koeleria grandis*, *Seseli libanotis*, *Evonymus verrucosa*, *Anemone silvestris*.

Eespool-nimetatud taimed kasvavad muidugi väga mitmesugustes tingimustes. Osa on kaljupankade, kuivade nõlvade ja niitude taimed. Teised esinevad lubjarikastes soodes (näit. *Liparis Loeselii* *Schoenus ferrugineus*'ega koos Irboska läh. ¹⁾).

Ala lõikavad suured ürgorud. Nende veerudel kasvas kunagi lopsakas salulehtmets, milles ka tamm oli tähtis. Veel praegu on tamme näit. Vašina Gora nõlvakuil suhteliselt palju. Nüüd on need metsad suuremalt osalt muudetud lepikuiks. Kohati on sage ka sarapuu. Neis lepikutes ja noortes segamet-

¹⁾ Seesuguseis tingimuses on Irboska lähedalt leitud ka *Ligularia sibirica*'t. Liik esineb Eestis peamiselt Lahkme-Eesti valdkonnas.

sades leidub enam-vähem kõiki *Hepatica triloba* — *Pulmonaria officinalis*'e ühingu liike. Kohati (näit. Vašina Gora vastas oleval nõlval) kasvavad ka *Sanicula europaea*, *Hypericum hirsutum* ja *Brachypodium silvaticum*. Irboska valdkonnas leidub ka *Pulmonaria angustifolia*'t¹⁾.

¹⁾ Eestis esineb see liik väga harva ja pillatult.

RÉSUMÉ.

Aperçu géobotanique de l'Estonie.

La dernière période glaciaire a joué un rôle éminent dans le développement de la flore actuelle de l'Estonie, parce que, grâce à la nature géomorphologique et à la position septentrionale de l'Estonie, aucune espèce de sa flore pré-glaciaire n'a pu échapper à la destruction. Or, quoique la végétation actuelle d'Estonie soit relativement jeune, onze mille années se sont pourtant écoulées, d'après les recherches de Ramsay et Sauramo, depuis le moment, où l'Estonie du Nord se trouva délivrée des glaciers de la période glaciaire.

Dans la flore autochtone actuelle d'Estonie les cyperacées, graminées, composées, rosacées, caryophyllacées, renonculacées, scrofulariacées, crucifères, papilionacées, ombellifères et labiées prédominent (p. 12): plus de 50 p. c. de la flore autochtone y appartient. Les hémicryptophytes et cryptophytes dominent complètement, le nombre des thérophytes autochtones, de même que celui des chaméphytes, n'est pas grand. Une liste des phanérophytes d'Estonie se trouve p. 5 et 6.

Les études floristiques y étant cultivées depuis à peu près d'un siècle [cf. Lippmaa 1932; Vilberg, 1929], la flore des plantes vasculaires d'Estonie doit être considérée comme relativement bien étudiée. On a constaté à peu près 1300 espèces, dont plus de trois cents espèces anthropochores. Le nombre des espèces autochtones connues à ce jour est de 970¹⁾.

En conformité avec Braun-Blanquet (1919), Eig (1931) et d'autres auteurs, la notion d'élément phytogéographique dans le présent mémoire est employée dans le sens géographique: les espèces ayant des aires géographiques plus ou moins ressemblantes sont considérées comme appartenant au même élément phytogéographique. Bien que la notion d'élément dans

¹⁾ Ce chiffre est approximatif, par suite des difficultés qu'offrent les genres *Hieracium*, *Alchemilla*, *Crataegus*, etc.

ce sens purement géographique soit exempte des hypothèses, il existe néanmoins des difficultés assez considérables pour classer la flore d'un pays d'après les éléments phytogéographiques. Ces difficultés dépendent 1^o du fait qu'il n'y a pas de limite précise entre l'espèce, la sous-espèce, etc. et 2^o du fait que les aires des diverses espèces diffèrent tellement, qu'il est difficile d'en trouver même deux parmi 100 qui coïncident complètement.

Tout en admettant les imperfections d'un système des éléments phytogéographiques quelconque, imperfections dues en grande partie aux causes indiquées plus haut, il est pourtant incontestable qu'une analyse des éléments phytogéographiques d'une flore donnée est une tâche tout à fait indispensable si on veut saisir les caractères fondamentaux de cette flore.

Voici le résultat auquel l'auteur est arrivé en analysant la flore des plantes vasculaires d'Estonie :

L'élément arctique et arctoalpin est représenté dans la flore d'Estonie par les espèces suivantes: *Rubus arcticus*, *Carex glareosa*, *Selaginella selaginoides*, *Poa alpina*, *Carex magellanica*, *C. capillaris*, *Salix lapponum*, *Betula nana*, *Polygonum viviparum*, *Cerastium alpinum*, *Draba incana*, *Saxifraga adscendens*, *S. hirculus*, *Potentilla Crantzii*, *Empetrum nigrum*, *Primula farinosa*, *Pinguicula alpina*, *Saussurea alpina*. Notons que seules les deux premières — *Rubus arcticus* et *Carex glareosa* — sont des espèces arctiques manquant dans les Alpes, le Caucase et les montagnes de la Sibérie.

Beaucoup d'espèces nommées sont assez rares en Estonie et ne se trouvent que dans quelques endroits isolés; telles sont surtout *Rubus arcticus* (fig. 85), *Cerastium alpinum*, *Saxifraga adscendens* (fig. 45), *Pinguicula alpina* (fig. 9). Les autres sont plus répandues ou même communes, comme p. ex. *Carex capillaris*, *Salix lapponum*, *Betula nana* (surtout dans l'Estonie du nord), *Polygonum viviparum*, *Saxifraga hirculus* (manque sur les îles estoniennes, fig. 31), *Empetrum nigrum* et *Primula farinosa*.

L'élément eurasiatique-boréoaméricain est abondamment représenté dans la flore en question : à peu près un quart des espèces doit y être classé. On y trouve un nombre d'espèces septentrionales à l'aire circumpolaire, comme *Equisetum scirpoides* (fig. 84), *E. variegatum*, *Sparganium glomeratum*, *Carex brunnescens*, *C. heleo-nastes*, *C. norvegica*, *Juncus stygius*, *Salix livida*, *S. myrtilloides*,

S. phyllicifolia, *Polygonum bistorta*, *Stellaria crassifolia*, *Moehringia lateriflora*, *Alchemilla glomerulans*, *Rubus saxatilis*, *R. chamaemorus*, *Cornus suecica*, *Andromeda polifolia*, *Ledum palustre*, *Arctostaphylos uva ursi*, *Vaccinium vitis idaea*, *V. myrtillus*, *Oxycoccus palustris*, *O. microcarpus*, *Trientalis europaea*, *Pinguicula vulgaris*, *Galium triflorum*, *Linnaea borealis*, etc. Il y a des espèces subarctiques comme *Moehringia lateriflora*, *Alchemilla glomerulans*, *Cornus suecica*, etc.

Beaucoup d'espèces appartenant à l'élément eurasiatique-boréoaméricain s'avancent plus au sud que les espèces circumpolaires nommées. Mentionnons surtout *Aspidium phegopteris*, *A. robertianum*, *A. dryopteris*, *A.*euspinulosum*, *A.*dilatatum*, *Milium effusum*, *Hepatica triloba*, *Comarum palustre*, etc. (v. p. 17). Un groupe des espèces de l'élément eurasiatique-boréoaméricain mérite d'être nommé à part parce qu'elles manquent dans l'Europe occidentale, c'est-à-dire leur limite occidentale se trouve partiellement sur le territoire de l'Estonie [*Lyonia calyculata* (fig. 54), *Geum aleppicum* (fig. 73), *Stellaria longifolia*, *Scolochloa festuacea* (fig. 70)].

L'élément eurasiatique. Dans la flore autochtone d'Estonie cet élément est de la même importance que l'élément eurasiatique-boréoaméricain (25,4 p.c). Beaucoup d'espèces arborescentes et arbustives d'Estonie y appartiennent (*Pinus silvestris*, *Populus tremula*, *Prunus padus*, *Tilia cordata*, *Salix pentandra*, *S. caprea*, etc.; cf. p. 18). L'élément eurasiatique est richement représenté dans la flore sylvestre: *Festuca gigantea*, *Brachypodium silvaticum*, *Carex silvatica*, etc. (cf. p. 18); on le trouve aussi dans la végétation des prés, des marécages, etc. (*Sagittaria sagittifolia*, *Butomus umbellatus*, *Hydrocharis morsus ranae*, *Nuphar luteum*, *N. pumilum*, *Nasturtium amphibium*, *Artemisia campestris*, *A. vulgaris*, *A. absinthium*, *A. maritima*, *A. rupestris*, etc.).

Les espèces nommées poussent plus ou moins partout en Estonie, sauf *Artemisia maritima* (fig. 7) et *A. rupestris* (fig. 19) qu'on trouve sur les îles estoniennes et dont la seconde est une espèce caractéristique (Kupffer) des îles estoniennes. Comme dans l'élément eurasiatique-boréoaméricain, il y a dans l'élément asiatique d'Estonie des espèces qui font défaut dans l'Estonie occidentale (elles manquent sur les îles estoniennes); nommons surtout *Carex tenella*, *Potentilla intermedia*, *Conioselinum Fischeri*, *Asperula rivalis*, *Achillea cartilaginea*, (fig. 69), *Ligularia sibirica* (fig. 72), *Salix acutifolia*. Partiellement cette limite occidentale est locale, parce que les espèces en

question se trouvent encore en Scandinavie (*Carex tenella*, *Senecio integrifolius*).

L'élément eurosibérien. L'élément eurosibérien diffère de l'élément eurasiatique par l'aire plus restreinte des espèces y appartenant. Leur limite orientale se trouve à peu près dans l'Altai, les espèces eurasiatiques pénétrant jusqu'au Japon et en Chine, ou profondément dans l'Asie centrale. L'élément eurosibérien compte parmi les éléments importants de l'Estonie (6,2 p. c.). Une liste des plantes de cet élément de la flore estonienne se trouve p. 20. De ces espèces, l'*Ostericum palustre* est remarquable parce qu'il est très probable que cette espèce a pénétré dans l'Estonie par deux chemins tout à fait opposés (v. fig. 29).

L'élément européen. Représenté par 23,5 p. c. dans la flore autochtone, l'élément européen compte parmi les plus importants. Une liste des espèces y appartenant est donnée p. 21 et 22. On y trouve des espèces arborescentes et arbustives importantes (*Acer platanoides*, *Fraxinus excelsior*, *Quercus robur*, *Ulmus pedunculata*, *Sorbus salicifolia*, *S. suecica*, *Rosa canina*, *R. tomentosa*, *R. glauca*, *R. rubiginosa*, *R. coriifolia*, *Cornus sanguinea*, *Corylus avellana*, etc.), beaucoup d'espèces des bois, des prés, etc. (*Festuca silvatica*, *Carex remota*, *Allium ursinum*, *Asarum europaeum*, *Dentaria bulbifera*, *Nardus stricta*, *Carex Davalliana*, *C. Hornschuchiana*, *Ophrys muscifera*, *Orchis morio*, *O. ustulatus*, *O. masculus*, etc.). Parmi les espèces de cet élément, *Sorbus suecica* doit être considérée à part. C'est, dans la flore d'Estonie, l'espèce à l'aire géographique la plus restreinte: elle se trouve, outre dans l'Estonie maritime (fig. 26), sur les îles Åland, dans le sud de la Suède, au Danemark, de plus dans quelques localités sur la côte nord de l'Allemagne et en Écosse. C'est une espèce endémique jeune de l'Europe du nord.

Notons enfin un certain nombre d'espèces de l'élément européen, qui dans l'Europe centrale ne se trouvent que dans les montagnes (dans la zone subalpine souvent). Ces espèces sont: *Lunaria rediviva* (fig. 44), *Hypericum montanum*, *Laserpitium latifolium*, *Lamium galeobdolon*, *Ranunculus nemorosus*, *Crepis mollis*, *Centaurea phrygia*, *Trifolium montanum* et *T. alpestre*. On les trouve en Estonie surtout dans les bois; il y a cependant des espèces prairiales, parmi lesquelles *Trifolium montanum* est

une espèce très commune des prés secs au sous-sol formé de calcaires ou de dolomites.

L'élément atlantique — l'objet de nombreuses recherches (Holmboe, Nordhagen, Braun-Blanquet, Allorge, Gams, Czeaczott, Wangerin, Kotilainen) — dans sa forme extrême n'existe pas en Estonie. Il y a cependant un nombre d'espèces qui dans la nomenclature de M. Braun-Blanquet sont des espèces *pseudoatlantiques*: *Lycopodium inundatum*, *Taxus baccata*, *Weinguertneria canescens*, *Carex arenaria*, *Rhynchospora fusca*, *Juncus supinus*, *J. squarrosus*, *J. subnodulosus*, *Drosera intermedia*, *Radiola linoides*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Littorella uniflora*, *Myrica gale*, *Lobelia Dortmanna*. Excepté *Lobelia Dortmanna* (fig. 82) et *Lycopodium inundatum* (fig. 79), toutes les espèces nommées se trouvent surtout dans l'Estonie maritime. Il y en a pourtant quelques-unes qui s'avancent assez loin de la côte et qu'on trouve surtout dans la partie nord-ouest de l'Estonie maritime. Comme on le voit très bien dans les figures 5, 17, 11, 10, 27, 8, 13 et 6, il existe une agglomération évidente de l'élément pseudoatlantique dans la partie ouest des îles estoniennes. Il faut enfin mentionner que les espèces boréo-tropicales — *Schoenus nigricans* et *Cladium mariscus* — en Estonie présentent les mêmes caractères dans leur distribution (fig. 12 et 15) que l'élément pseudoatlantique.

L'élément pontique et pontosarmatique. La distribution de ces éléments continentaux en Suède a été étudiée par Sterner („The Continental Element in the Flora of South Sweden“). Dans le présent ouvrage les termes „pontique“ et „pontosarmatique“ sont employés dans le même sens que chez Sterner. Les espèces pontiques de la flore d'Estonie sont *Alyssum montanum*, *Vicia cassubica*, *Scutellaria hastifolia*, *Silene chlorantha*, *S. viscosa*, *Viola pumila*, *Oxytropis pilosa*, *Arenaria graminifolia*, *Thesium ebracteatum*, les espèces pontosarmatiques — *Thalictrum angustifolium*, *Sempervivum soboliferum*, *Evonymus verrucosa*, *Viola uliginosa*, *Asperula tinctoria*, *Silene tatarica*, *Ranunculus polyanthemos*, *Cynanchum vincetoxicum*, *Helichrysum arenarium*, *Ononis hircina*, *Veronica spicata*, *Phleum Boehmeri*, *Anemone silvestris*, *Seseli libanotis*, *Senecio integrifolius*, *Koeleria glauca*, *Medicago falcata*, *Koeleria grandis*, *Gypsophila fastigiata* (p. 28).

La distribution de ces éléments en Estonie est très intéressante. Ils manquent presque complètement dans l'Estonie

centrale, et sont bien nombreux tant sur les sols calcaires des îles estoniennes et de l'Estonie occidentale, que sur les sols sablonneux de l'Estonie sud-est (voir fig. 14, 16, 20, 21, 35, 56, 57, 58, 59, 61, 64, 66, 67, 68, 74, 76 et 78).

• *L'élément méditerranéen* dans la flore autochtone d'Estonie est représenté seulement par quelques espèces: *Isatis tinctoria*, *Hutchinsia petraea*, *Saxifraga tridactylites*, *Geranium lucidum*, *Eryngium maritimum*, dont la plupart sont des espèces annuelles. On les trouve (excepté *Saxifraga tridactylites*) surtout en Estonie maritime (les îles et les côtes, fig. 18, 23, 24, 39, 65) sur les sols chauds et riches en calcaire. Notons que la flore anthropochore d'Estonie est beaucoup plus riche en éléments méditerranéens que la flore autochtone (voir p. 31).

L'élément boréotropical — 6, 3 p. c. de la flore autochtone — est représenté surtout par les cryptogames vasculaires (20 p. c.) et les monocotylées (46 p. c.). Une liste des espèces y appartenant se trouve p. 31 et p. 32. Il y a beaucoup de plantes aquatiques et marécageuses (*Typha angustifolia*, *T. latifolia*, *Potamogeton natans*, *P. perfoliatus*, etc., *Scirpus maritimus*, *S. acicularis*, *Ceratophyllum demersum*, *Limosella aquatica*, etc.).

L'analyse des éléments phytogéographiques de la flore autochtone d'Estonie nous a donné le résultat suivant:

	Nombre des espèces	%
Elément arctique et arctoalpin	18	1.9
„ eurasiatique-boréoaméricain	240	24.7
„ eurasiatique	247	25.4
„ eurosibérien	60	6.2
„ européen	229	23.5
„ „ mont.	9	0.9
„ pseudoatlantique	13	1.3
„ pontique et pontosarmatique (eur., euro-sib., euras.)	27	2.8
„ méditerranéen	5	0.5
„ boréotropical	61	6.3
Espèces à l'aire indéterminée ¹⁾	64	6.5
	973	100 %

¹⁾ Pour la plupart, des espèces de *Taraxacum* et *Hieracium*.

Se basant surtout sur la distribution des éléments atlantique, pontique, pontosarmatique et méditerranéen sur le territoire étudié, une division phytogéographique de l'Estonie est obtenue qui doit être considérée comme l'évolution des essais entrepris dans le même but par Schmidt (1855) et K ü p f e r (1925).

Nous discernons six districts avec dix sous-districts (voir la carte géobotanique). Ces districts et sous-districts sont:

I. Districtus litoralis

1. Estonia maritima insularis

- 1a. Estonia maritima occidentalis (Emoc.)
- 1b. Estonia maritima orientalis (Emor.)

2. Estonia maritima litoralis

- 2a. Estonia maritima borealis (Emb.)
- 2b. Litorale heademeesteense (Lh.)

IIa. Districtus siluricus occidentalis

- 3. Estonia inferior (Einf.)

IIb. Districtus siluricus orientalis

- 4. Estonia superior (Esup.)
- 5. Estonia clivosa (Ecl.)

IIIa. Districtus subsiluricus occidentalis

- 6. Estonia intermedia (Eint.)

IIIb. Districtus subsiluricus orientalis

- 7. Alutagia (Alt.)
- 8. Estonia media (Emed.)

IV. Districtus devonicus

- 9. Estonia orientalis (Eor.)
- 10. Estonia sarmatica (Esar.)

Pour les limites de ces districts et sous-districts et pour la limite phytogéographique la plus importante, celle entre le *domaine d'Europe centrale* et le *domaine d'Europe orientale*, nous renvoyons à la carte phytogéographique.

I. *Districtus litoralis* (pl. XLII — LIV). Le district littoral de l'Estonie comprend les îles estoniennes et le littoral. Quelques chiffres relatifs au climat de ce district se trouvent sur les pp. 40, 52. L'influence de la mer étant grande surtout dans la partie ouest, les différences entre la flore de l'Estonie maritime ouest et celle de l'Estonie maritime est sont assez grandes, bien que les conditions pédologiques dans ces provinces du sous-district maritime insulaire se ressemblent beaucoup et soient bien différentes des conditions du sol dans l'Estonie maritime littorale. On y trouve surtout des sols subneutres, riches en calcaire, grâce au sous-sol qui se compose de roche silurienne (calcaires, dolomites). Assez souvent ces roches sont couvertes seulement d'une couche mince de terre pierreuse. Ces endroits étant exploités comme pâturages, des genévrières se sont formées où souvent, sur de vastes étendues, règne *Juniperus communis*. Dans la strate herbacée on trouve la végétation alvarique [de „ålvar“ (suéd.) = „lood“ (est.)]: *Helianthemum vulgare*, *Filipendula hexapetala*, *Asperula tinctoria*, *Trifolium montanum*, *Anthyllis vulneraria*, *Medicago lupulina*, *Pimpinella saxifraga*, *Veronica spicata*, *Ranunculus bulbosus*, *Thymus serpyllum*, *Cirsium acaule*, *Galium verum*, *Scabiosa columbaria* (rare), *Sesleria* uliginosa*, *Avena pratensis*, *A. pubescens*, *Poa compressa*, *Phleum Boehmeri*, etc. sont des espèces importantes de cette végétation très caractéristique. Là où les roches presque nues forment le substratum, des espèces calcicoles *Saxifraga tridactylites*, *Hutchinsia petraea*, *Sedum album* sont assez communes.

Cette influence du sous-sol riche en calcaire est bien caractéristique pour le district en question et s'observe dans la végétation des marécages, des prés boisés, des forêts. Aussi la végétation littorale y est-elle beaucoup plus riche que dans le sous-district Estonia litoralis, grâce surtout au caractère du sol et du sous-sol. Les espèces halophiles plus ou moins ordinaires sont: *Isatis tinctoria*, *Cakile maritima*, *Crambe maritima*, *Lepidium latifolium*, *Atriplex litorale*, *A. hastatum*, *A. prostratum*, *A. calotheca*, *Scirpus Tabernaemontani*, *S. maritimus*, *Juncus Gerardi*, etc. Surtout *Juncus Gerardi* forme de grands peuplements où à l'espèce dominante s'ajoutent *Centaureum erythraea*, *C. pulchellum*, *Gentiana uliginosa*, *Plantago maritima*, *Triglochin maritima*, *Odontites litoralis*, etc. Aux endroits particulièrement favorables pour les halophytes on trouve *Artemisia*

rupestris (cette espèce n'est pas un halophyte obligatoire), *A. maritima*, *Puccinellia maritima*, *Suaeda maritima*, *Salicornia herbacea* et *Obione pedunculata* (la dernière espèce en Estonie maritime orientale).

Les marécages riches en calcaire sont bien répandus. Les espèces caractéristiques sont: *Schoenus ferrugineus*, *Sch. ferrugineus* × *Sch. nigricans*, *Sch. nigricans* (rare!), *Cladium mariscus*, *Carex Hornschuchiana*, *C. Davalliana*, *Tofieldia calyculata*, *Liparis Loeselii*, *Pinguicula alpina* (très rare!), *Juncus subnodulosus* (rare), *Gymnadenia odoratissima* (très rare), *Alectorolophus rumelicus* (très rare).

La formation intermédiaire entre les prés et marécages d'une part et les bois d'autre part, sont les prés boisés. Quant à leur origine, ils se sont formés par suite de l'abattage partiel des arbres et par le fauchage ayant succédé à cet abattage soit de forêts mixtes à épicéa (rarement de forêts mixtes à tilia, orme blanc, etc., sans *Picea*), soit de forêts marécageuses à *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, etc.

Dans le premier cas, les prés boisés ont une strate herbacée prairiale où souvent *Scorzonera humilis* domine et où on trouve *Filipendula hexapetala*, *Carex capillaris*, *C. montana*, *Orchis militaris*, *O. masculus*, *O. morio*, *O. ustulatus*, *Anacamptis pyramidalis* (rare), *Cephalanthera rubra* (rare), *C. longifolia* (rare), *Carex diversicolor*, *Sesleria* * *uliginosa*, etc.

La végétation des prés boisés marécageux est caractérisée surtout par les associations à *Carex Goodenowii*, à *C. Davalliana*, à *C. Hornschuchiana*, à *Sesleria* * *uliginosa* et *Primula farinosa*, etc. On y trouve *Carex Buxbaumii*, *Tofieldia calyculata*, *Euphorbia palustris*, etc.

Dans les forêts de l'Estonie maritime, les espèces dominantes sont ou *Pinus silvestris* ou *Picea excelsa*. Quoique les forêts d'arbres feuillus sans épicéa soient bien caractéristiques pour l'Estonia maritima insularis, on ne les trouve que rarement, parce qu'elles sont changées ou en sol arable ou en prés boisés. Là où les forêts d'arbres feuillus se sont conservées (p. ex. sur l'île d'Abruka¹⁾), on trouve une végétation riche où

¹⁾ Lippman, T., Une analyse des forêts de l'île d'Abruka (Abro) sur la base des associations unistrates. Acta et Comment. Universit. Tartuensis, A XXVIII. 1. Tartu 1935.

la strate arborescente est formée par *Ulmus montana*, *Tilia cordata*, *Acer platanoides*, *Sorbus aucuparia*, *Quercus robur*, *Salix caprea*, etc., la strate arbustive par *Corylus avellana*, *Crataegus curvisepala*, et celle des nanophanérophytes par *Daphne mezereum*, *Lonicera xylosteum*, *Ribes alpinum*. Dans la strate herbacée formée par *Hepatica triloba*, *Asperula odorata*, *Mercurialis perennis*, *Actaea spicata*, etc., on trouve *Dentaria bulbifera*, *Allium ursinum*, *Brachypodium silvaticum*, *Bromus Beneckenii*, etc.

Un trait caractéristique des bois du sous-district en question est la richesse en espèces arbustives. On y trouve *Crataegus curvisepala*, *C. monogyna*, *C. Palmstruchii*, *Cornus sanguinea*, *Cotoneaster integerrima*, *Prunus spinosa*, *Rosa coriifolia*, *R. mollis*, *R. dumetorum*, etc. Aussi trouve-t-on, surtout dans l'*Estonia maritima occidentalis*, *Hedera helix* (fig. 4) et *Taxus baccata* (fig. 5).

Les forêts à pin sylvestre de l'Estonie maritime insulaire sont d'une diversité remarquable. Comme ailleurs en Estonie, on y trouve par endroits [p. ex. dans l'Estonie maritime occidentale sur l'île de Hiiumaa (Dagö)] de vastes forêts racinant dans le sable avec une végétation ordinaire de *Vaccinium vitis idaea*, *V. myrtillus*, *Calluna vulgaris*. Assez souvent on y trouve aussi *Empetrum nigrum* et *Linnaea borealis*. Très intéressantes sont les forêts à pin sylvestre dont la strate herbacée se compose surtout des espèces de la végétation alvarique, comme *Asperula tinctoria*, *Galium verum*, *G. mollugo*, *Filipendula hexapetala*, *Helianthemum vulgare*, *Fragaria vesca*, etc.

Comme l'ont déjà établi Schmidt (1855), Kupffer (1911, 1925) et Malta (1930), la flore des îles estoniennes (*Estonia maritima occidentalis* et *E. m. orientalis* de l'auteur) se rapproche évidemment de la flore des îles suédoises de Gotland et d'Öland¹⁾, ce qui s'explique facilement par la ressemblance bien remarquable des conditions géologiques et climatiques. Notons enfin que sur les îles estoniennes un certain nombre d'espèces de l'Estonie continentale fait défaut (une énumération des espèces plus importantes y appartenant est donnée à la p. 49, en bas). Beaucoup de ces espèces s'arrêtent

¹⁾ Voir le tableau dans le texte estonien p. 48. Sa = Saaremaa (Ösel), Mu = Muhu (Moon), Hi = Hiiumaa (Dagö), Vo = Vormsi, Lâ = Läänerannik (côte ouest de l'Estonie), G = Gotland, Ö = Öland, R = Rootsi (Suède).

à la limite phytogéographique entre l'Estonie maritime et l'Estonie inférieure établie déjà par Kupffer.

La limite entre *Estonia maritima occidentalis* et *Estonia maritima orientalis* se base surtout sur la distribution de l'élément pseudoatlantique en Estonie.

Exclusivement (ou presque exclusivement) dans l'Estonie maritime occidentale, on trouve les espèces suivantes (voir fig. 4—13): *Hedera helix*, *Taxus baccata*, *Litorella uniflora*, *Radiola linoides*, *Pinguicula alpina*, *Juncus subnodulosus*, *J. supinus*, *Schoenus nigricans*, *Hydrocotyle vulgaris*, *Geranium lucidum*, *Alyssum montanum*, *Sorbus salicifolia*, *Cochlearia danica*, *Ajuga pyramidalis*. C'est seulement dans l'Estonie maritime occidentale que l'espèce pseudoatlantique *Carex arenaria* s'avance assez loin dans les parties intérieures du pays (fig. 43). *Estonia maritima orientalis* n'est pas seulement caractérisée par le fait de l'absence des espèces nommées, mais encore par l'apparition d'espèces comme *Anemone silvestris*, *Senecio integrifolius*, *Astragalus danicus*, qu'on ne trouve pas dans l'Estonie maritime occidentale. Ajoutons encore *Cynanchum vincetoxicum* et *Obione pedunculata* qu'on trouve en Estonie seulement dans l'Estonie maritime orientale.

L'Estonie maritime littorale [(*Estonia maritima borealis* (pl. LI, LII) et *Litorale heademeesteense* (pl. LIII, LIV)] est caractérisée par une flore qui, grâce à un certain nombre d'halophytes communes, ressemble à la flore de l'Estonie insulaire, étant cependant considérablement plus pauvre. Cette pauvreté de la flore en question dépend surtout des conditions pédologiques: le sol sablonneux ici domine partout. Même la flore halophile est influencée par ce facteur. Dans l'eau littorale du Golfe de Finlande *Potamogeton filiformis*, *Zannichellia pedunculata*, *Z. repens*, *Zostera marina*, etc. ne sont pas très rares; sur le sable humide on trouve *Juncus ranarius*, *Scirpus acicularis* (cette espèce n'est pas halophile), *Juncus Gerardi*, *Plantago maritima*, *Triglochin maritima*, *Glaux maritima*, *Centaureum pulchellum* (fig. 40), *C. erythraea* (fig. 41). Il y a aussi *Isatis tinctoria*, *Salicornia herbacea*, *Alopecurus ventricosus*, *Puccinellia maritima*, *Atriplex littorale*, *A. prostratum*, etc., seulement ces espèces n'ont ici aucunement l'importance qu'elles présentent dans l'Estonie insulaire. Les espèces psammophiles *Carex arenaria*, *Salsola kali*, *Honckeyia peploides*, *Elymus arenarius* et *Lathyrus maritimus* sont assez

répandues. Nommons enfin *Carex norvegica*, *C. glareosa*, *Scutellaria hastifolia* (on trouve ces espèces aussi dans l'Estonie insulaire), *Armeria vulgaris* (fig. 34) et *Silene viscosa* (fig. 35). Surtout les dernières se trouvent presque exclusivement dans l'Estonie maritime boréale, *Silene viscosa* étant trouvée seulement sur les îlots d'Uhtju (Lehbert et Kupffer). Les forêts (les forêts à pin sylvestre dominant entièrement) y sont caractérisées par *Linnaea borealis* qui est très commune et par *Cornus suecica* (fig. 36, 106) qu'on trouve çà et là.

Le littoral de Heademeeste (*Litorale heademeesteense*, pl. LIII et LIV) ressemble beaucoup à l'Estonie maritime boréale. C'est surtout un pays de dunes fixées et au sol sablonneux. Parmi les espèces psammophiles nommons *Carex arenaria*, *Elymus arenarius*, *Petasites spurius* (rare), *Ammophila arenaria* (rare), *Juncus balticus*. On y trouve toutes les halophytes de l'Estonie maritime boréale (cf. p. 90), excepté *Lathyrus maritimus* et *Salicornia herbacea*. Au contraire, *Cornus suecica*, *Carex norvegica*, *C. glareosa*, *Scutellaria hastifolia* et *Armeria vulgaris* semblent y faire défaut.

II. *Districtus siluricus occidentalis* et *Districtus siluricus orientalis*. L'Estonie du nord est divisée par une dépression marécageuse nommée Kõrvemaa (*Estonia intermedia*) en deux parties de surface presque égale *Estonia inferior* et *Estonia superior*. Ces sous-districts sont caractérisés par leur sol riche en calcaire, et souvent très mince grâce à la roche sous-jacente (calcaires ordoviciennes et siluriennes), surtout dans l'Estonia inferior. Comme une unité à part, nous discernons les escarpements rocheux de la côte nord d'Estonie nommés *paekallas* (Glint, *Estonia clivosa*).

Estonia clivosa (pl. LIX—LXI) commence, d'après Schmidt, sur les bords de la rivière de Narva près de la cataracte de Narva et s'étend d'une manière plus ou moins ininterrompue jusqu'à Paldiski (v. la carte). Il y a dans les fissures de la roche calcaire un certain nombre de chasmophytes (*Cerastium alpinum*, *Asplenium trichomanes*, etc.). Des mousses comme *Timmia bavarica*, *T. megapolitana*, *Distichium inclinatum*, *Gymnostomum rupestre*, *Ulotia americana*, ne se trouvent qu'ici en Estonie (Malta, 1930). Sur le bord supérieur de l'escarpement, la végétation alvarique se trouve avec des espèces comme *Helianthemum vulgare*,

Asperula tinctoria, *Filipendula hexapetala*, *Trifolium montanum*, *Anthyllis vulneraria*, *Fragaria viridis*, *Saxifraga tridactylites*, *Carex verna*, *Avena pratensis*, *Phleum Boehmeri*, *Anemone silvestris*, *Cotoneaster nigra*, *Gentiana cruciata*, etc. On peut y ajouter encore *Poa alpina* et *Saxifraga adscendens* qu'on trouve p. ex. près de Tallinn (Lasnamägi).

Dans le superbe bois feuillu (*Ulmus montana*, *Fraxinus excelsior*, *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Alnus incana*, *Salix caprea*, etc.) de l'Estonia clivosa, les espèces caractéristiques sont *Lunaria rediviva*, *Lamium maculatum*, *Aspidium robertianum*. La végétation de bois feuillus (assoc. à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*, surtout les facies à *Asperula odorata* et à *Mercurialis perennis*) y est bien représentée.

Estonia inferior (pl. LV—LVII) est un pays de prés boisés, de prés marécageux, de tourbières et de végétation alvarique (des „lood“); c'est pourquoi une ressemblance entre cette végétation et celle de l'Estonie insulaire est incontestable. Bien que l'épicéa soit d'une grande importance dans les forêts, les bois à pin sylvestre avec une strate herbacée formée par des espèces des „lood“ sont caractéristiques (Pahnsch, Thomson, Linkola). On y trouve dans la strate herbacée un mélange extraordinaire d'espèces d'humus acide avec des espèces calcicoles [les types *Arctostaphylos*—*Geranium sanguineum*, *Arctostaphylos*—*Asperula tinctoria*, *Vaccinium*—*Hepatica* d'après Linkola (1930)]. Il est évident (Linkola) que la végétation alvarique, du moins partiellement, doit être considérée comme un stade de dégradation de la dite végétation forestière (pâturage, etc).

Cette végétation alvarique y est bien représentée. Une liste des espèces caractéristiques se trouve p. 60. Les prés boisés et la végétation marécageuse sont aussi riches en espèces calcicoles (*Myrica gale*, *Carex Davalliana*, *C. Hornschuchiana*, *Schoenus ferrugineus*, *Tofieldia calyculata*, *Selaginella selaginoides*, *Gymnadenia odoratissima*, *Orchis militaris*, *Carex montana*, etc.). Il faut mentionner à part *Lonicera coerulea*, *Saussurea alpina*, *Sanguisorba officinalis* — espèces qui y sont très ordinaires et qu'on ne trouve pas sur les îles estoniennes.

Les espèces les plus caractéristiques de l'Estonia inferior sont *Selaginella selaginoides* (fig. 48), *Sanguisorba officinalis* (fig. 46),

Thesium ebracteatum et *Potentilla fruticosa* (fig. 47). On ne connaît ces dernières que dans ce sous-district. Un certain nombre des espèces répandues dans l'Estonie insulaire — *Rosa coriifolia*, *Potentilla reptans*, *Ranunculus bulbosus*, *Ononis repens*, *Astragalus danicus*, *Cephalanthera rubra*, *Orchis masculus*, *Braya supina*, *Teucrium scordium* et *Taraxacum palustre* — y sont plus ou moins communes.

Dans les tourbières de l'Estonia inferior *Trichophorum austriacum* est l'espèce dominante. *Rhynchospora alba* est très répandue, de même que *Betula nana*.

Estonia superior (pl. LVIII) occupe surtout les larges élévations du nord de l'Estonie nommées les hauteurs de Pandivere. Ce territoire se trouve au-dessus de la limite de la grande transgression baltique à l'époque glaciaire; c'est pourquoi les moraines d'argile à blocs non atteintes par les eaux prédominent ici¹⁾. Vu que la moraine est riche en calcaire et qu'assez souvent le sous-sol formé de roche calcaire est près de la surface du sol, les conditions pour les espèces calcicoles (*Helianthemum vulgare*, *Anemone silvestris*, *Filipendula hexapetala*, *Phleum Boehmeri*, *Asperula tinctoria*, *Seseli libanotis*, etc.) sont assez bonnes. Pourtant, comme le sol des hauteurs de Pandivere est beaucoup plus mûr que celui de l'Estonia inferior, les espèces ubiquistes prédominent sur ce territoire des grandes forêts mixtes à épicéa de jadis, dont il ne reste maintenant que des parcelles restreintes. Sur les prés boisés (souvent marécageux) on trouve *Carex Davalliana*, *Orchis militaris*, *Carex Hornschuchiana*, *Lonicera coerulea*, *Saussurea alpina*, *Tofieldia calyculata*, etc. Pourtant un certain nombre des espèces caractéristiques pour les prés boisés de l'Estonia inferior y manquent déjà (p. ex. *Myrica gale*, *Sanguisorba officinalis*, *Ophrys muscifera*) ou y sont représentées dans quelques localités isolées. — Au contraire, *Polemonium coeruleum*, *Dracocephalum Ruyschiana*, *Saxifraga hirculus*, *Agrimonia pilosa* sont assez répandus; ces espèces manquent ou sont plus ou moins rares dans l'Estonia inferior (excepté *Dracocephalum Ruyschiana*, v. fig. 62). *Ranunculus lanuginosus* est l'unique espèce qu'en Estonie on ne trouve qu'ici.

¹⁾ Kant, Edgar: L'Estonie. Principaux aspects géographiques. Annales de Géographie, t. XLI, 1932.

Les tourbières de ce sous-district sont bien différentes de celles de l'Estonia inferior: *Trichophorum austriacum* y est remplacé par *Eriophorum vaginatum*, et l'espèce très rare en Estonie ouest *Lyonia calyculata* y est très importante.

III. *Districtus subsiluricus occidentalis* et *Districtus subsiluricus orientalis*. Entre les districts siluriens décrits et le district dévonien (v. p. 96), il y a des districts de transition — les districts subsiluriens. Situés entre ces districts bien différents, les districts subsiluriens présentent un caractère intermédiaire. Comme la moraine y est en général riche en calcaire, les conditions pour les espèces calcicoles n'y sont pas mauvaises, quoique moins favorables que dans les districts siluriens. La végétation des alvars, pourtant, manque complètement. Des trois sous-districts (*Estonia intermedia*, *Alutagia* et *Estonia media*), les deux premiers ont une ressemblance frappante entre elles, surtout la partie sud de l'Estonia intermedia („Soomaa“, pl. LXII—LXIV) et l'Alutagia (pl. LXV—LXIX). Dans tous les deux prédominent les forêts mixtes marécageuses à *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Fraxinus excelsior*, *Picea excelsa*. Il y a un certain nombre d'espèces caractéristiques comme *Carex loliacea*, *C. tenella*, *C. remota* (espèce caractéristique des bois marécageux de l'Estonie insulaire), *C. silvatica*, *Cinna latifolia*, *Glyceria lithuanica*. A côté des forêts de ce caractère, il y a, dans ces sous-districts, des bois à pin sylvestre et des bois mixtes à épicéa qui sont de la composition ordinaire en Estonie (les associations dominantes sont l'ass. à *Vaccinium vitis idaea* et *Melampyrum pratense*, l'ass. à *V. myrtillus* et *Majanthemum bifolium*, l'ass. à *Oxalis acetosella* et *Anemone nemorosa*, l'ass. à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*, etc., Lippmaa, 1932).

A cette ressemblance dans la flore sylvestre de ces sous-districts, dans laquelle on pourrait relever encore le fait que *Rubus arcticus* ne se trouve en Estonie que dans ces deux sous-districts (fig. 85), s'opposent pourtant les différences suivantes dans leur composition floristique.

Dans l'Estonia intermedia, située beaucoup plus à l'ouest que l'Alutagia, la composition floristique des tourbières est toute différente: l'Estonia intermedia possède surtout le type ouest d'Estonie, à *Trichophorum austriacum* et sans *Lyonia calyculata*, tandis qu'en Alutagia le *Trichophorum* est remplacé par

Eriophorum vaginatum, et *Lyonia calyculata* est très commune (fig. 54), de même que *Betula nana*. Quoiqu'un certain nombre des espèces propres à l'Estonie de l'est ait pénétré, surtout à l'aide de la rivière de Pärnu, dans l'Estonia intermedia (nommons surtout *Agrimonia pilosa*, *Asperula rivalis*, *Conioselinum Fischeri*), il y a beaucoup plus d'espèces de ce caractère dans l'Alutagia. Aux espèces nommées s'ajoutent *Gypsophila fastigiata* (fig. 68), *Scolochloa festucacea* (fig. 70), *Achillea cartilaginea* (fig. 69), *Salix acutifolia* qui toutes manquent dans l'Estonia intermedia. — Comme espèce caractéristique d'Alutagia doit être nommée *Carex laevirostris*. Il faut enfin mentionner qu'on y a trouvé *Galium triflorum* (Rühl) et *Moehringia lateriflora* (Meinshausen, Salasoo).

Entre l'Estonia intermedia et l'Alutagia se trouve l'Estonia media (pl. LXX). De ces sous-districts elle diffère tout d'abord en ce qu'elle appartient en général au territoire se trouvant au-dessus de la limite de la dernière transgression baltique. C'est „le pays des drumlins“ d'Estonie. La moraine y est encore assez riche en calcaires (surtout dans les drumlins) et se compose d'une glaise rougeâtre sablonneuse. Surtout au nord du lac de Võrtsjärv, de même que sur le terrain drainé par l'Emajõgi et ses affluents (Pedja, Põltsamaa jõgi), il y a des forêts marécageuses à *Alnus glutinosa*, *Betula pubescens*, *Picea excelsa*, etc. qui diffèrent à peine des forêts marécageuses de l'Estonia intermedia et l'Alutagia. Comme dans ces sous-districts, les espèces caractéristiques plus ou moins ordinaires y sont *Carex loliacea*, *C. tenella*, *Crepis paludosa*, etc. Jusqu'à présent on n'y a pas trouvé *Cinna latifolia*. Là où le sol s'élève, apparaissent les forêts mixtes à épicéa ou le sol arable, la plupart des champs se trouvant sur le terrain occupé autrefois par les forêts mixtes à épicéa, où dans la strate herbacée régnait l'association à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*.

Sur les prés boisés, d'ordinaire marécageux, de même que sur les prés, les associations à *Primula farinosa* et *Sesleria* uliginosa* et à *Carex Davalliana* sont assez répandues. Ça et là on trouve *Carex Hornschuchiana*, *Ophrys muscifera*, *Viola uliginosa*, *Tofieldia calyculata* et *Schoenus ferrugineus*. Pourtant la végétation dominante des prés (souvent marécageux) sont l'assoc. à *Carex Goodenowii* et *C. panicea* et l'assoc. à *Deschampsia caespitosa* et

Festuca rubra. Les tourbières (les plus étendues se trouvent au nord des lacs de Võrtsjärv et d'Endla et entre le Võrtsjärv et Tartu) appartiennent au type est avec *Lyonia calyculata* et *Eriophorum vaginatum* dominant.

Très caractéristiques pour l'*Estonia media* (et pour une partie de l'*Estonia orientalis*) sont les grands marécages des bords de l'Emajõgi et du lac de Peipsi, nommés „luhad“, qui se composent surtout des associations suivantes: ass. à *Equisetum limosum*, ass. à *Phalaris arundinacea* et *Scolochloa festucacea*, ass. à *Carex gracilis*, ass. à *Carex vesicaria*, ass. à *Carex elata*, ass. à *Carex Goodenowii* et *C. panicea*, etc. Ces marécages sont inondés presque régulièrement chaque année par les eaux printanières des fleuves.

Les éléments méditerranéen, pontique et atlantique manquent complètement dans l'*Estonia media*. L'élément pontosarmatique y est faiblement représenté par des stations isolées d'*Anemone silvestris*, *Phleum Boehmeri*, *Seseli libanotis*, *Asperula tinctoria*, *Sempervivum soboliferum*, *Helichrysum arenarium*, *Gypsophila fastigiata*. Le caractère intermédiaire de ce sous-district y ressort clairement.

On y trouve *Asperula rivalis*, *Ligularia sibirica*, *Achillea cartilaginea*, *Ostericum palustre*, *Geum aleppicum*, *Scolochloa festucacea*, *Peucedanum oreoselinum*, *Swertia perennis*. Excepté *Asperula rivalis*, toutes ces espèces manquent dans l'*Estonia intermedia*. Quelques-unes parmi elles sont des espèces très ordinaires sur les bords du Võrtsjärv, de l'Emajõgi et du Peipsi (*Achillea cartilaginea*, *Scolochloa festucacea*). Les autres, au contraire (*Ligularia sibirica*, *Swertia perennis* et *Peucedanum oreoselinum*), sont rares, c'est-à-dire ne se trouvent que dans des stations peu nombreuses.

IV. *Districtus devonicus*. Ce district comprend deux sous-districts de nature très différente: *Estonia orientalis* et *Estonia sarmatica*. Les différences dépendent surtout de la structure géologique de cette partie de l'Estonie. Dans l'*Estonia orientalis* (pl. LXXI), le sous-sol est formé par des grès dévoniens recouverts ici par de grandes accumulations glaciaires (collines morainiques) coupées par de nombreuses vallées proglaciaires radiales et marginales. Les sols plus ou moins argileux sont fréquents, de même que le sol sablonneux. La moraine y est pauvre en calcaire, et c'est

pourquoi les conditions pour les espèces calcicoles ne sont pas favorables ici. Il en est autrement dans l'Estonia sarmatica, où le sous-sol se compose de calcaires et de dolomites. Là, les conditions pour les espèces calcicoles sont excellentes; aussi trouvons-nous là beaucoup d'espèces qui manquent dans les districts subsiluriens et qui sont communes dans le nord de l'Estonie et sur les îles.

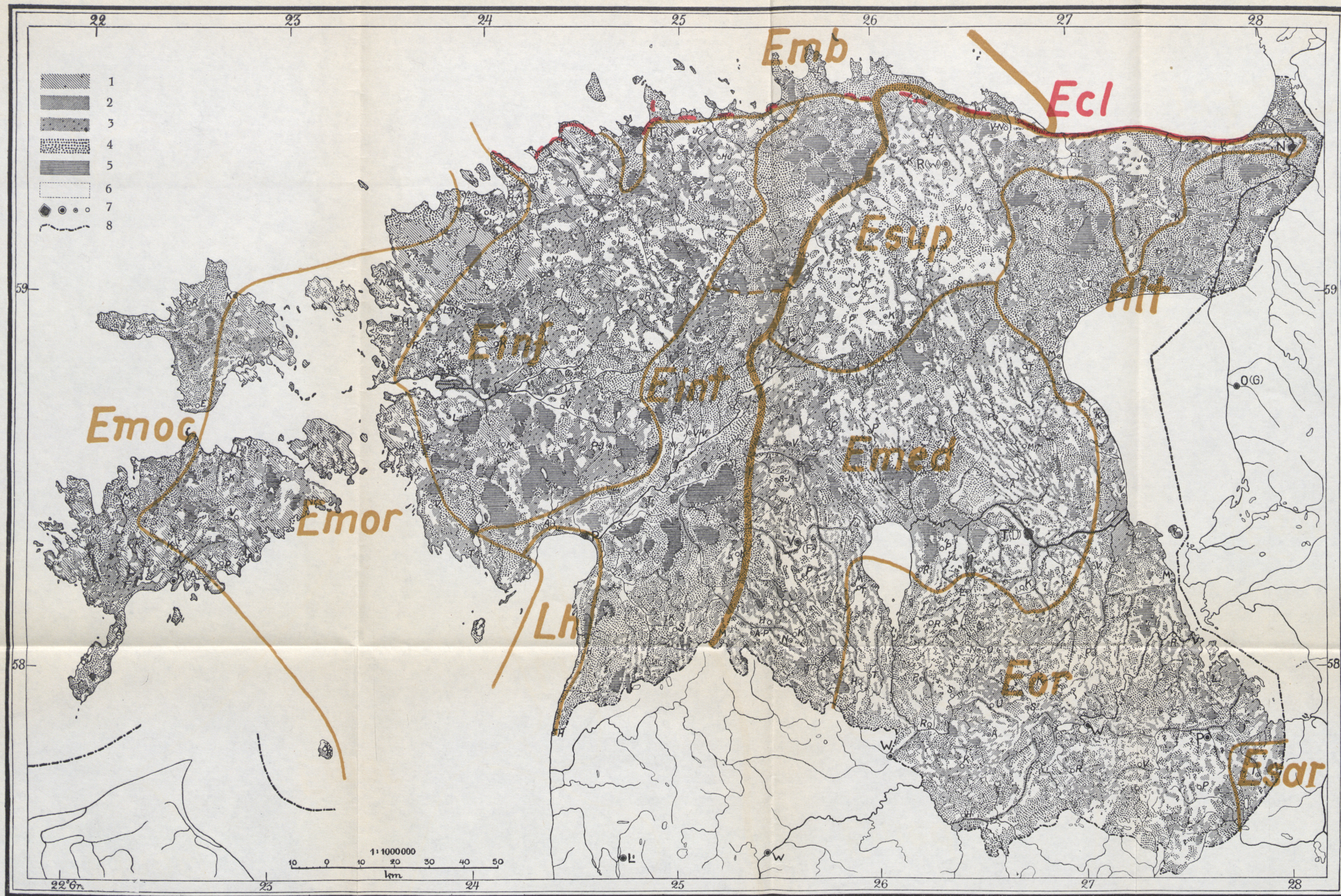
Dans l'Estonia orientalis, grâce aux conditions pédologiques surtout, les forêts à pin sylvestre et à épicéa sont très répandues. Dans les premières, l'association à *Vaccinium vitis idaea* et *Melampyrum pratense*, l'assoc. à *Calluna vulgaris*, l'assoc. à *Cladina*, *Cladonia* et *Cetraria islandica* sont communes. Les forêts à épicéa ont ici une strate muscinale pauvre, composée surtout de *Rhytidiadelphus triquetrus* et *Hylocomium proliferum*. Dans la strate herbacée règnent les assoc. à *Vaccinium myrtillus* et *Majanthemum bifolium* et à *Oxalis acetosella* et *Anemone nemorosa*. Notons enfin que la composition floristique des prés — souvent marécageux — est triviale; les associations suivantes y dominent: ass. à *Carex Goodenowii* et *C. panicea*, ass. à *Carex rostrata*, ass. à *Carex vesicaria*, ass. à *Deschampsia caespitosa* et *Festuca rubra* (le facies à *Polygonum bistorta* est assez répandu). Les tourbières appartiennent au type est de l'Estonie où le *Trichophorum austriacum* manque complètement.

Le trait le plus caractéristique de l'Estonie orientale est l'apparition fréquente des espèces psammophiles des éléments pontique et ponto-sarmatique. Nombre des espèces [*Silene chlorantha* (fig. 74), *S. tatarica* (fig. 75), *Arenaria graminifolia* (fig. 76), *Koeleria grandis*, *K. glauca* (fig. 78), *Gypsophila fastigiata* (fig. 68), *Helichrysum arenarium* (fig. 66), *Sempervivum soboliferum* (fig. 67)] poussent en Estonie aussi en dehors de l'Estonia orientalis, pourtant ils ne présentent nulle part l'importance qu'ils ont ici. Mentionnons également que *Lycopodium complanatum*, *Pulsatilla patens*, *Dianthus arenarius*, *Jasione montana*, etc. sont bien communes, de même que *Scolochloa festuacea*, *Agrimonia pilosa*, *Asperula rivalis*, *Achillea cartilaginea*, *Geum aleppicum*. Nommons enfin *Bidens radiatus* qu'on y trouve surtout sur les sables humides littoraux du lac de Peipsi (fig. 71).

Estonia sarmatica est caractérisée surtout par les nombreuses espèces calcicoles, comme *Arabis hirsuta*, *Cardamine impatiens*,

Viola collina, *Lonicera coerulea*, *Hypericum hirsutum*, *Evonymus verrucosa*, *Lathyrus niger*, *Saxifraga tridactylites*, *Seseli libanotis*, *Cornus sanguinea*, *Inula salicina*, *Gentiana cruciata*, *Lithospermum officinale*, *Lappula echinata*, *Liparis Loeselii*, *Cephalanthera rubra*, *Cystopteris fragilis*, *Asplenium ruta muraria*, *A. trichomanes*, *Aspidium robertianum*, etc.

Il y a deux espèces qu'on ne trouve pas ailleurs en Estonie: *Evonymus verrucosa* et *Carex pediformis*.



Eesti geobotaaniline kaart.

Eesti taimkonna põhivormid J. G. Granö järgi (Loodus 1922, Nr. 4). 1 — kadastikud (loopealsed), liivanurmed, osalt ka lepestikud (ala idaosas); 2 — niidud (enamasti soised); 3 — puisniidud (enamasti mürjad); 4 — metsad; 5 — sood ja rabad; 6 — põllud; 7 — linnad, alevikud, kirikud; 8 — riigi piir. Kaardile on kantud Eesti geobotaaniline liigestus (Lippmaa, 1935). Kesk-Euroopa provintsi kuuluvad: Saarte ja ranniku valdkond [Lääneranniku ja saarte lääne alavaldkond (Emoc) ja Lääneranniku ja saarte ida alavaldkond (Emor)], ranniku valdkond [Põhjaranniku alavaldkond (Emb) ja Häädemeeste alavaldkond (Lh)], Looe-Eesti valdkond (Einf), Vahe-Eesti valdkond (Eint), paekalda alavaldkond (Ecl); Ida-Euroopa provintsi: Pandivere valdkond (Esup), Alutaguse valdkond (Alt), Lahkme-Eesti valdkond (Emed), Kagu-Eesti valdkond (Eor) ning Irboska valdkond (Esar).

Carte géobotanique de l'Estonie.

1 — genévrières (partiellement alvars; en partie sur sol sablonneux) et broussailles à *Alnus incana* (dans la partie est du pays); 2 — prés (d'ordinaire marécageux); 3 — prés boisés (d'ordinaire humides); 4 — bois; 5 — marécages et tourbières; 6 — champs; 7 — villes, bourgs et églises; 8 — la frontière estonienne (d'après J. G. Granö, 1922). Division géobotanique de l'Estonie (Lippmaa, 1935): 1. *Domaine d'Europe centrale*: Estonia maritima occidentalis (Emoc), Estonia maritima orientalis (Emor), Estonia maritima borealis (Emb), Litorale heademeesteense (Lh), Estonia inferior (Einf), Estonia intermedia (Eint), Estonia clivosa (Ecl). 2. *Domaine d'Europe orientale*: Estonia superior (Esup), Alutagia (Alt), Estonia media (Emed), Estonia orientalis (Eor), Estonia sarmatica (Esar).

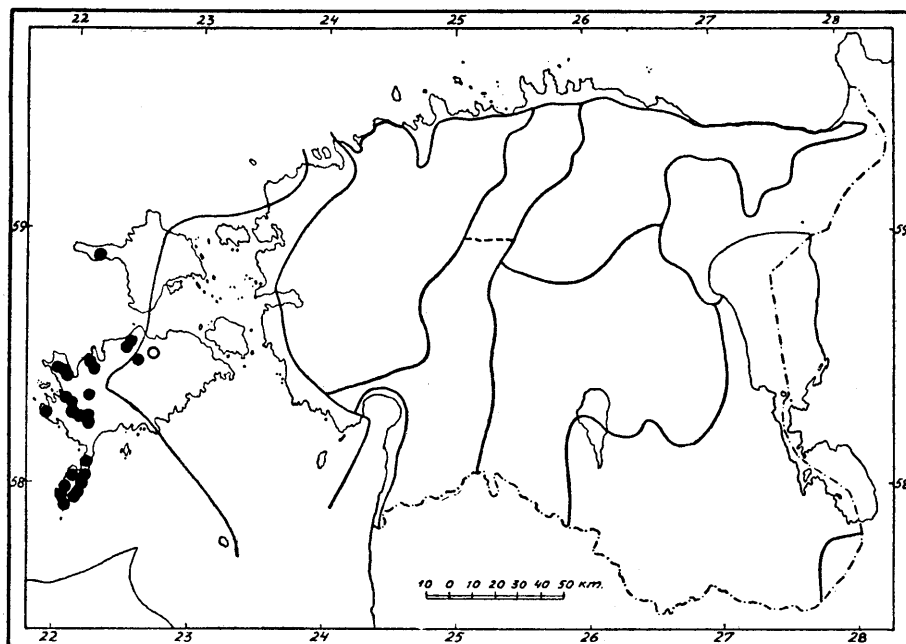
Tahvlid.

Planches.

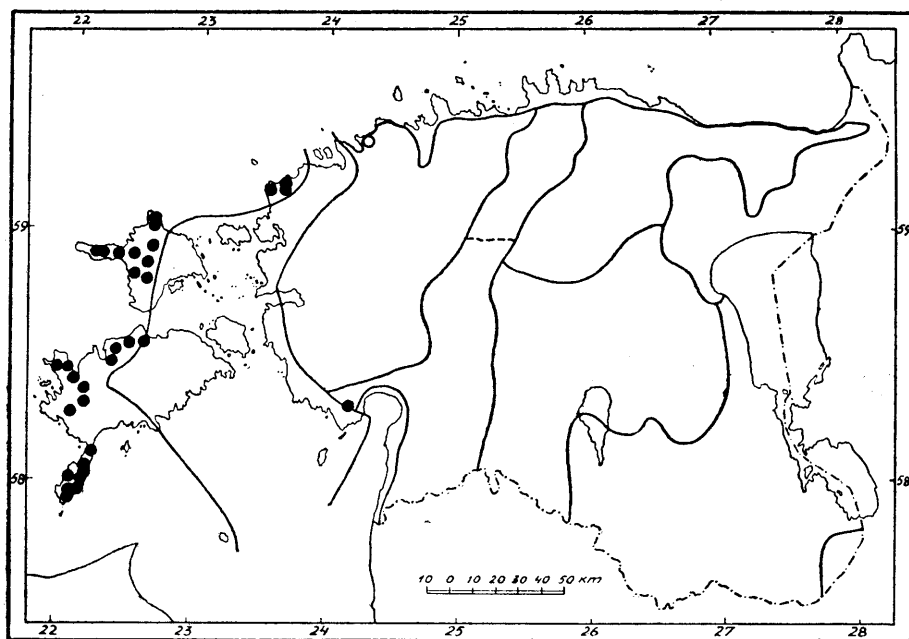
Tahvlitel I kuni XLI tähendab:

- vastava taimeliigi esinemist,
- ebakindlat (tõestamist vajavat) või juhuslikku leiukohta ja
- + hävinenud leiukohta.

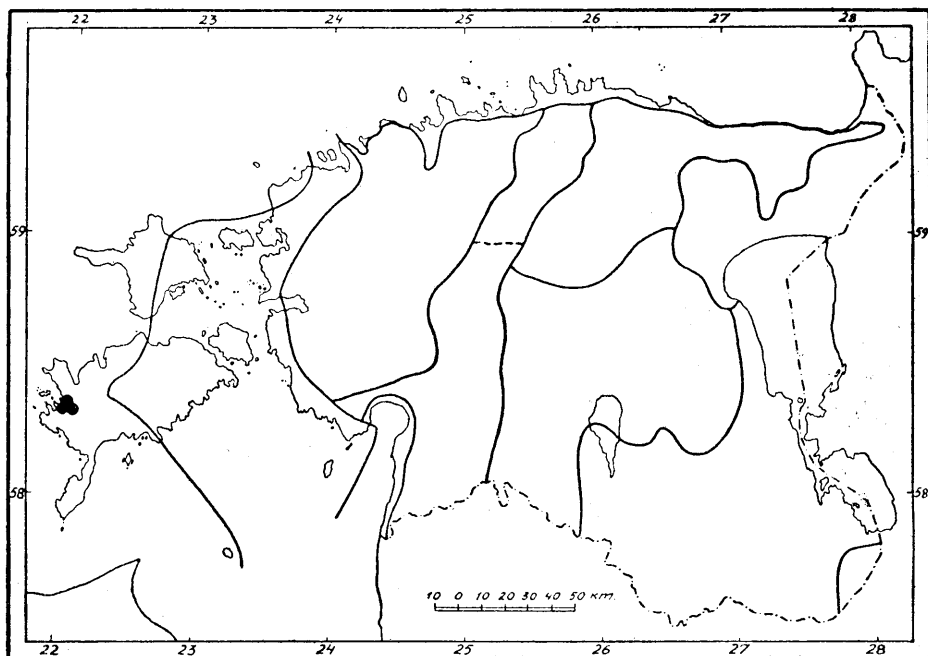
- Localités de l'espèce donnée.
- Localités incertaines ou accidentelles.
- + Localités où la plante ne se trouve plus.



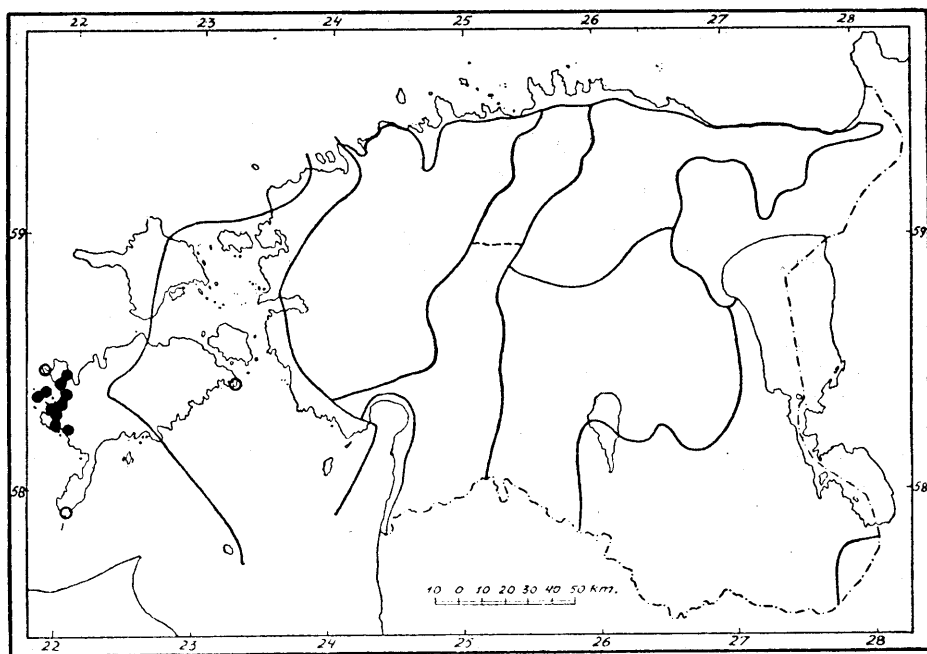
Joon. 4. *Hedera helix* L.



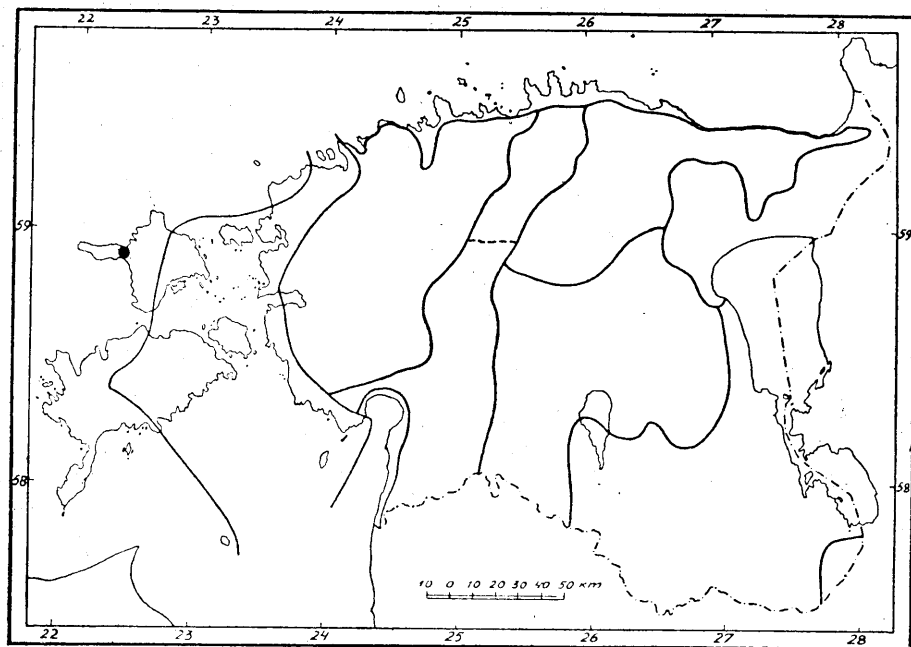
Joon. 5. *Taxus baccata* L.



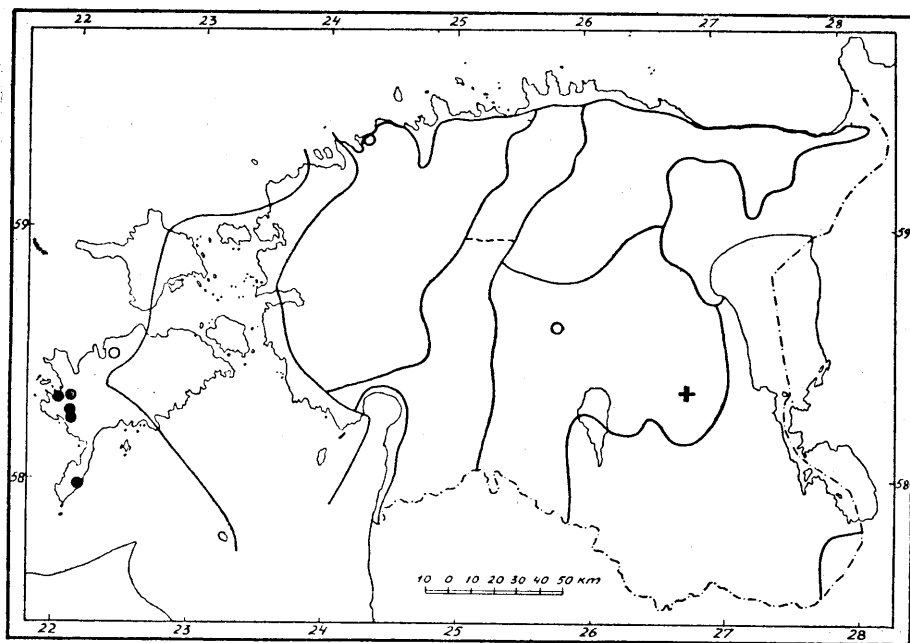
Joon. 6. *Litorella uniflora* (L.) Asch.



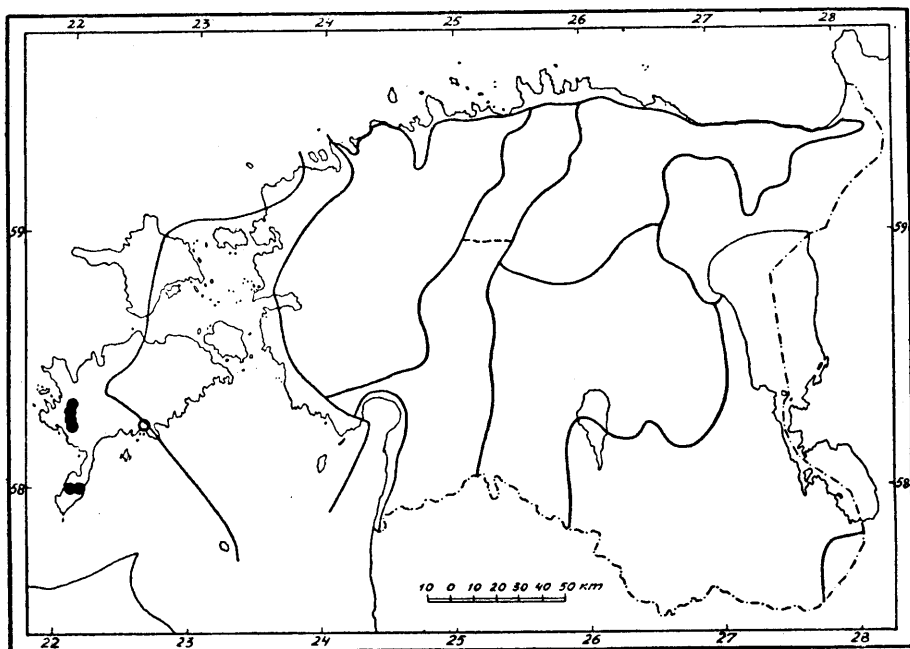
Joon. 7. *Artemisia maritima* L.



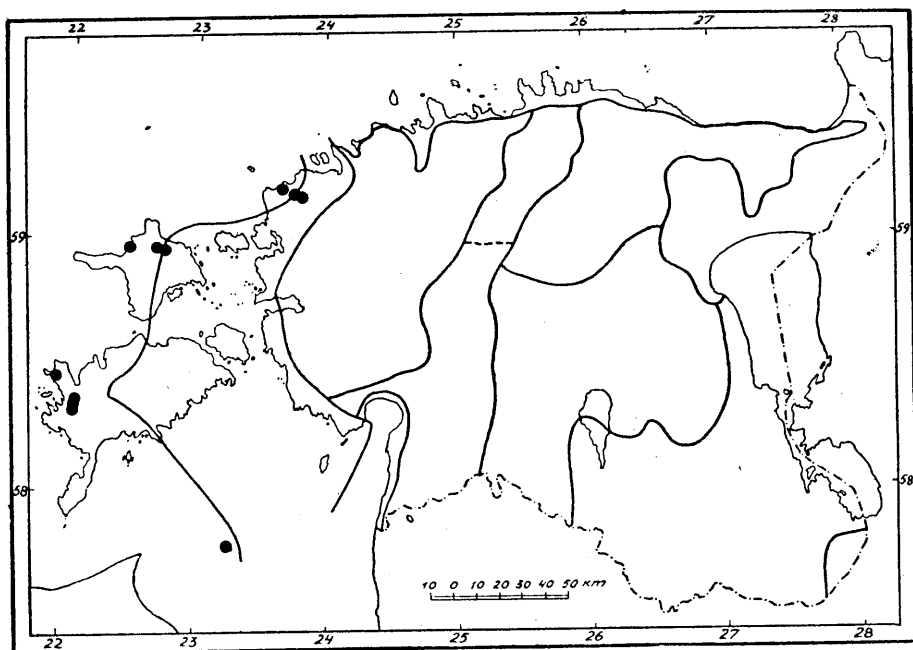
Joon. 8. *Radiola linoides* Roth.



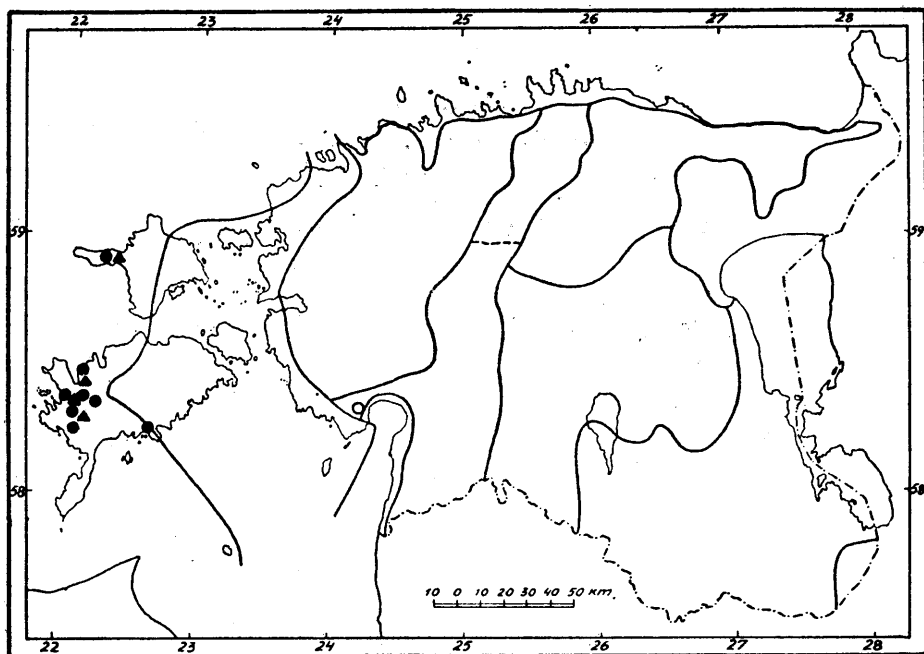
Joon. 9. *Pinguicula alpina* L.



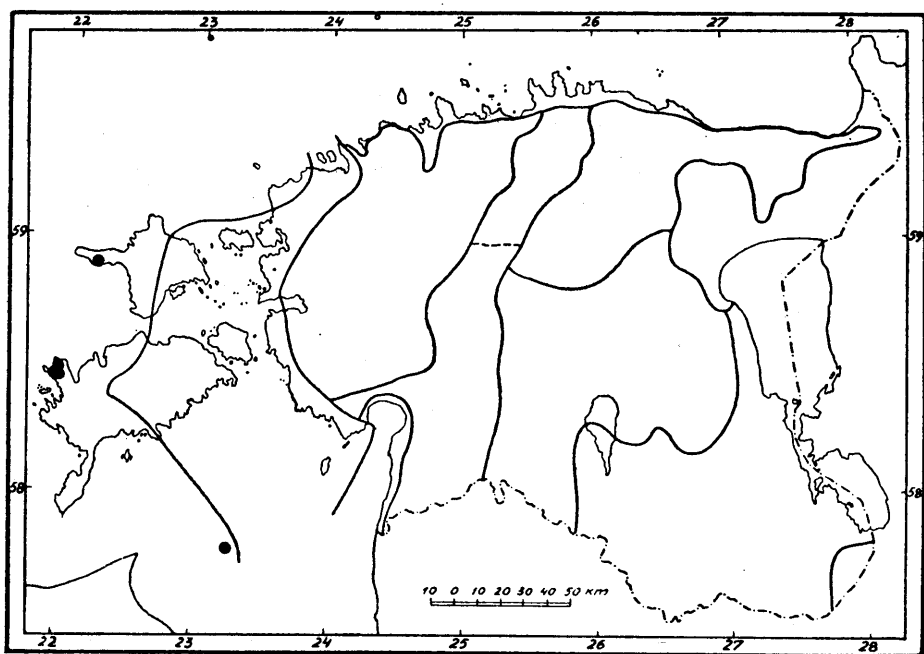
Joon. 10. *Juncus subnodulosus* Sch. r.



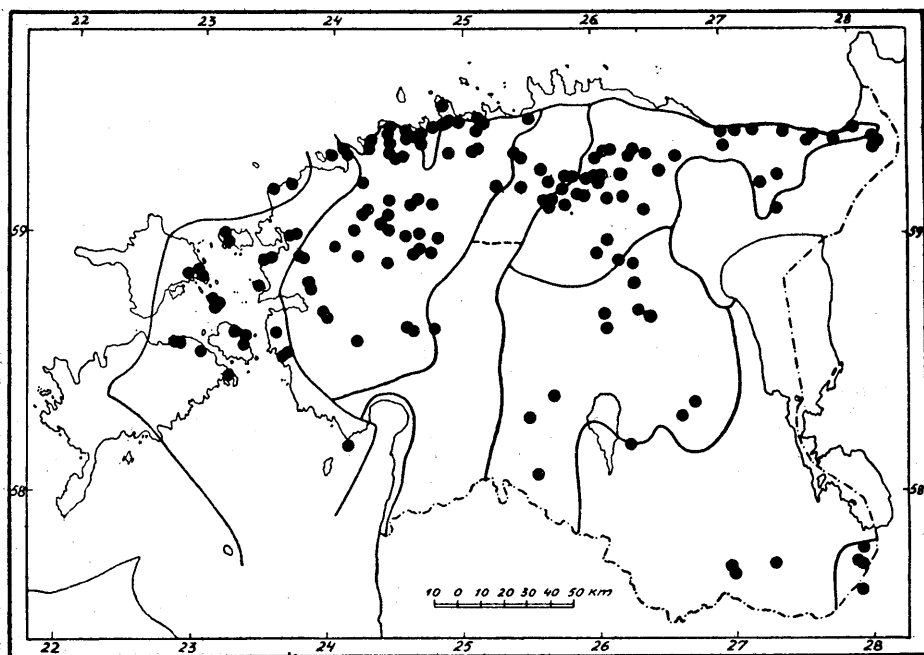
Joon. 11. *Juncus supinus* Moench.



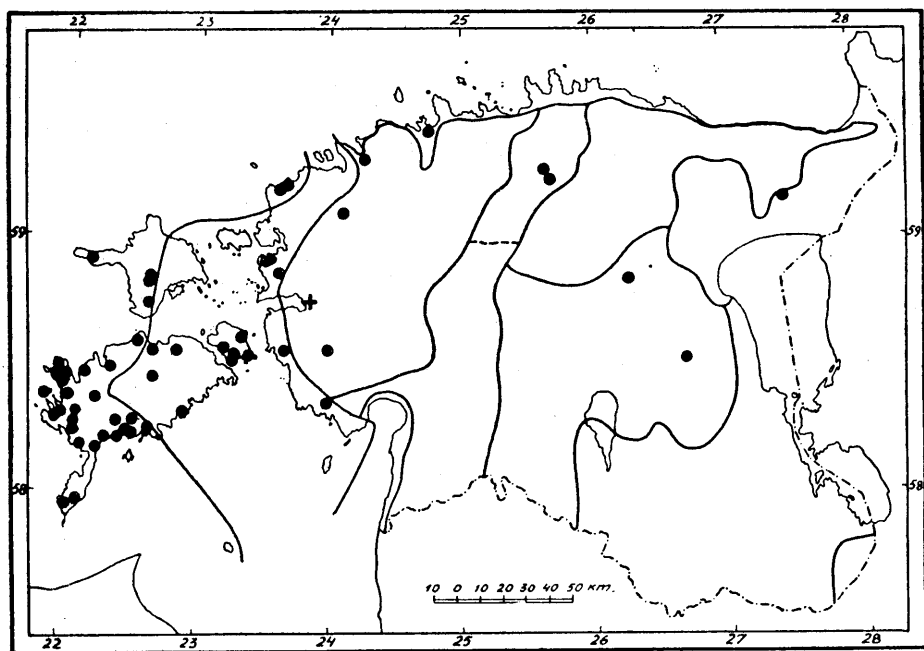
Joon. 12. *Schoenus nigricans* L.



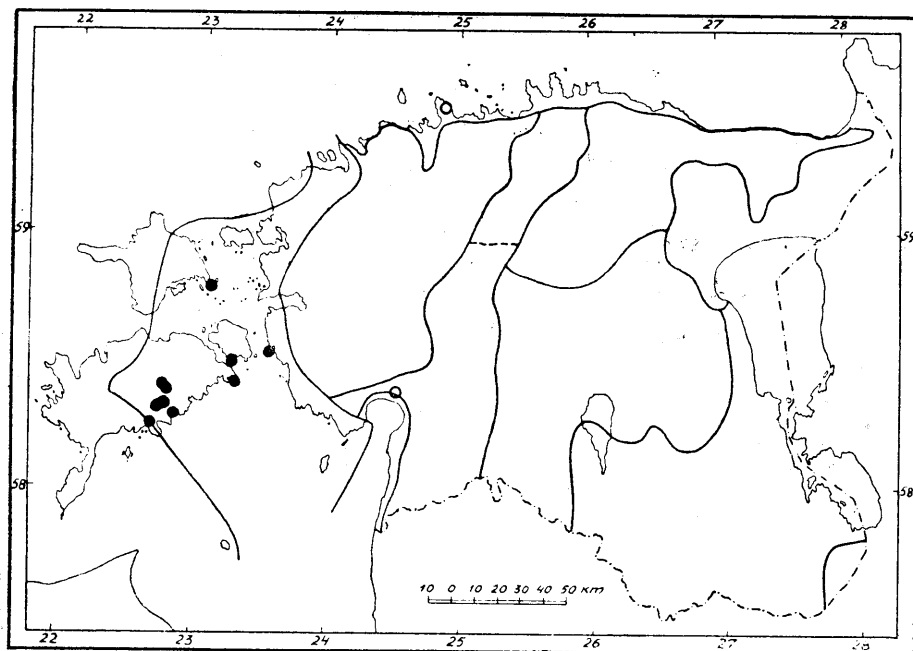
Joon. 13. *Hydrocotyle vulgaris* L.



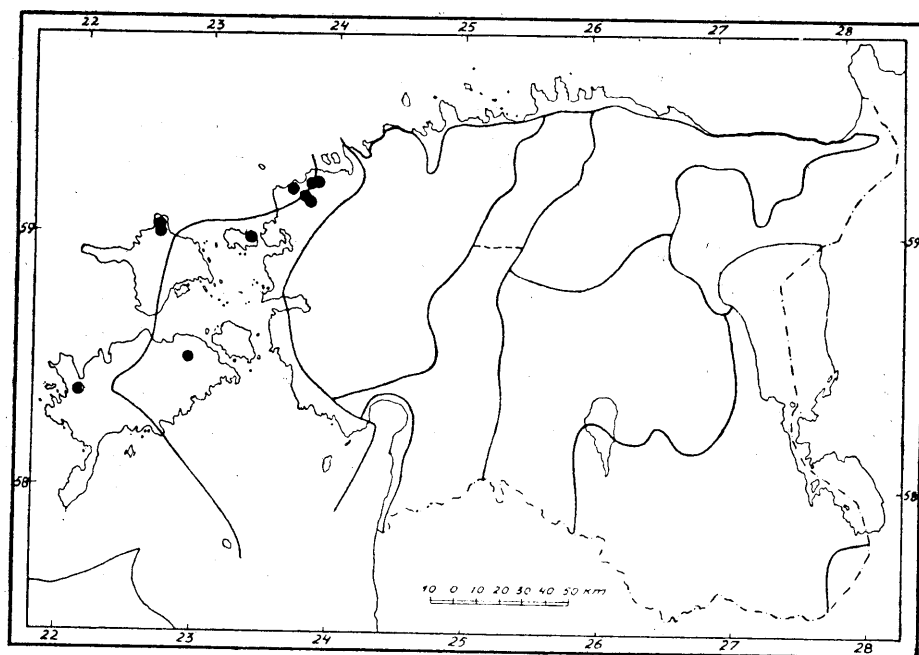
Joon. 14. *Anemone silvestris* L.



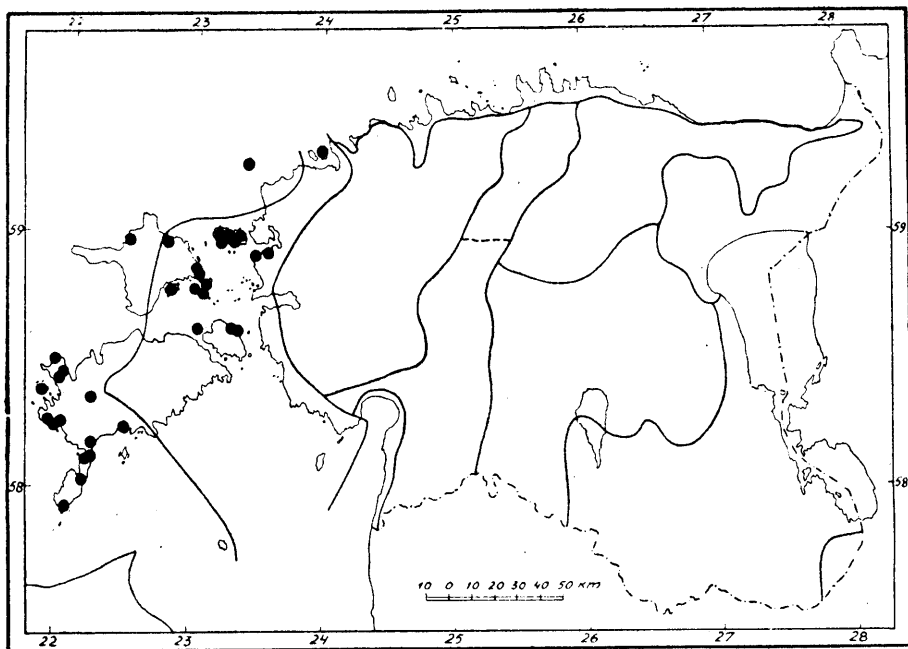
Joon. 15. *Cladium mariscus* (L.) R. Br.



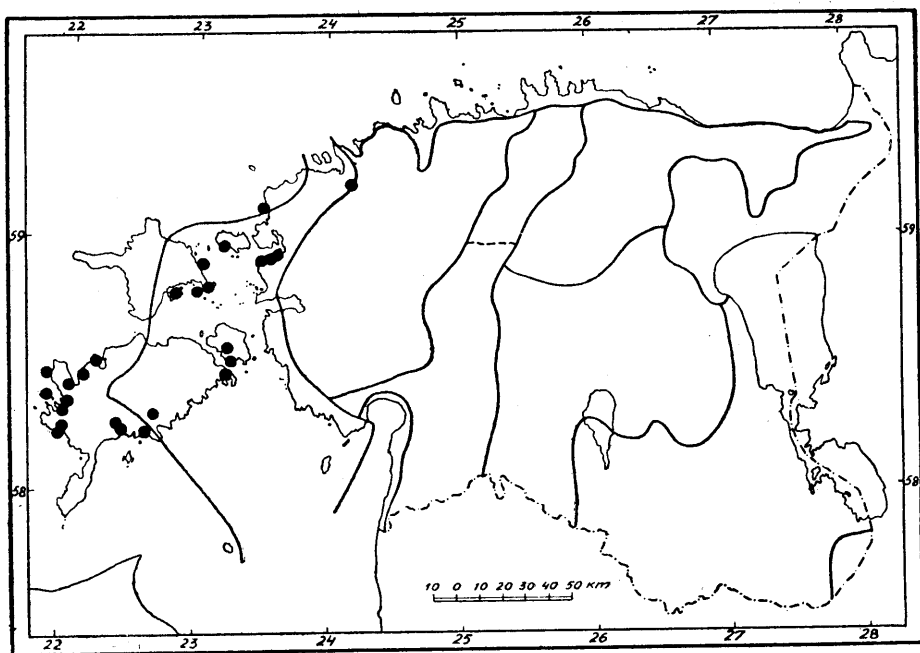
Joon. 16. *Cynanchum vincetoxicum* Pers.



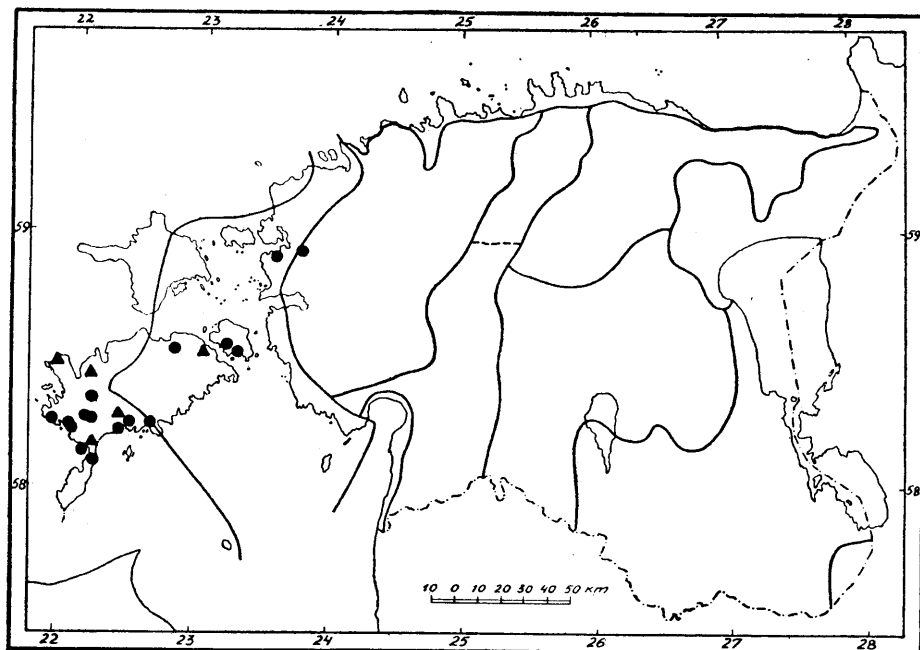
Joon. 17. *Rhynchospora fusca* (L.) Roem. et Schult.



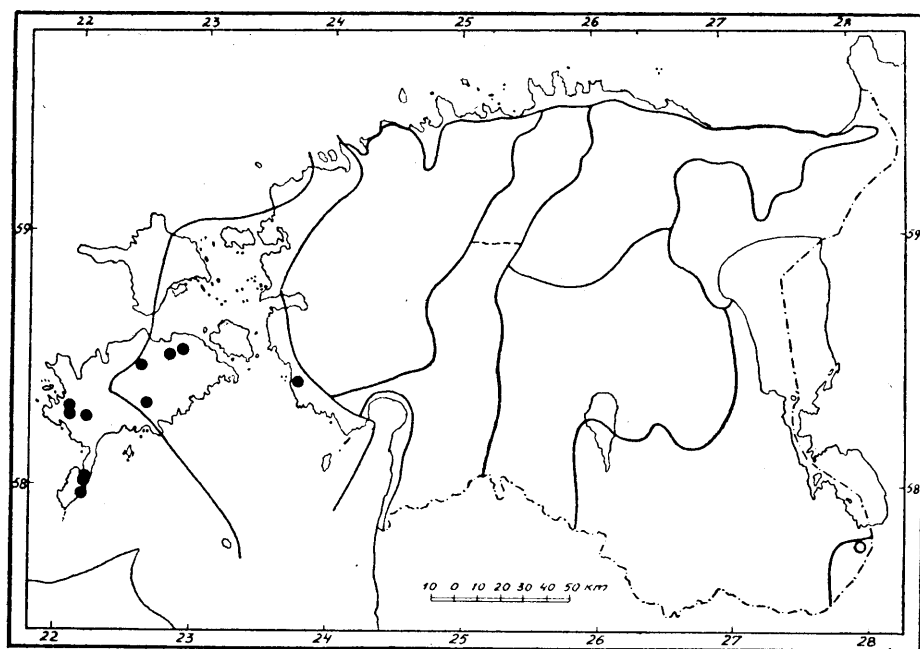
Joon. 18. *Hutchinsia petraea* (L.) R. Br.



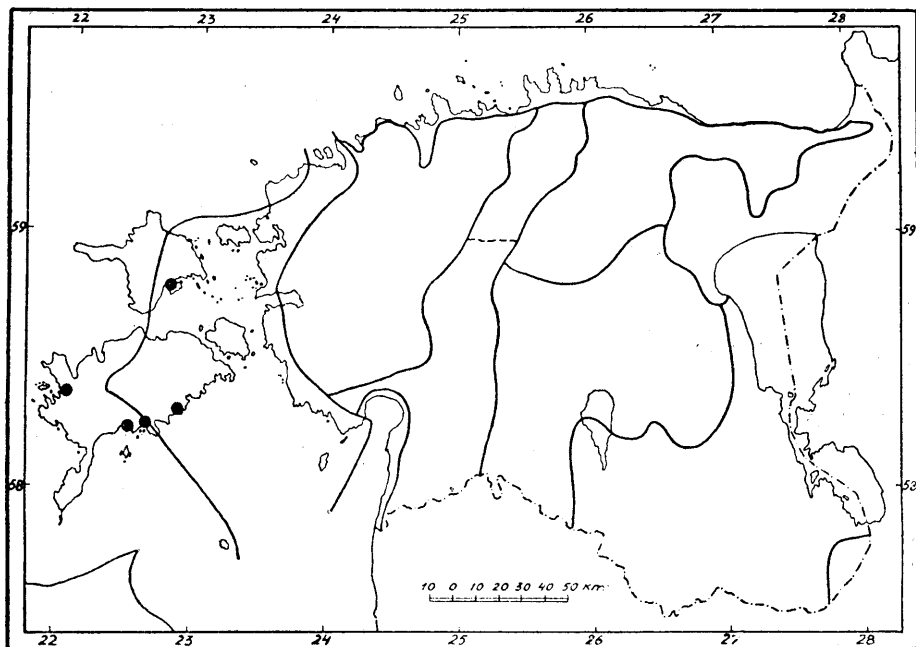
Joon. 19. *Artemisia rupestris* L.



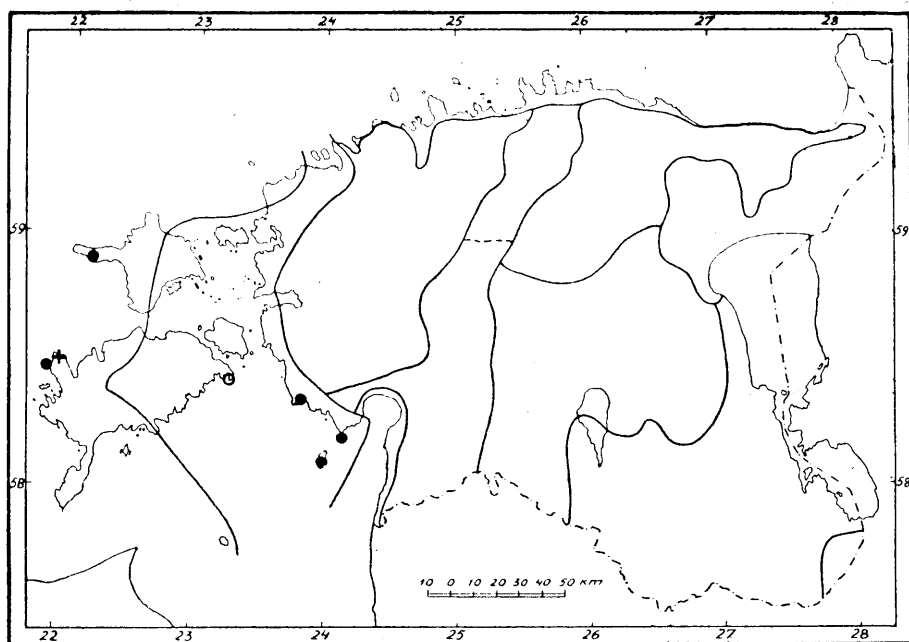
Joon. 20. *Viola pumila* Chaix.



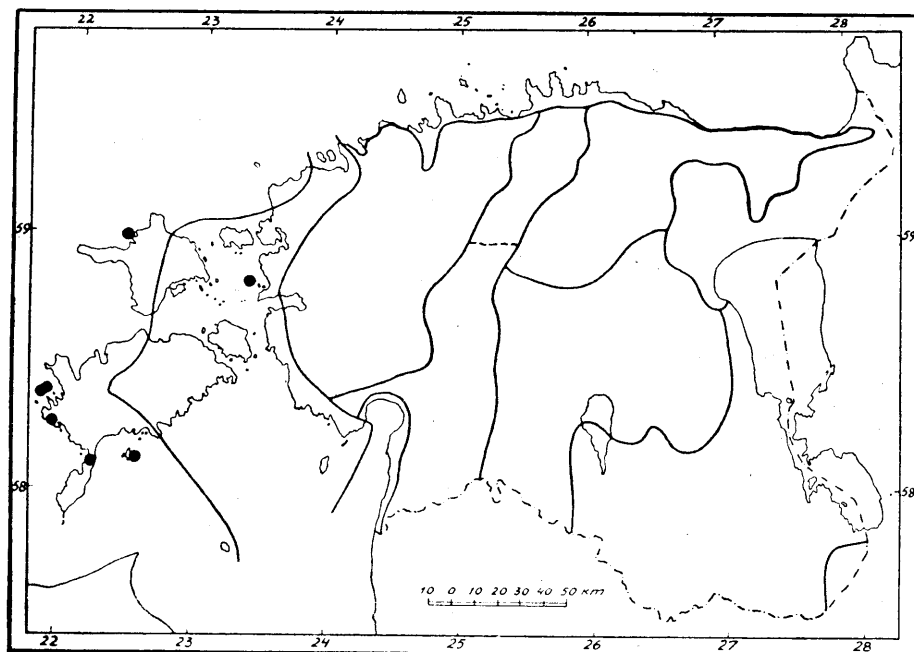
Joon. 21. *Vicia cassubica* L.



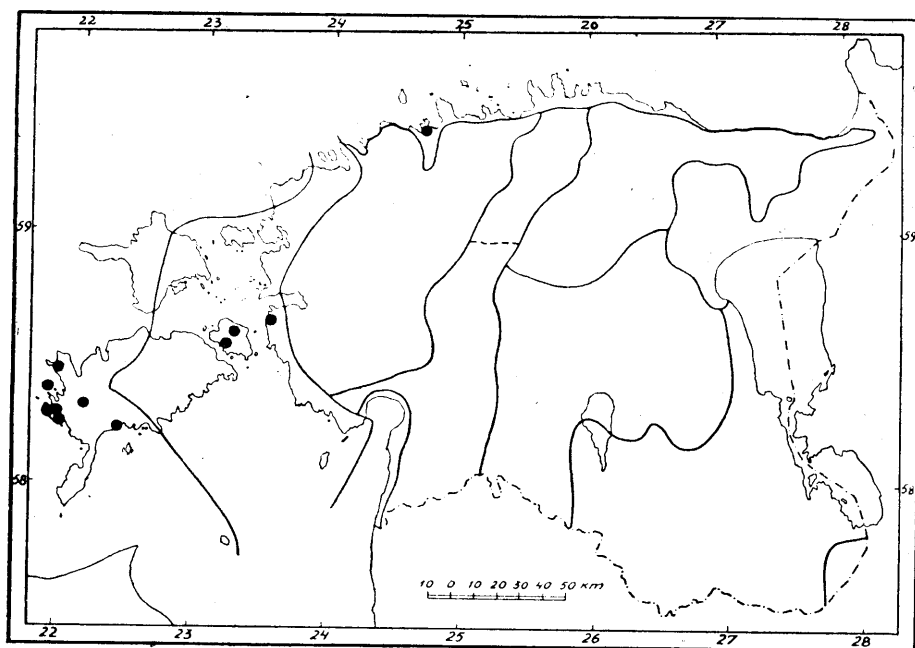
Joon. 22. *Samolus Valerandi* L.



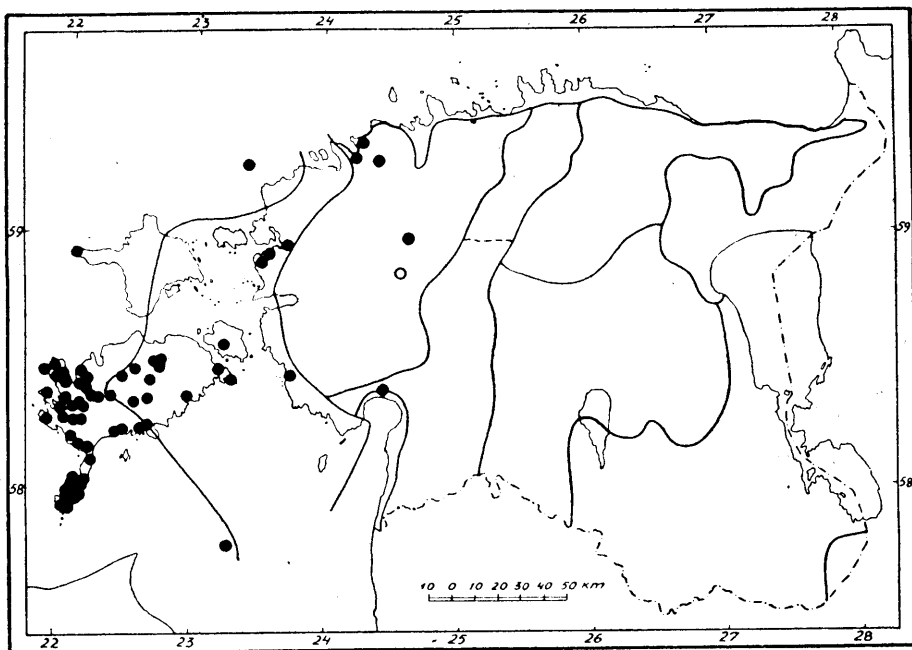
Joon. 23. *Eryngium maritimum* L.



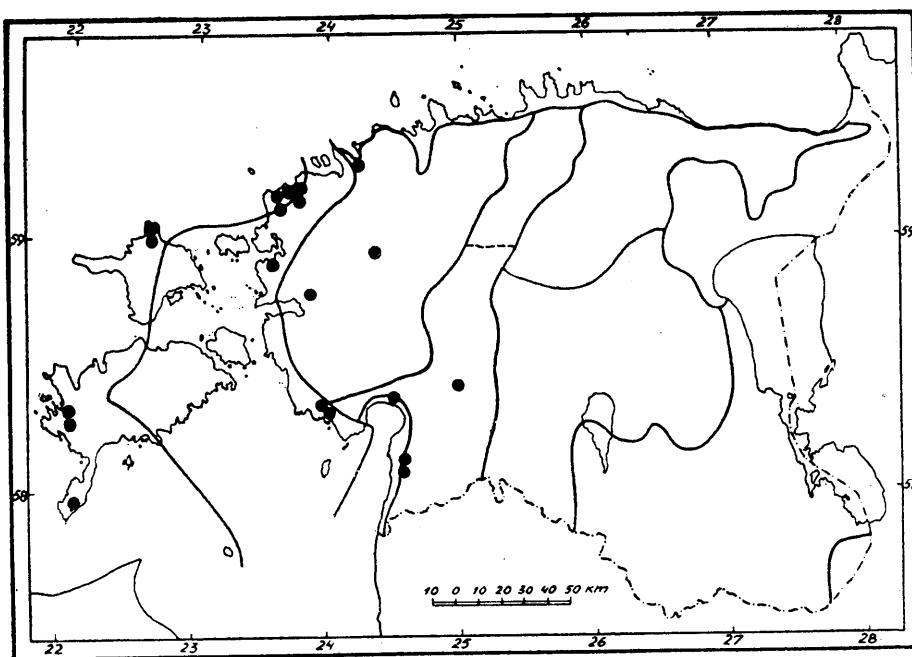
Joon. 24. *Geranium lucidum* L.



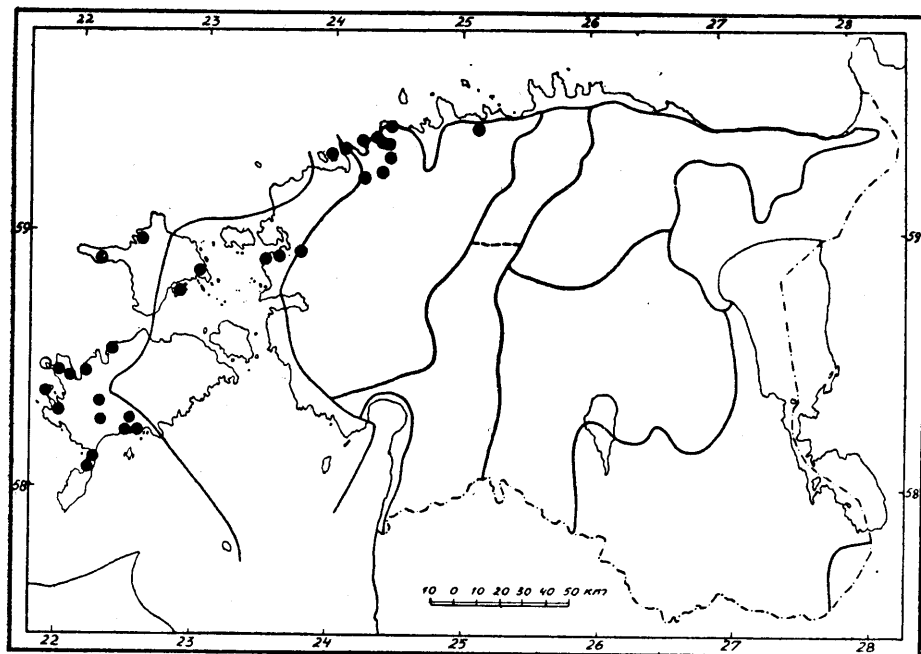
Joon. 25. *Orchis morio* L.



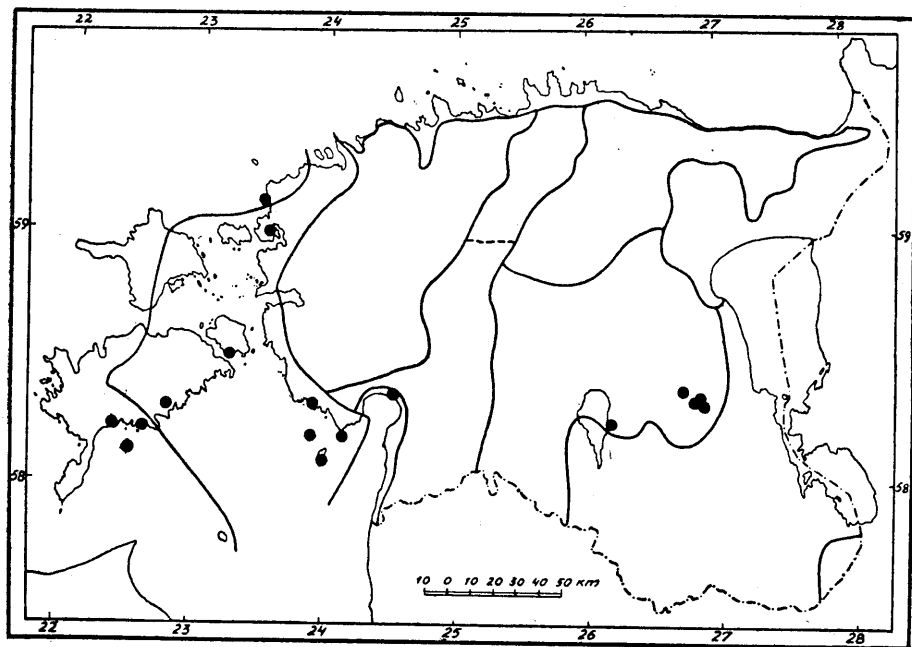
Joon. 26. *Sorbus suecica* (L.) Krok et Almquist.



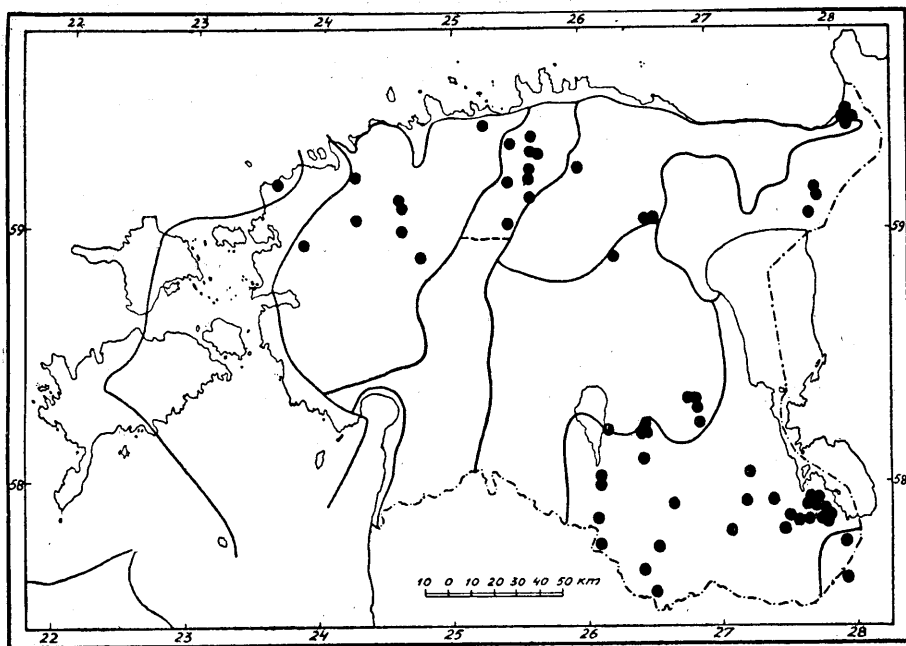
Joon. 27. *Drosera intermedia* Hayne.



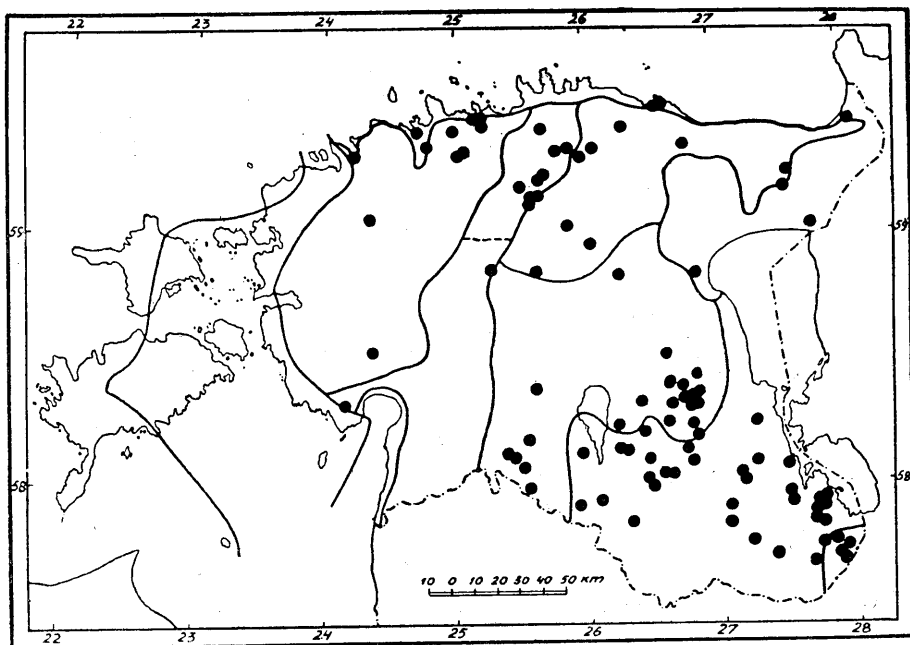
Joon. 28. *Sedum album* L.



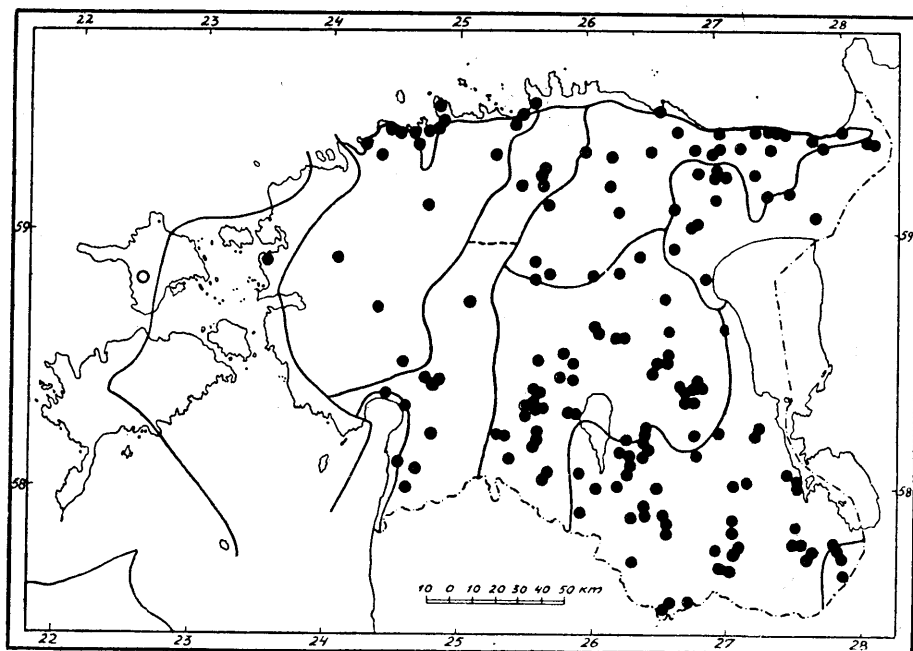
Joon. 29. *Ostericum palustre* Bess.



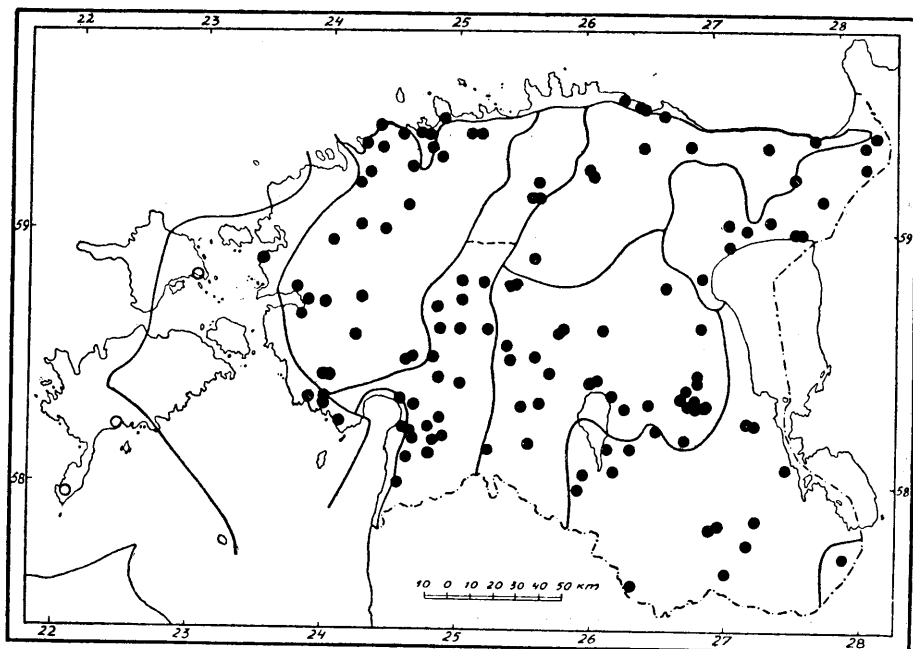
Joon. 30. *Pulsatilla patens* Mill.



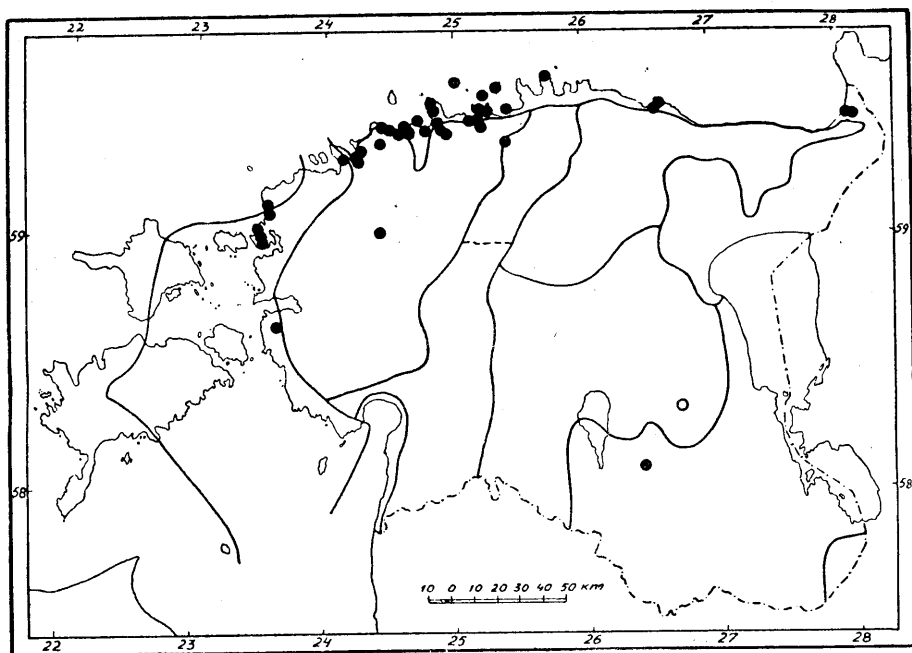
Joon. 31. *Saxifraga hirculus* L.



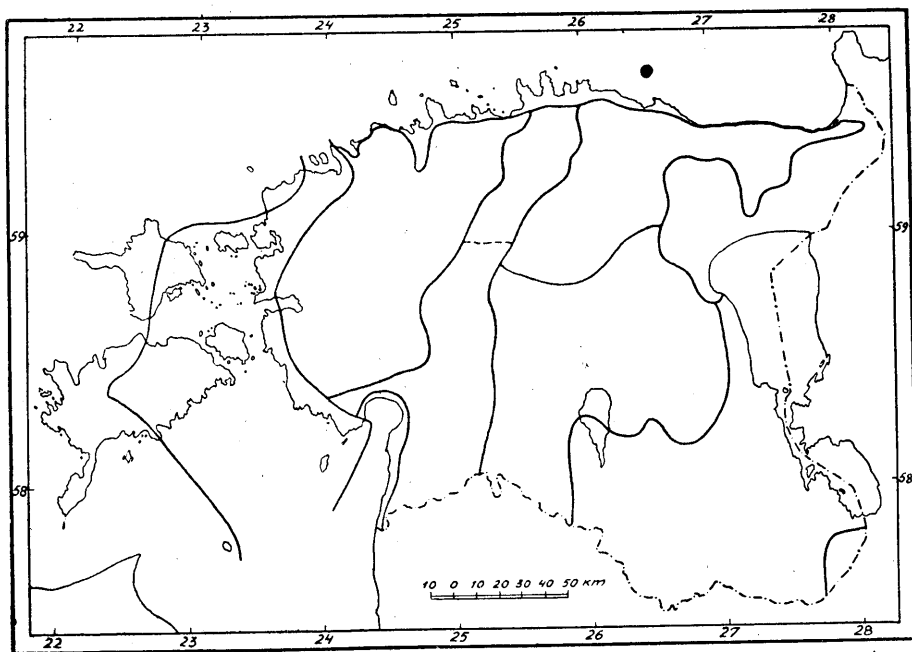
Joon. 32. *Asarum europaeum* L.



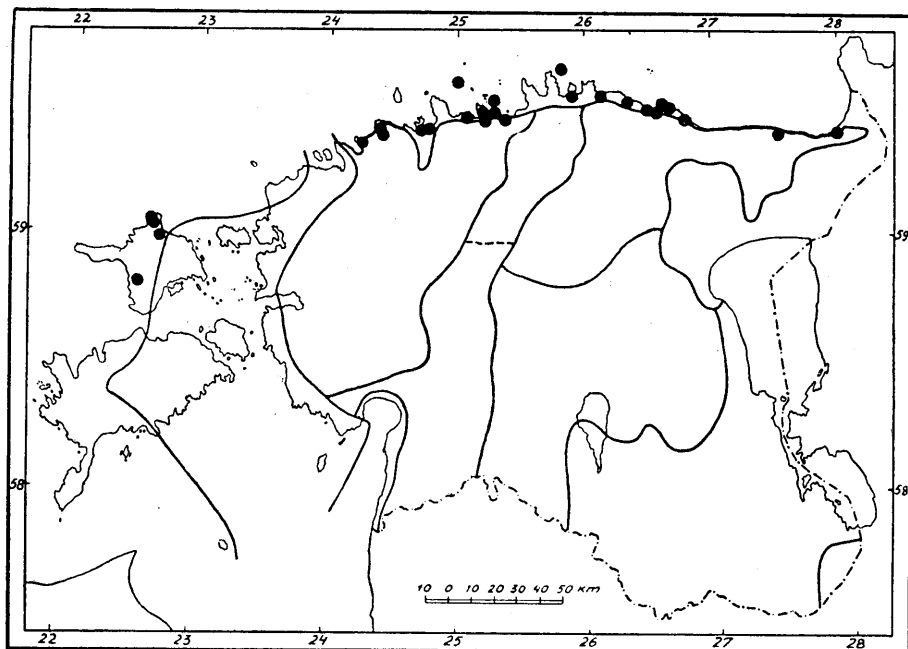
Joon. 33. *Hottonia palustris* L.



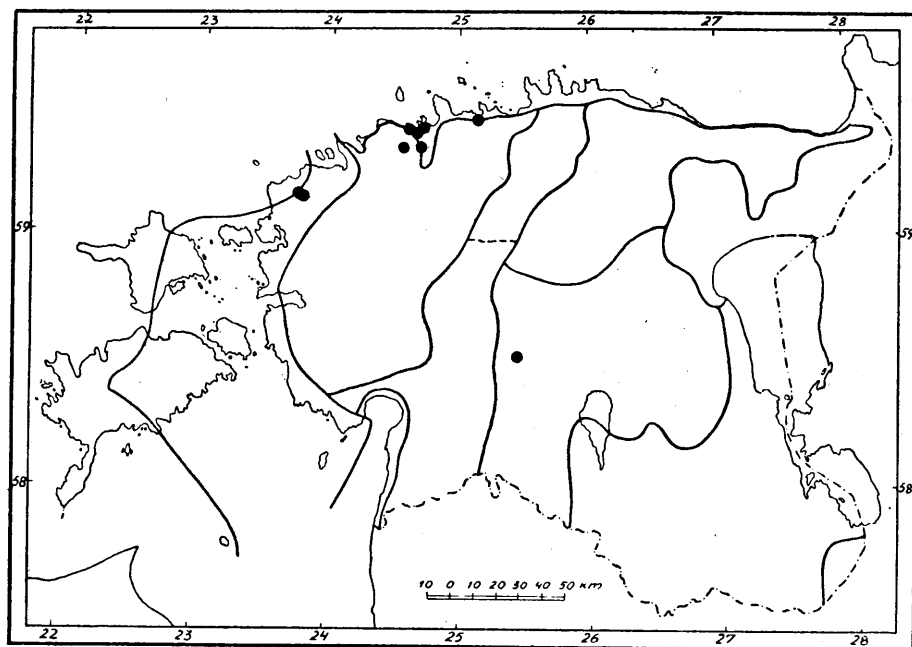
Joon. 34. *Armeria vulgaris* Willd.



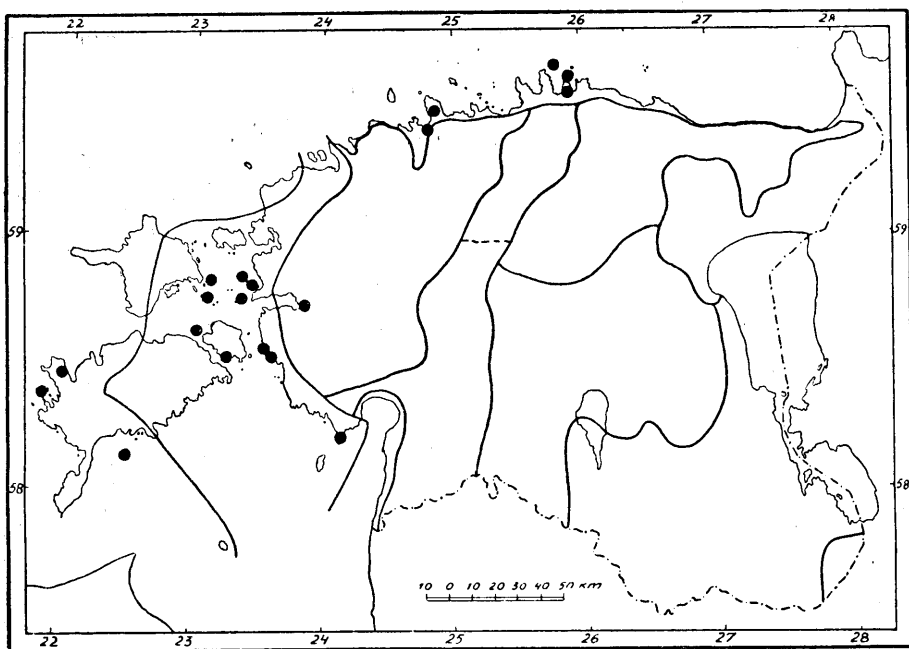
Joon. 35. *Silene viscosa* Pers.



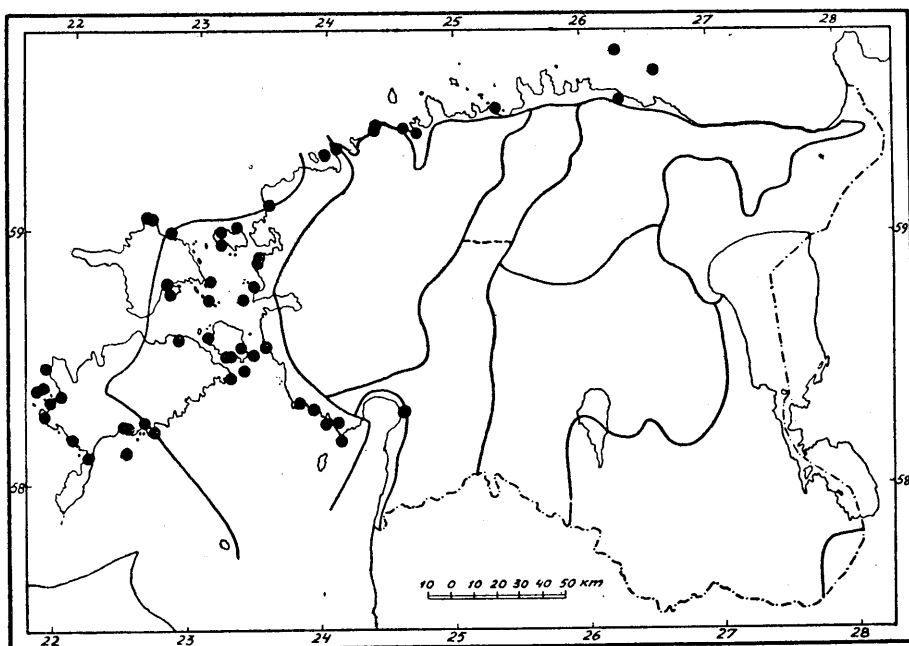
Joon. 36. *Cornus suecica* L.



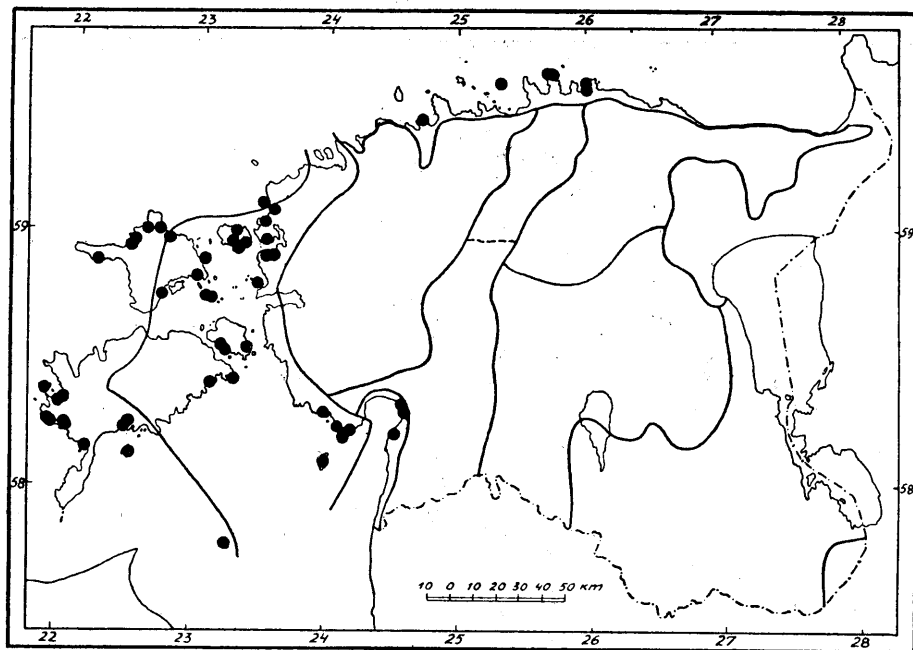
Joon. 37. *Juncus squarrosus* L.



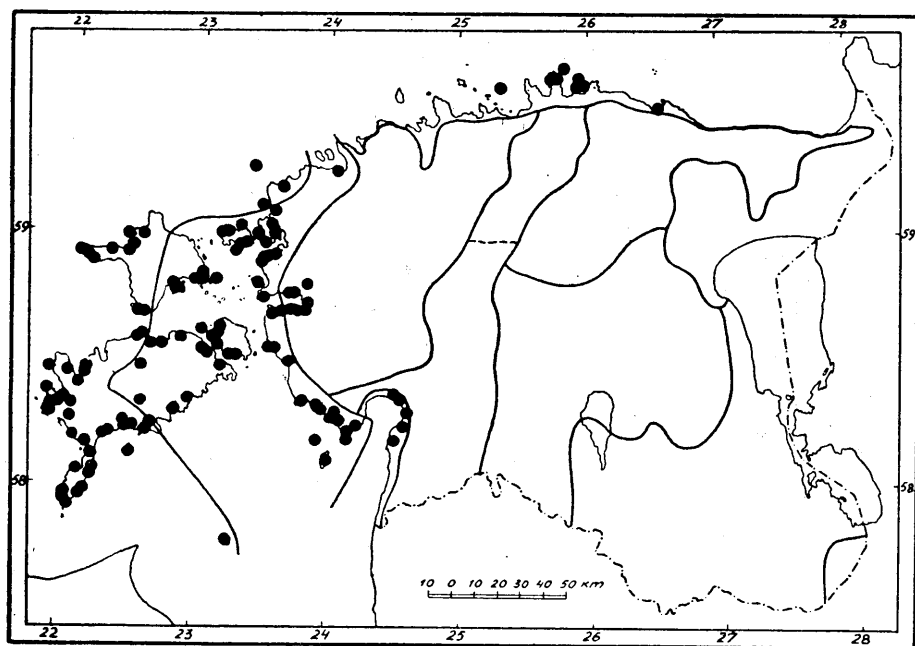
Joon. 38. *Scutellaria hastifolia* L.



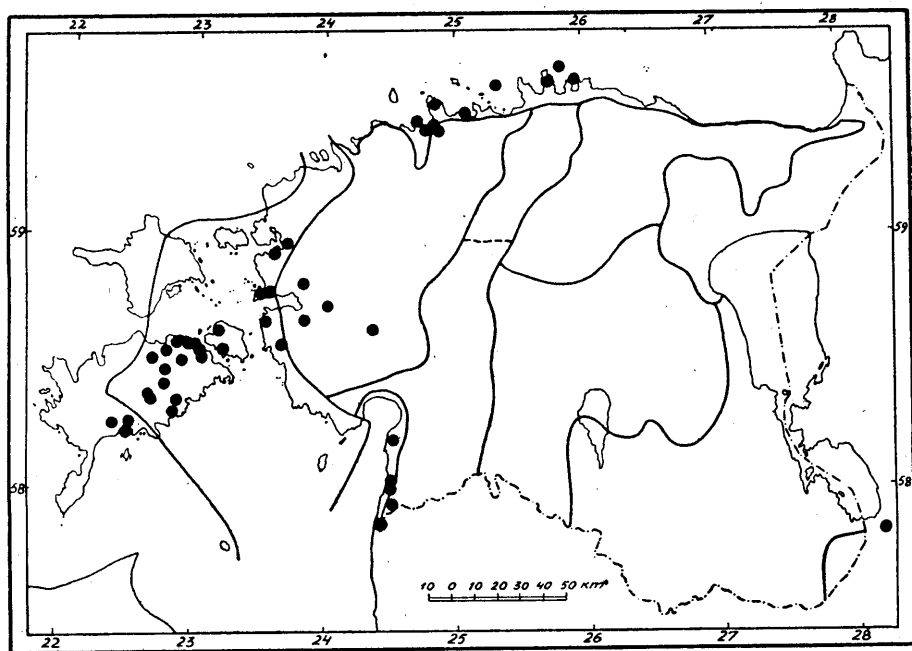
Joon. 39. *Isatis tinctoria* L.



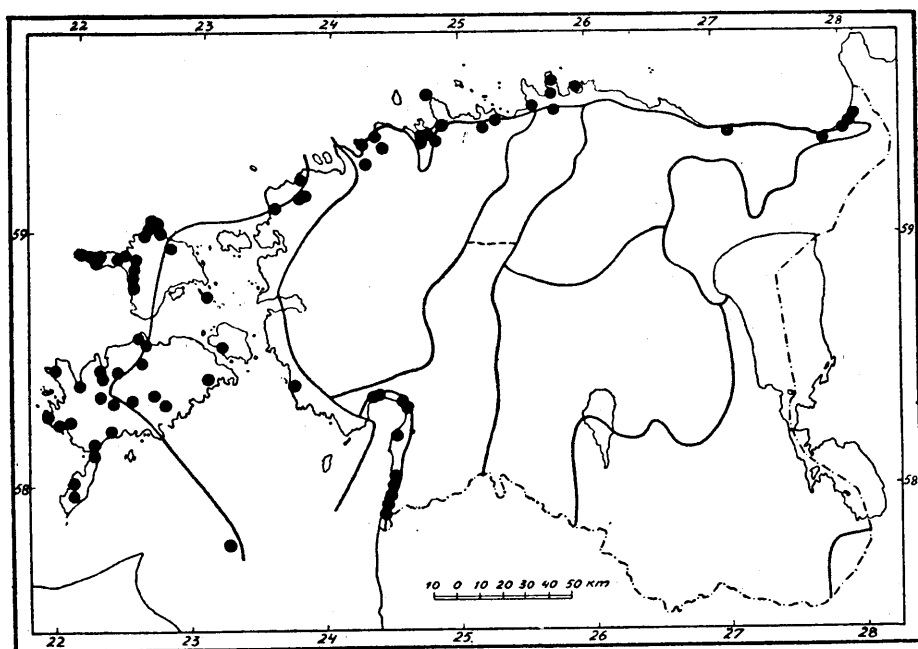
Joon. 40. *Centaurium pulchellum* Druce.



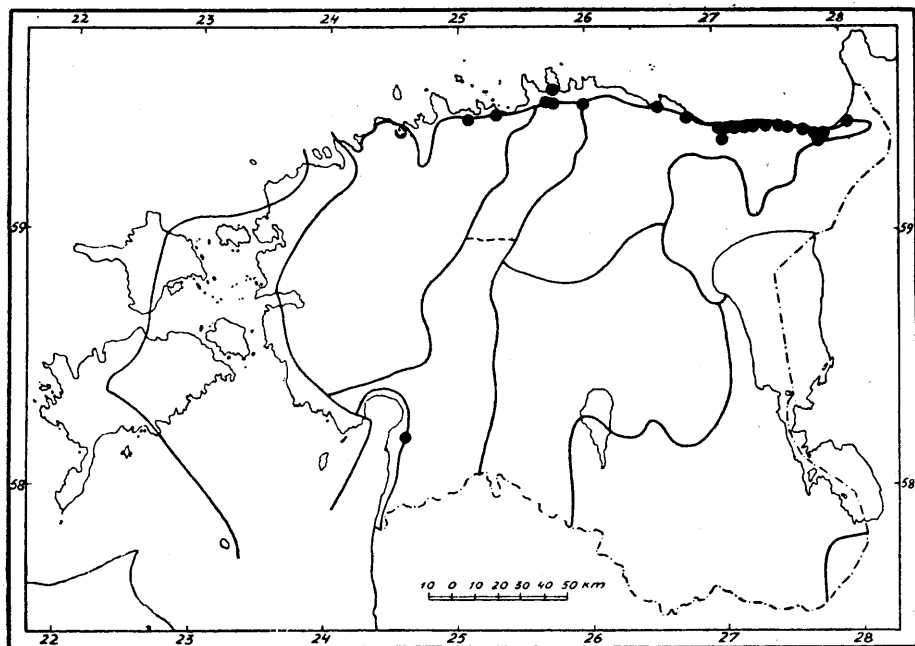
Joon. 41. *Centaurium erythraea* Rafn.



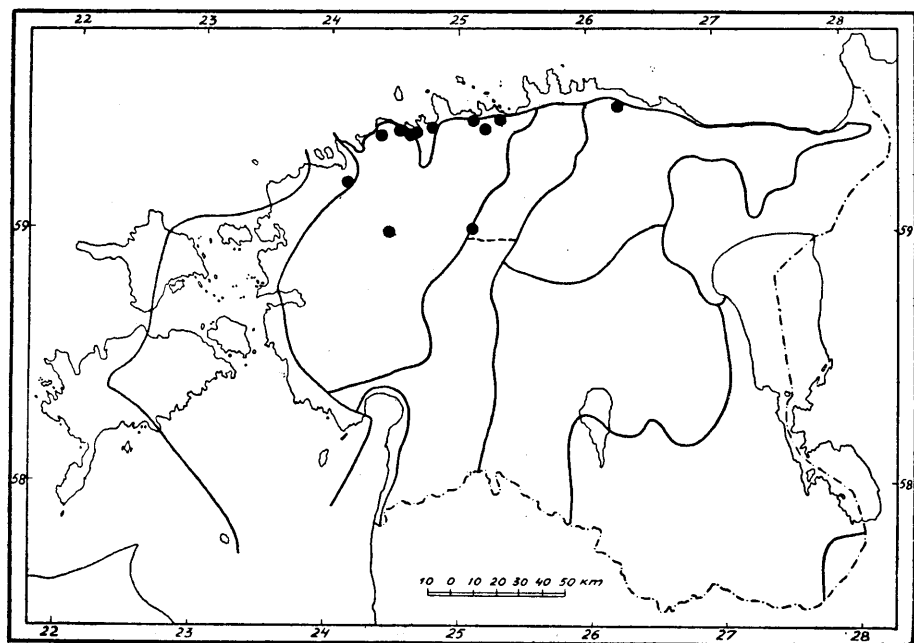
Joon. 42. *Ononis hircina* Jacq.



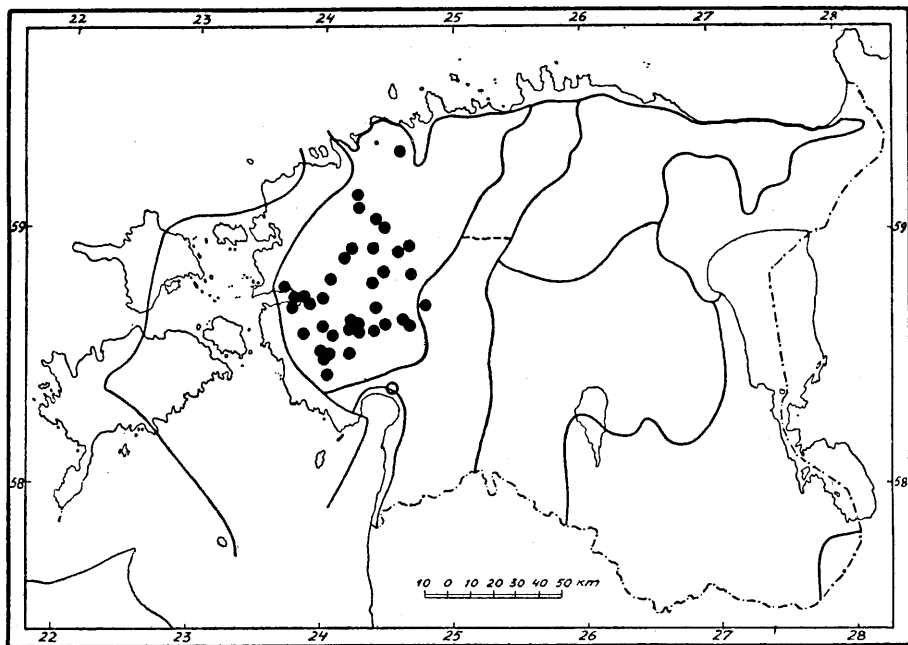
Joon. 43. *Carex arenaria* L.



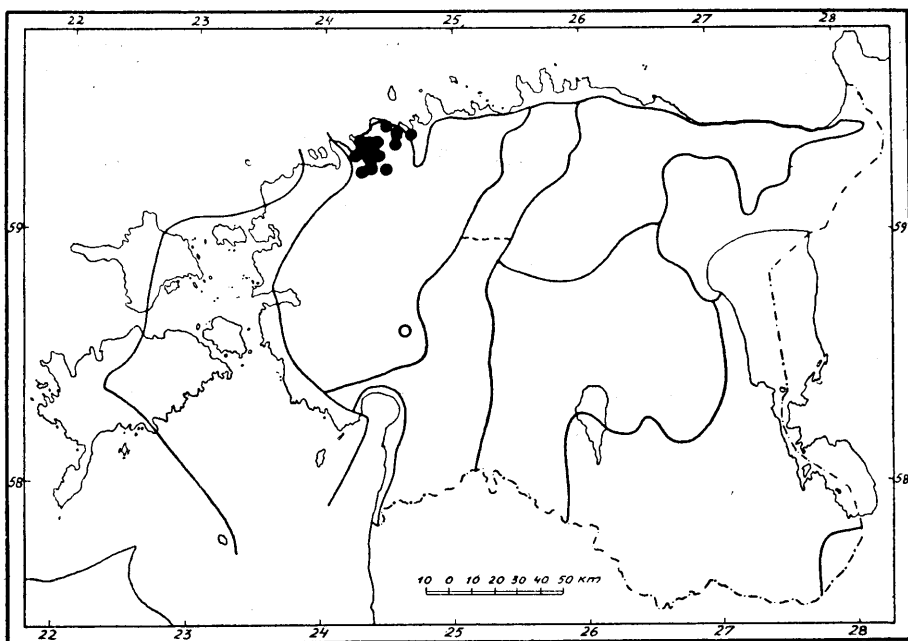
Joon. 44. *Lunaria rediviva* L.



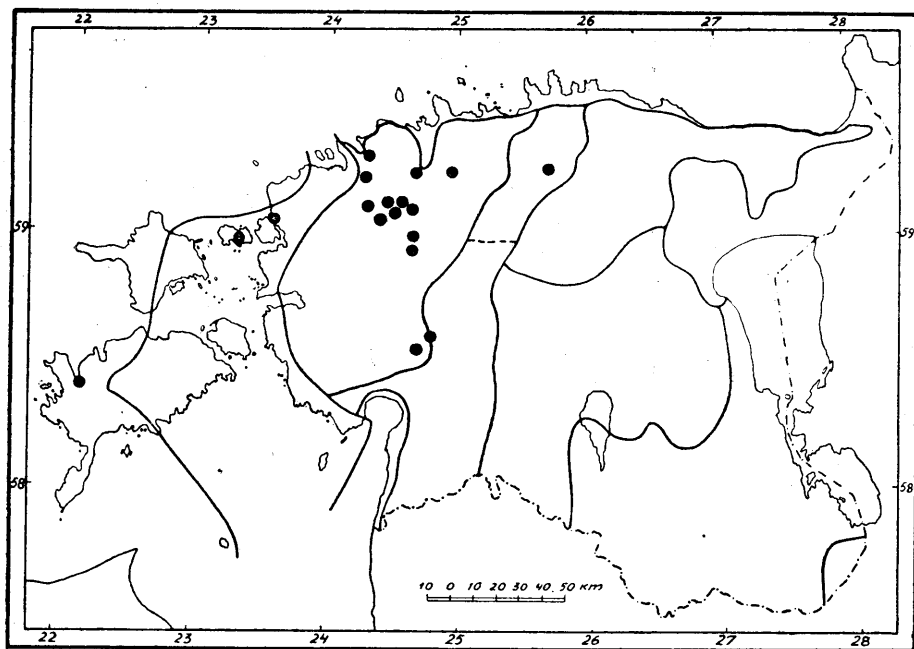
Joon. 45. *Saxifraga adscendens* L.



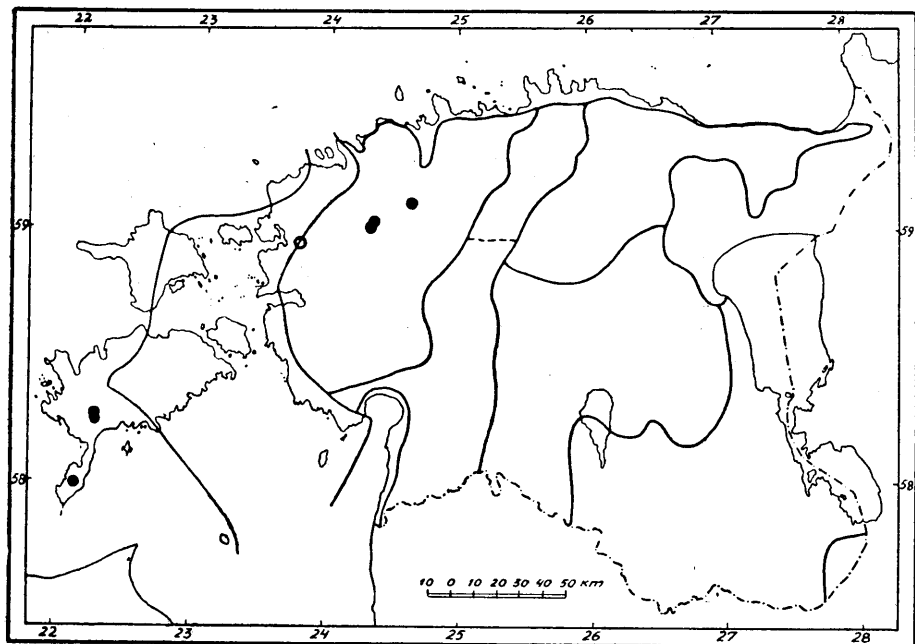
Joon. 46. *Sanguisorba officinalis* L.



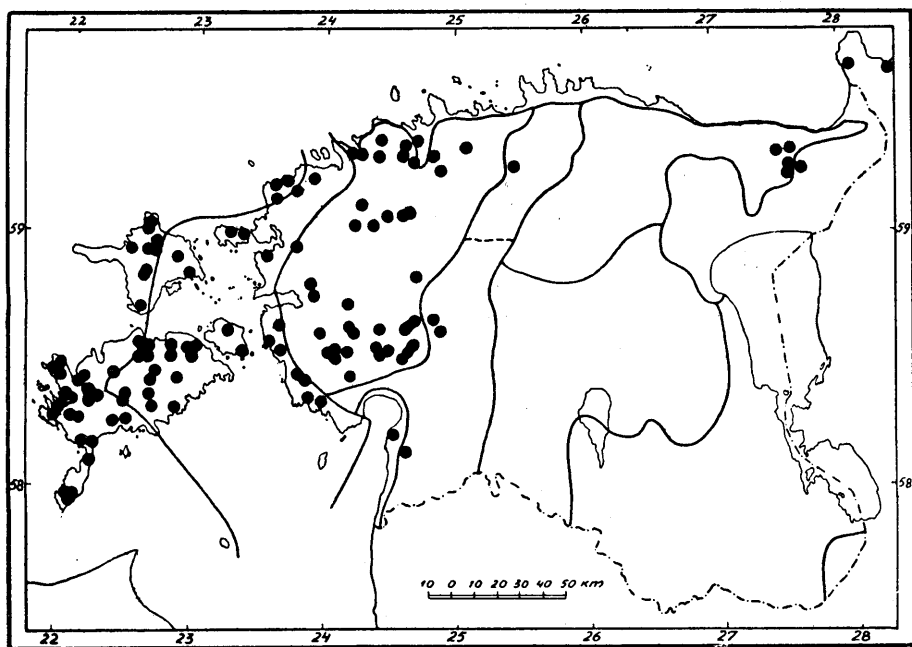
Joon. 47. *Potentilla fruticosa* L.



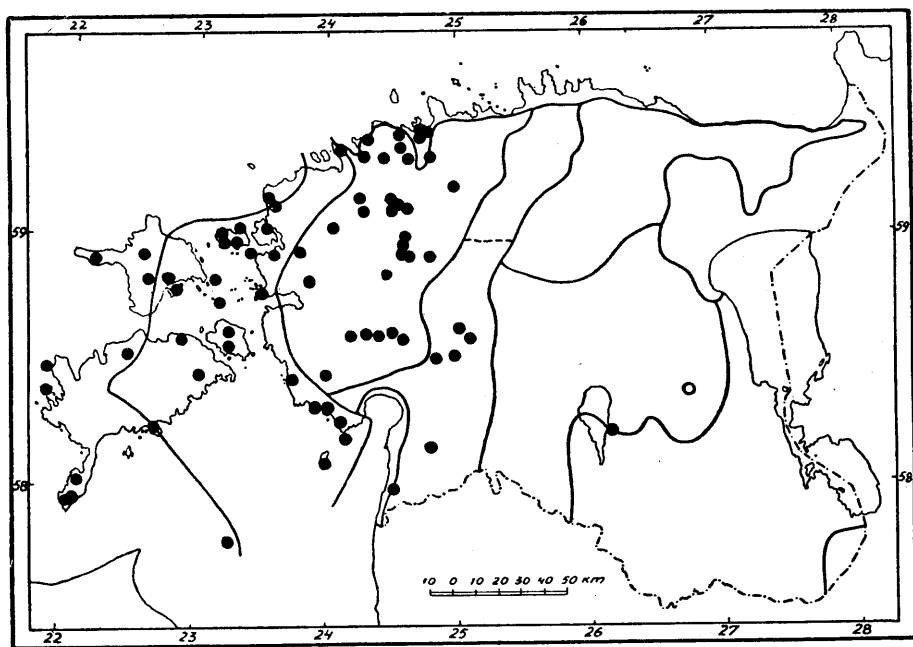
Joon. 48. *Selaginella selaginoides* Lk.



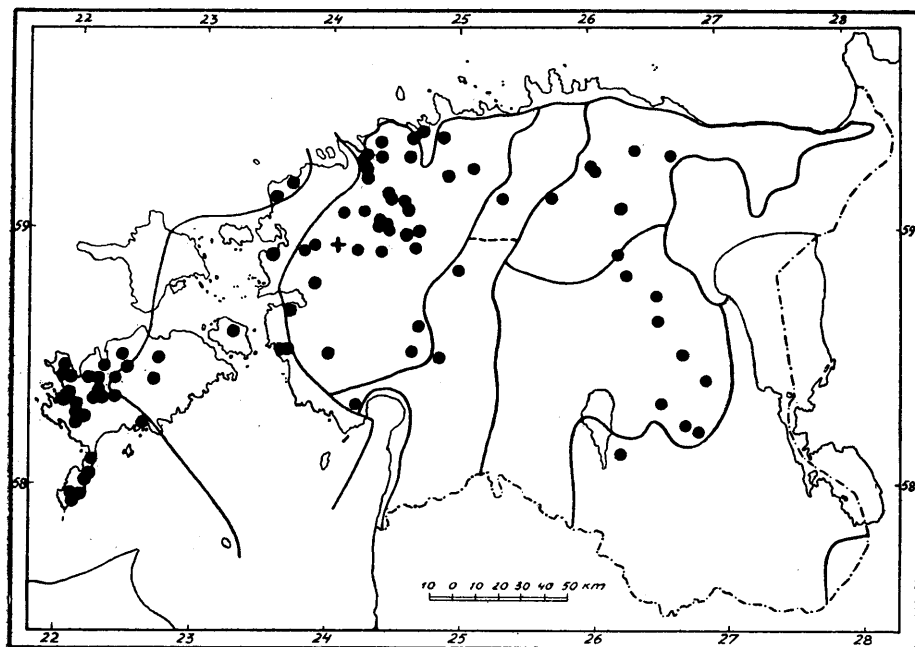
Joon. 49. *Gymnadenia odoratissima* Rich.



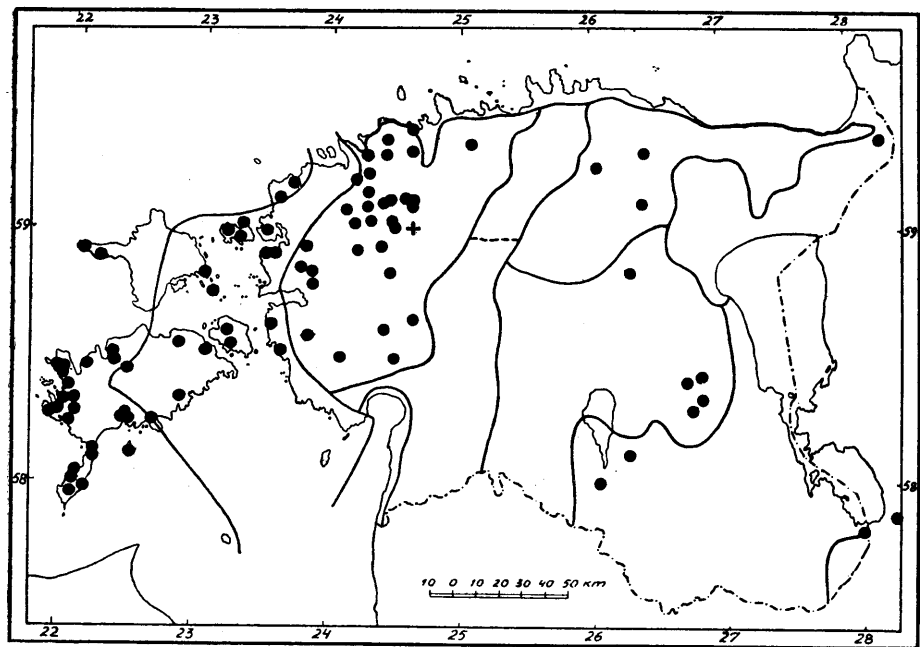
Joon. 50. *Myrica gale* L.



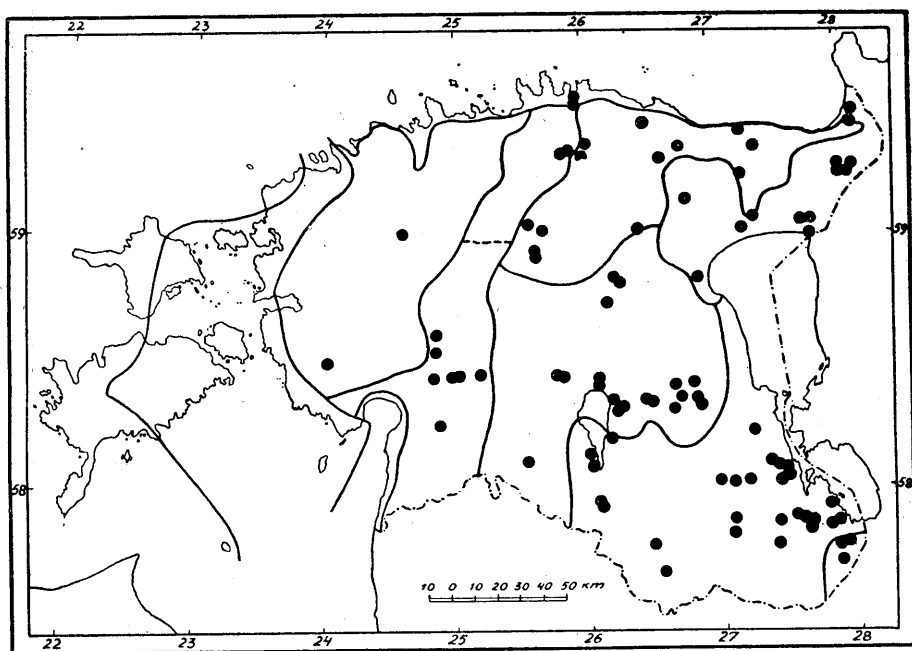
Joon. 51. *Potentilla reptans* L.



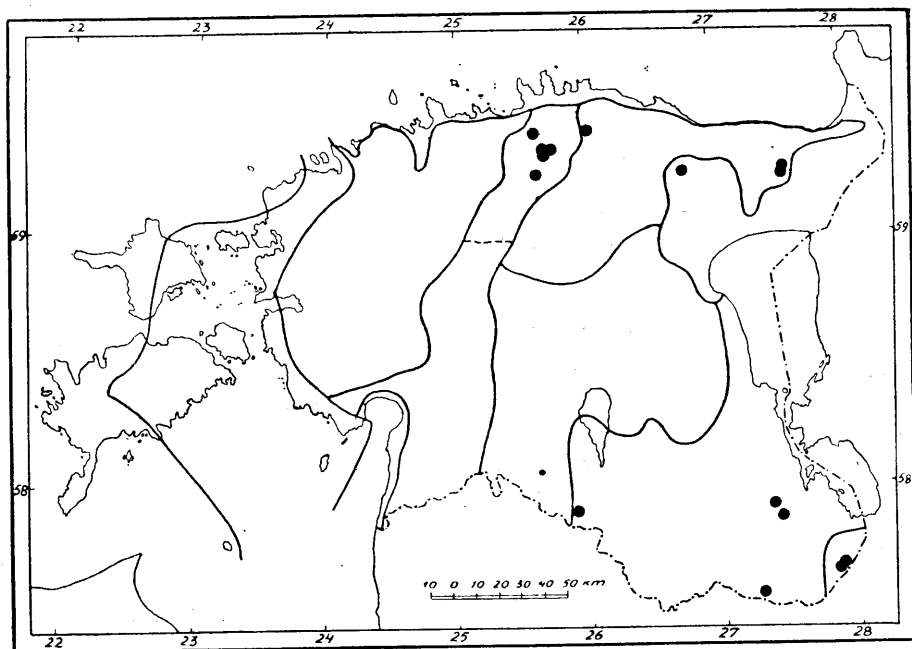
Joon. 52. *Tofieldia calyculata* (L.) Wahlenb.



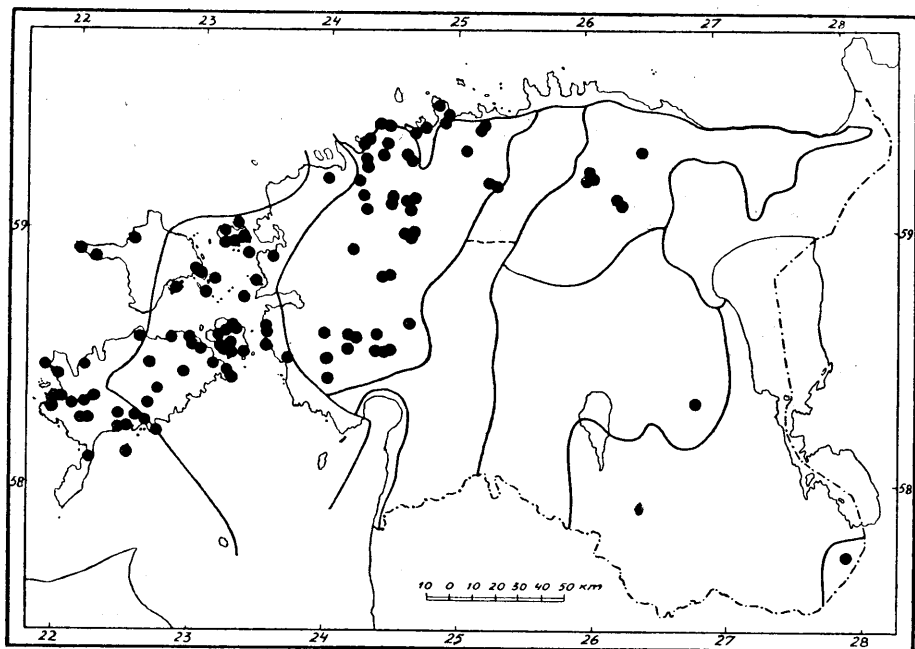
Joon. 53. *Ophrys muscifera* Huds.



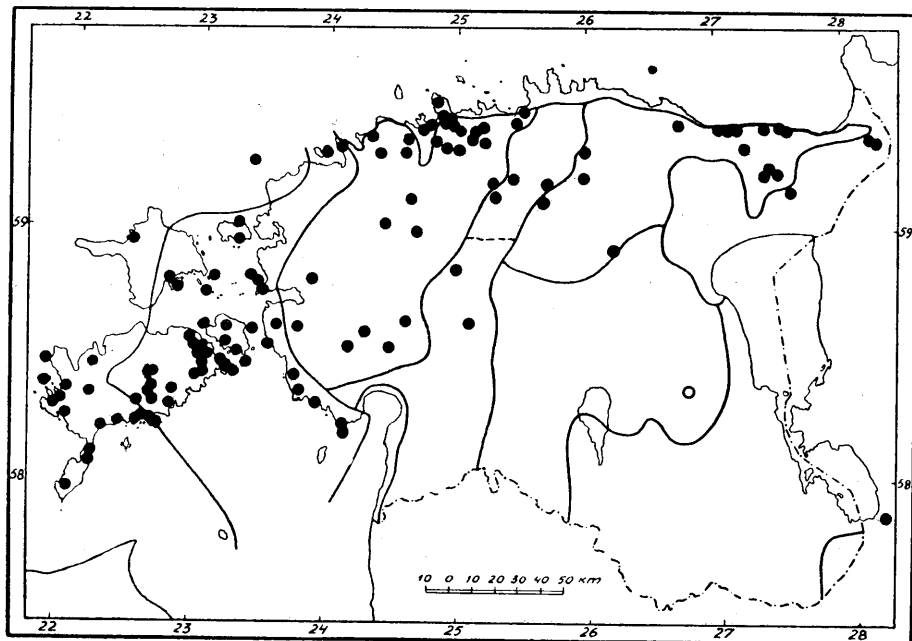
Joon. 54. *Lyonia calyculata* Rchb.



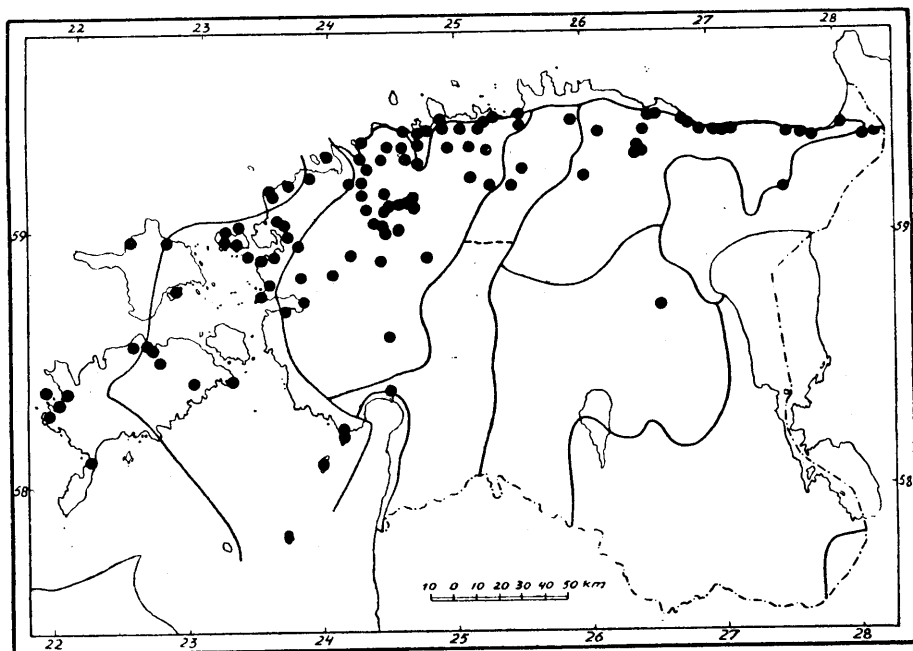
Joon. 55. *Isoetes lacustre* L.



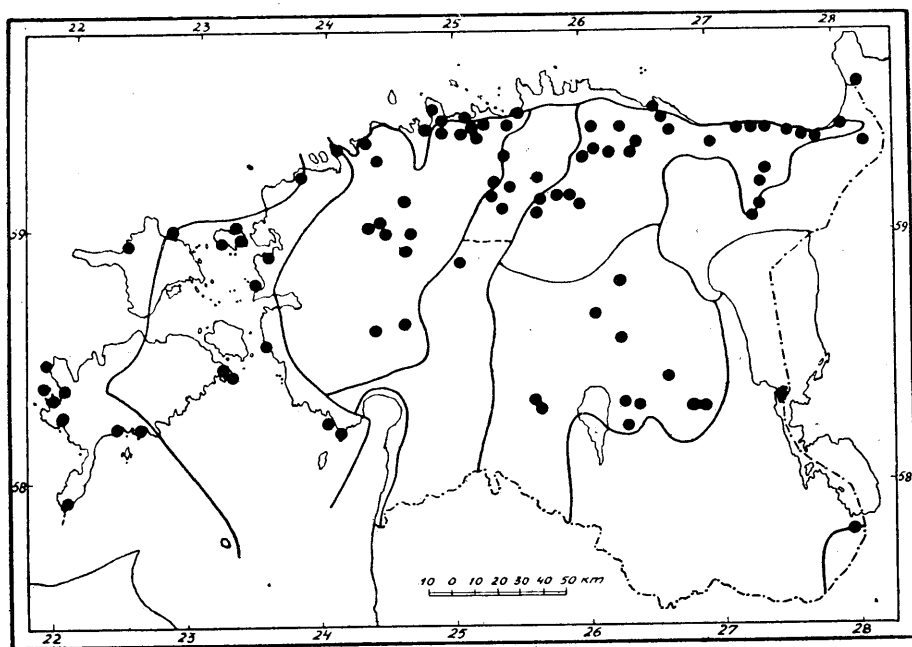
Joon. 56. *Asperula tinctoria* L.



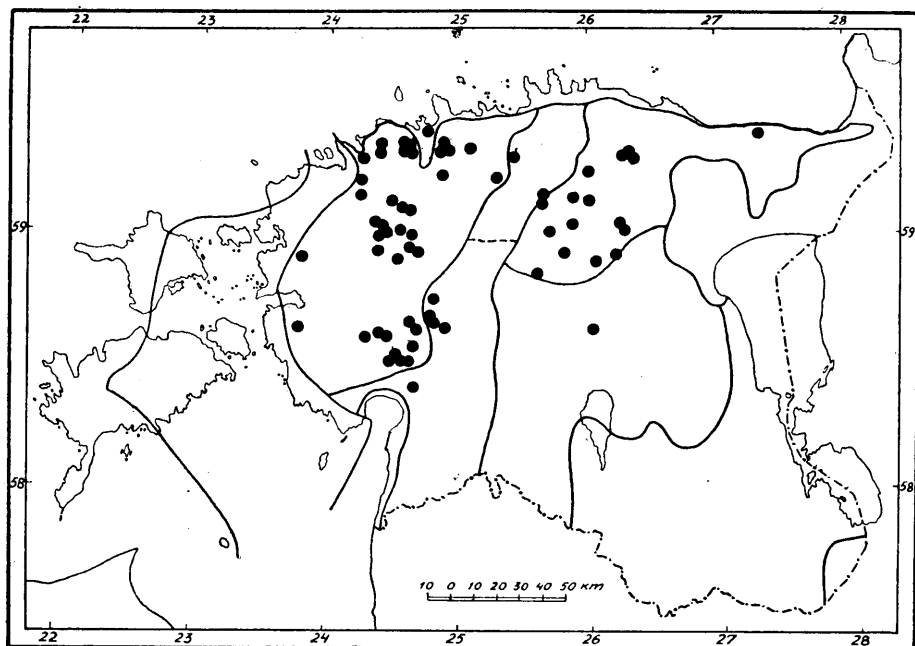
Joon. 57. *Phleum Boehmeri* Wibel.



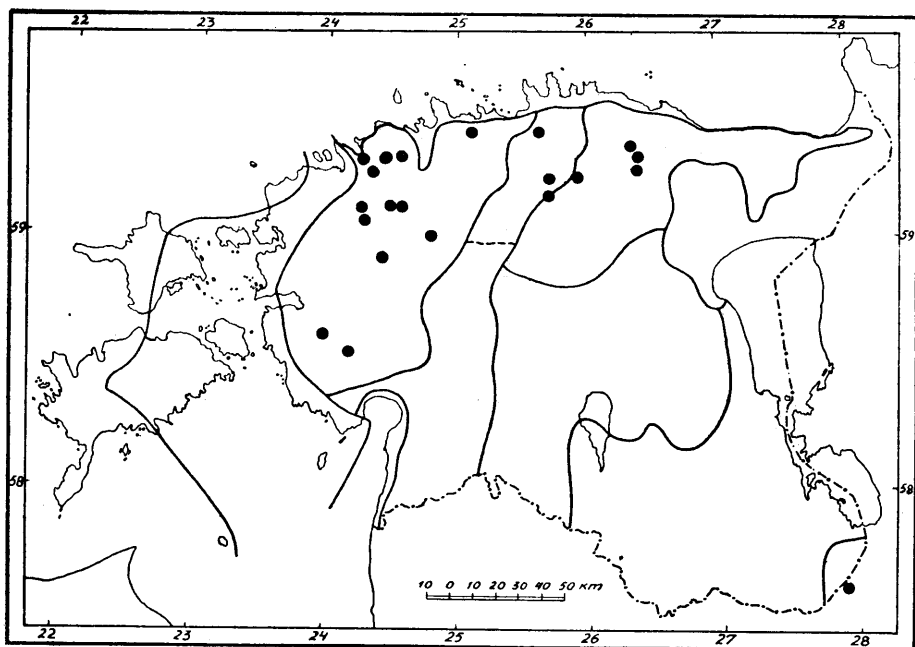
Joon. 58. *Medicago falcata* L.



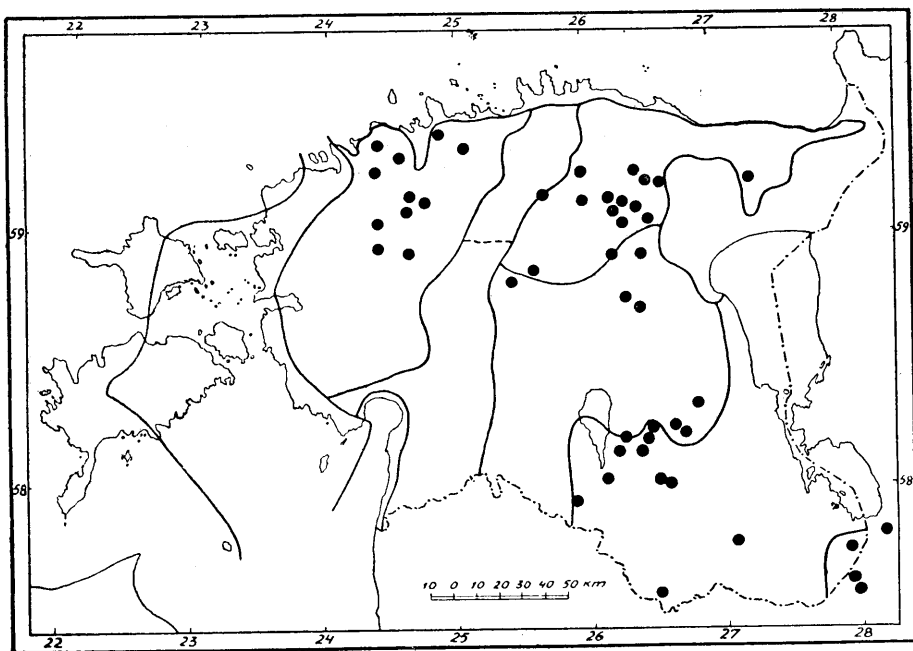
Joon. 59. *Seseli libanotis* (L.) Koch.



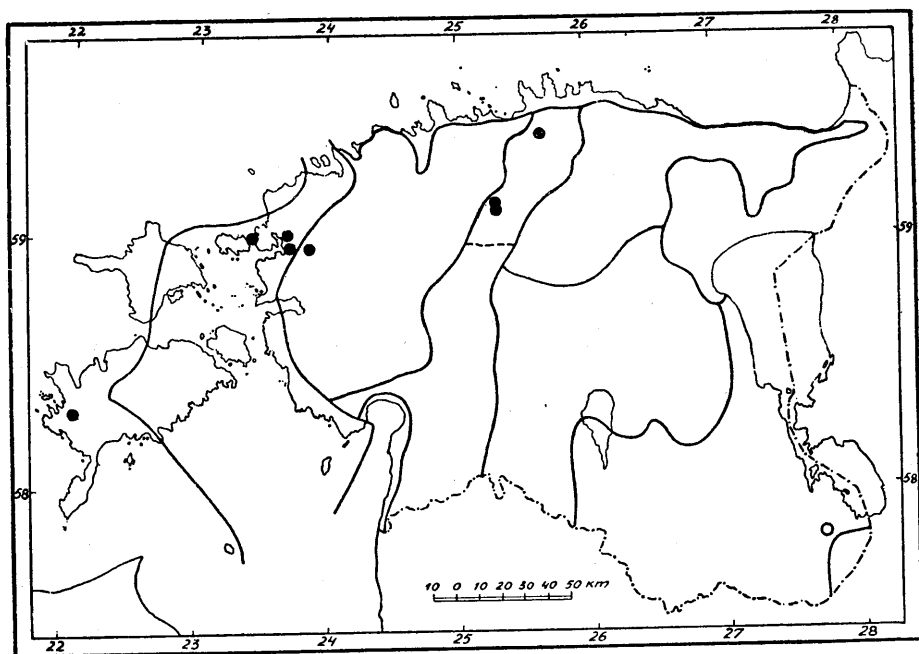
Joon. 60. *Saussurea alpina* (L.) D C.



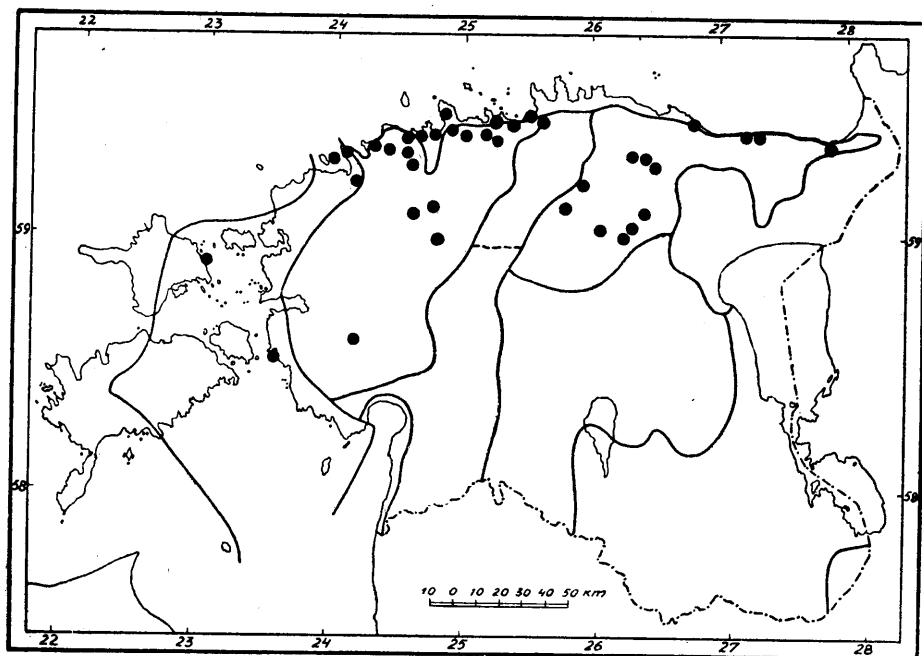
Joon. 61. *Lathyrus pisiformis* L.



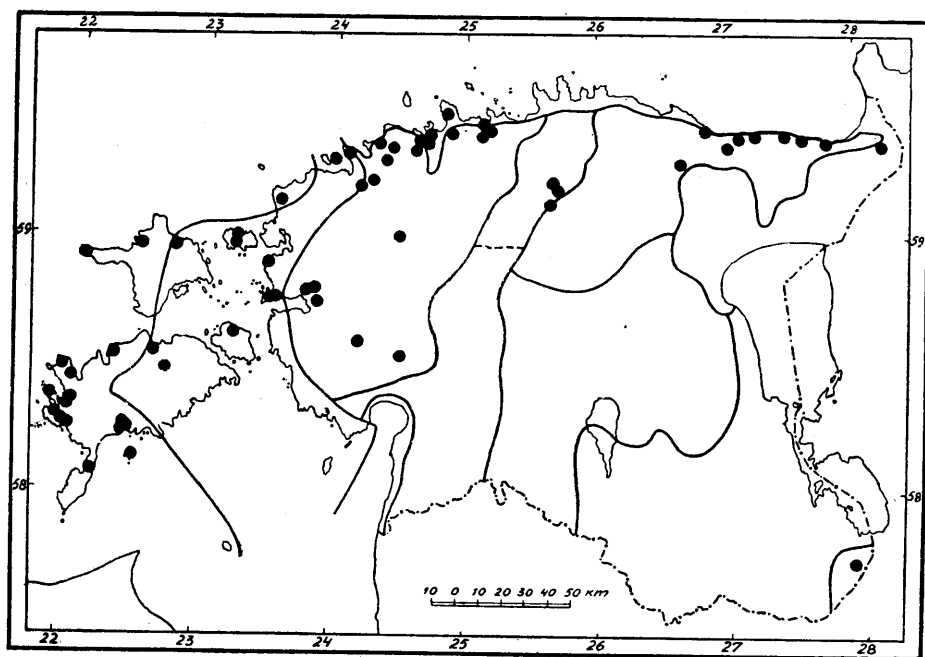
Joon. 62. *Dracocephalum ruyschiana* L.



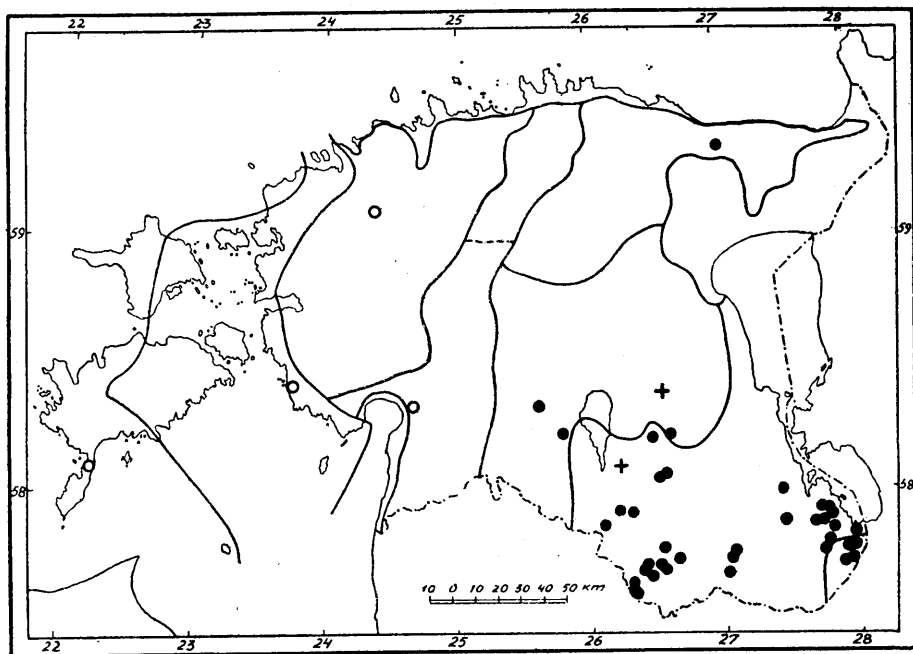
Joon. 63. *Oxytropis pilosa* DC.



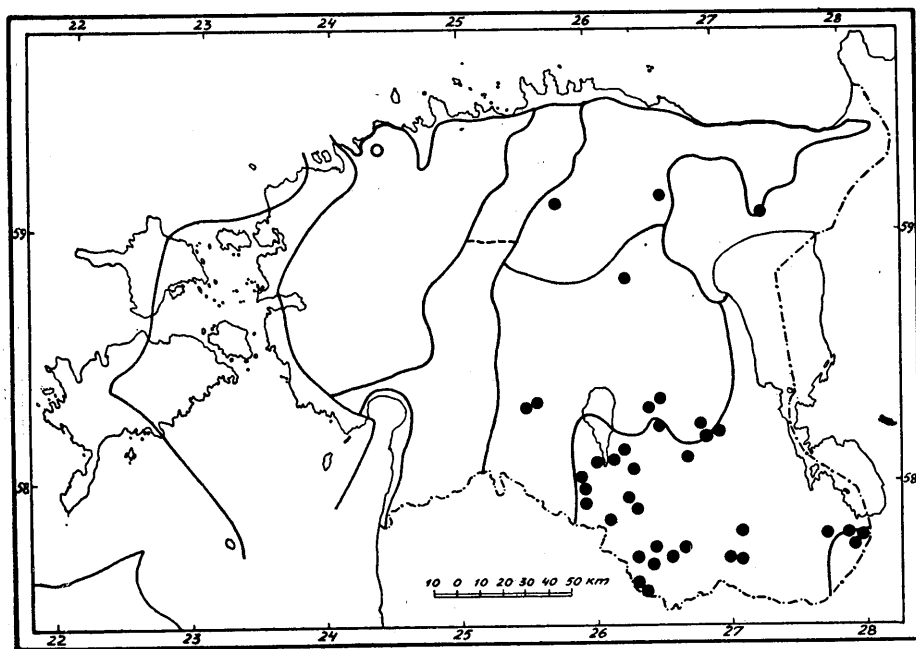
Joon. 64. *Senecio integrifolius* (Lam.) Clairv.



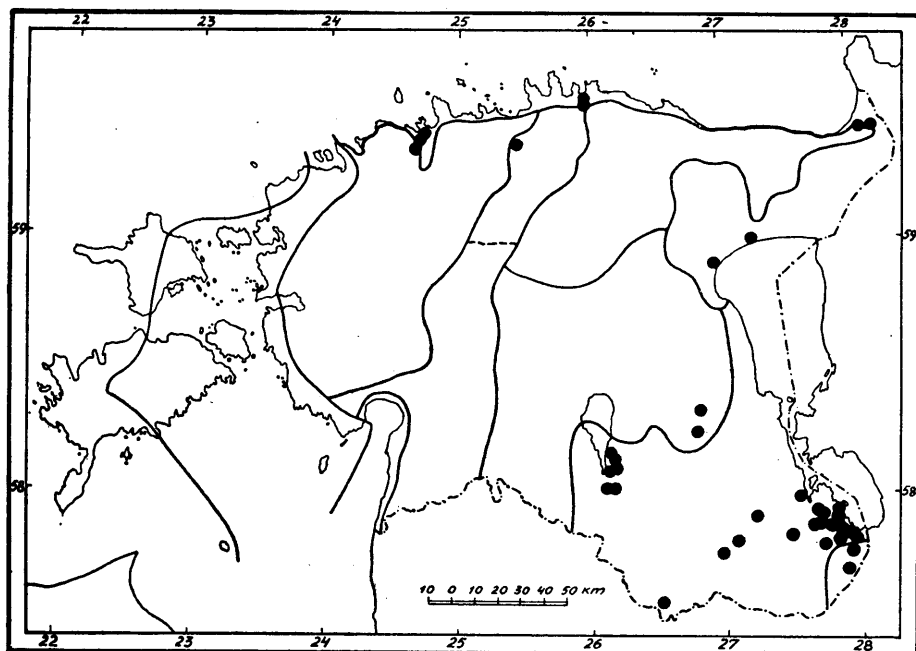
Joon. 65. *Saxifraga tridactylites* L.



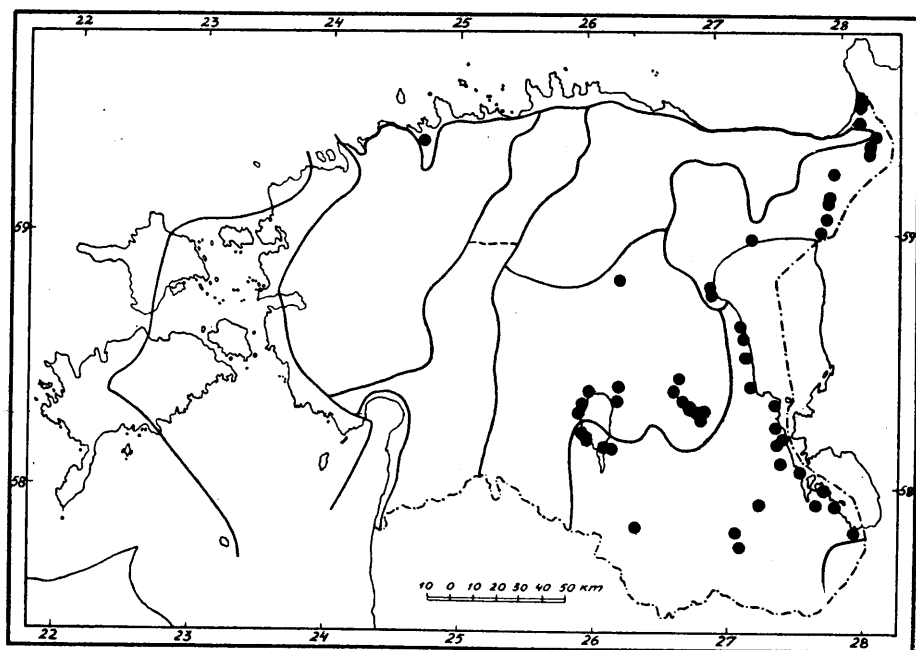
Joon. 66. *Helichrysum arenarium* (L.) D C.



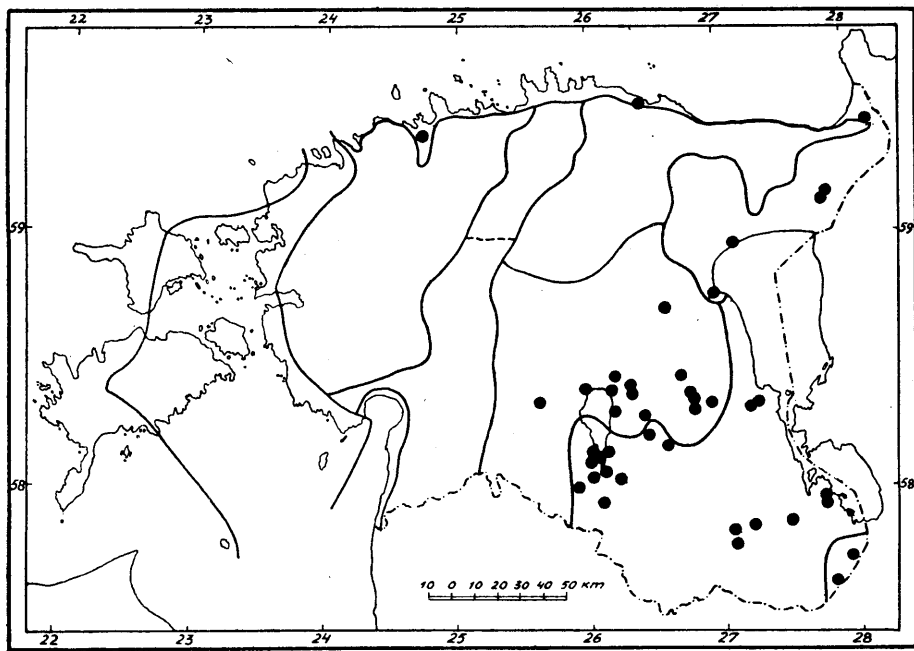
Joon. 67. *Sempervivum soboliferum* Sims.



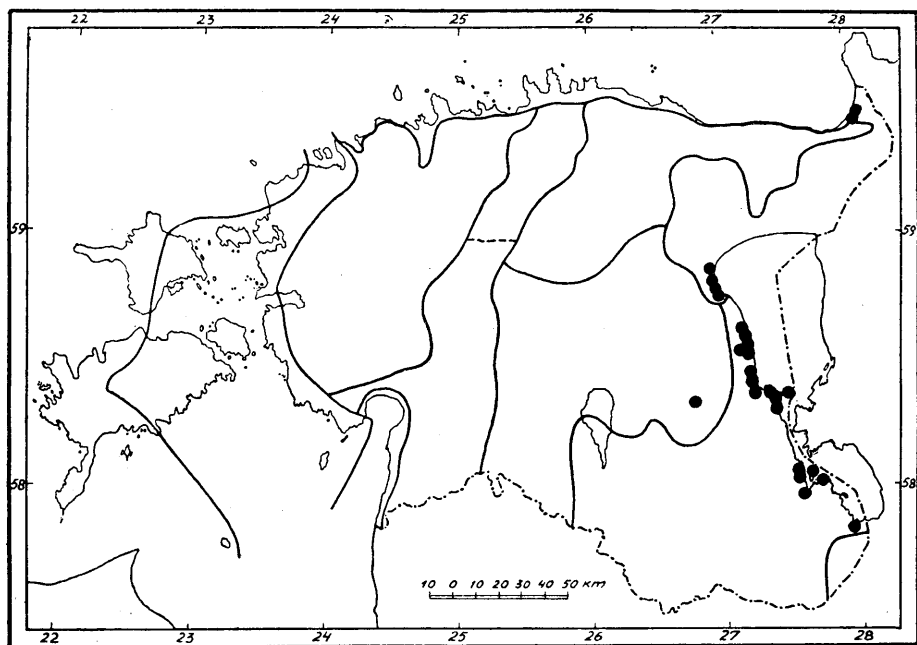
Joon. 68. *Gypsophila fastigiata* L.



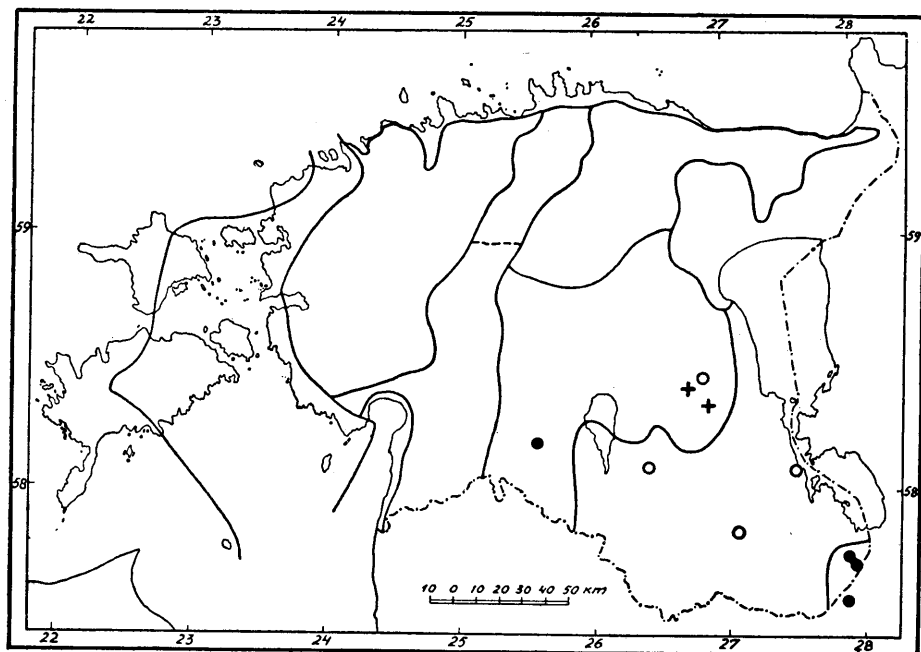
Joon. 69. *Achillea cartilaginea* Ledeb.



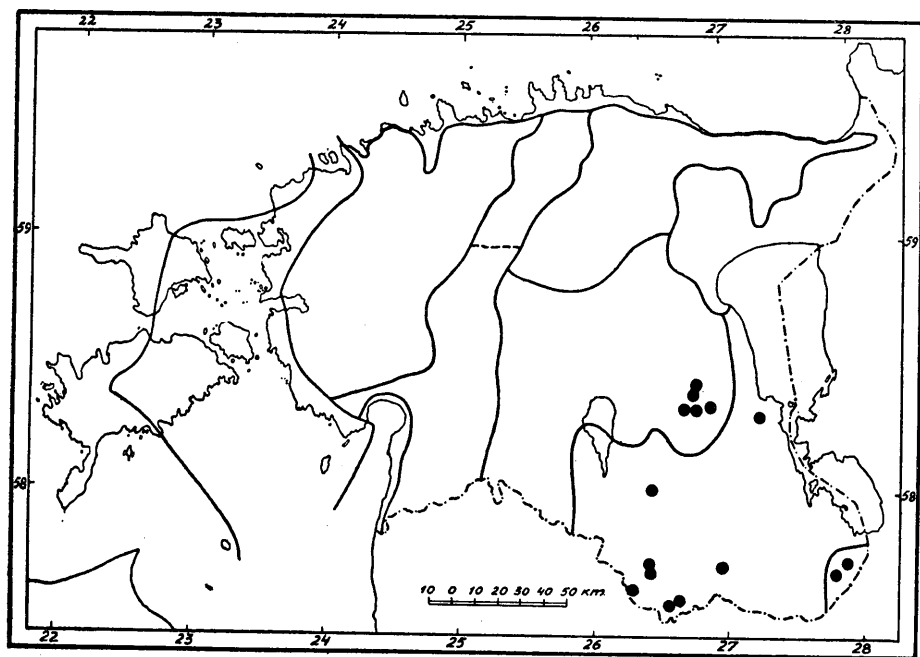
Joon. 70. *Scolochloa festucacea* Lk.



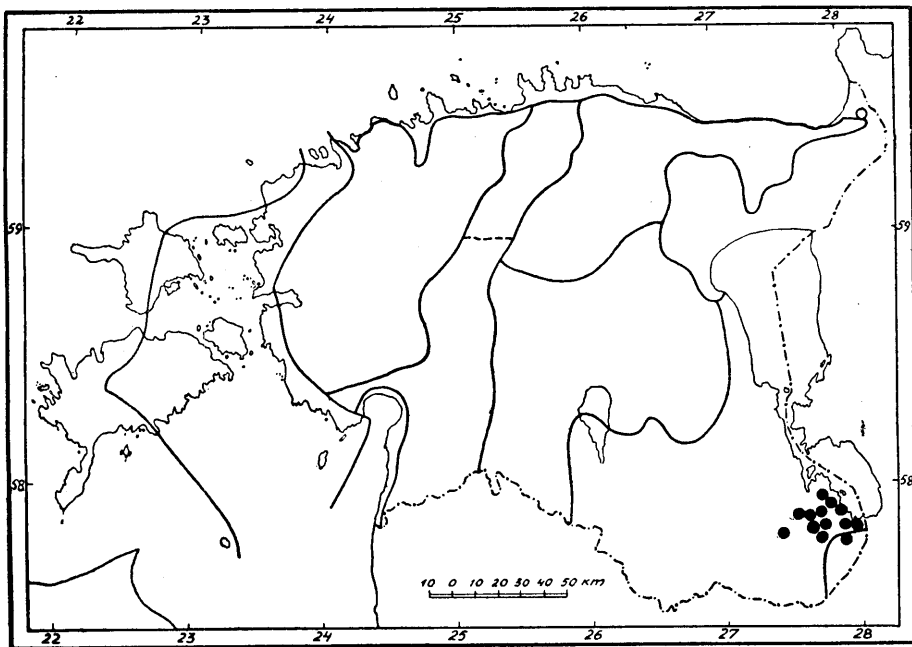
Joon. 71. *Bidens radiatus* Thuill.



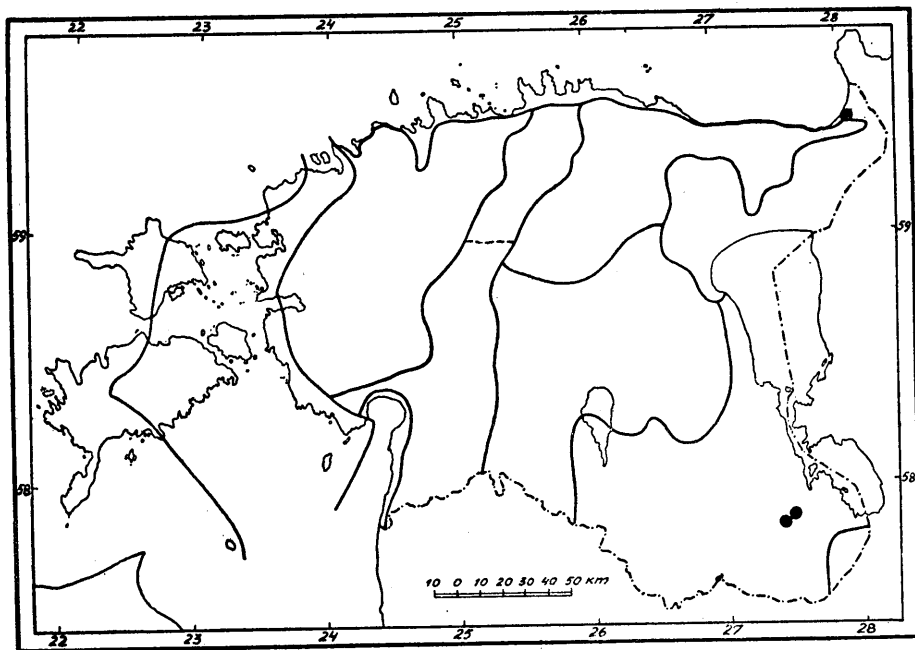
Joon. 72. *Ligularia sibirica* (L.) Cass.



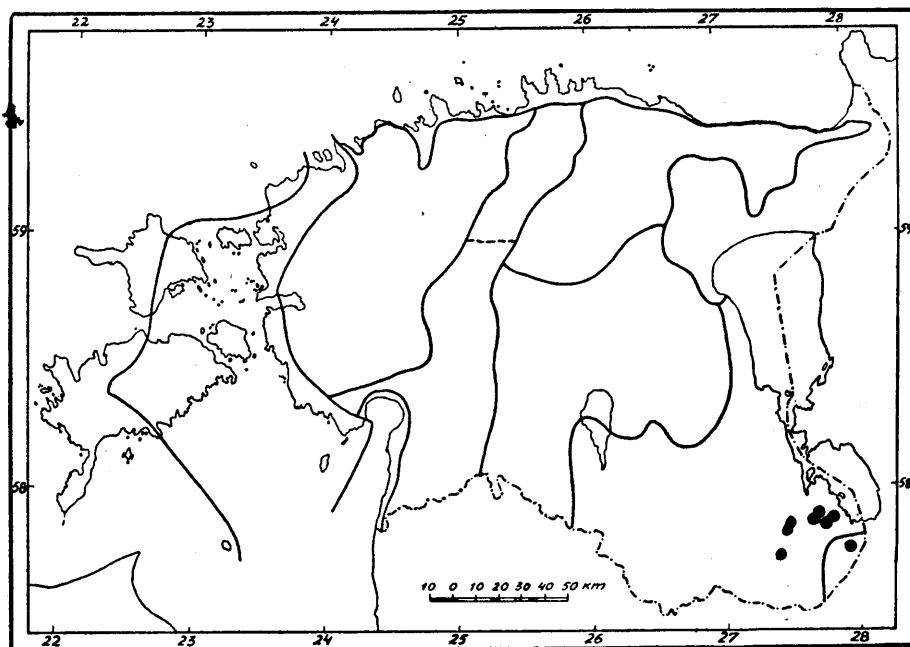
Joon. 73. *Geum aleppicum* Jacq.



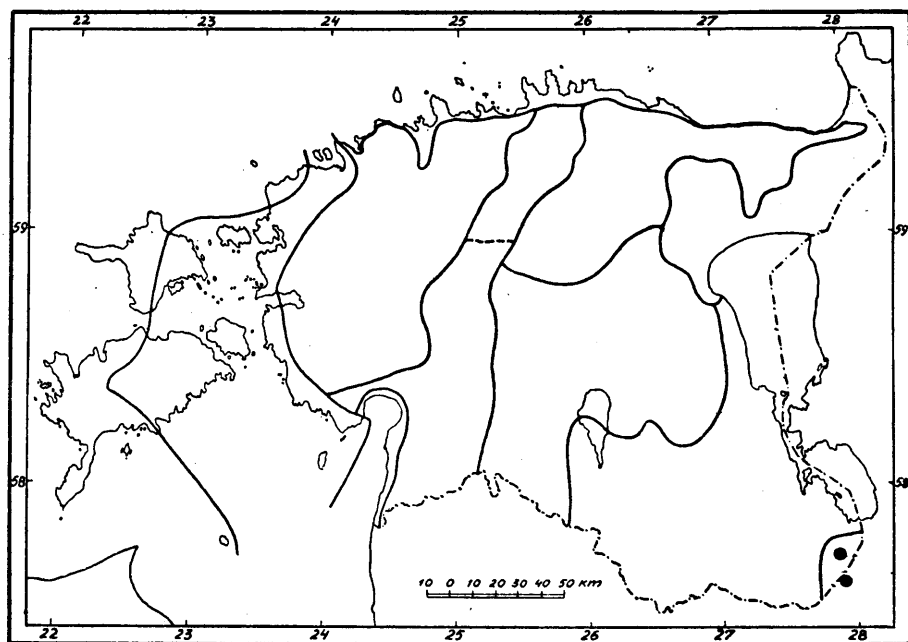
Joon. 74. *Silene chlorantha* (Willd.) Ehrh.



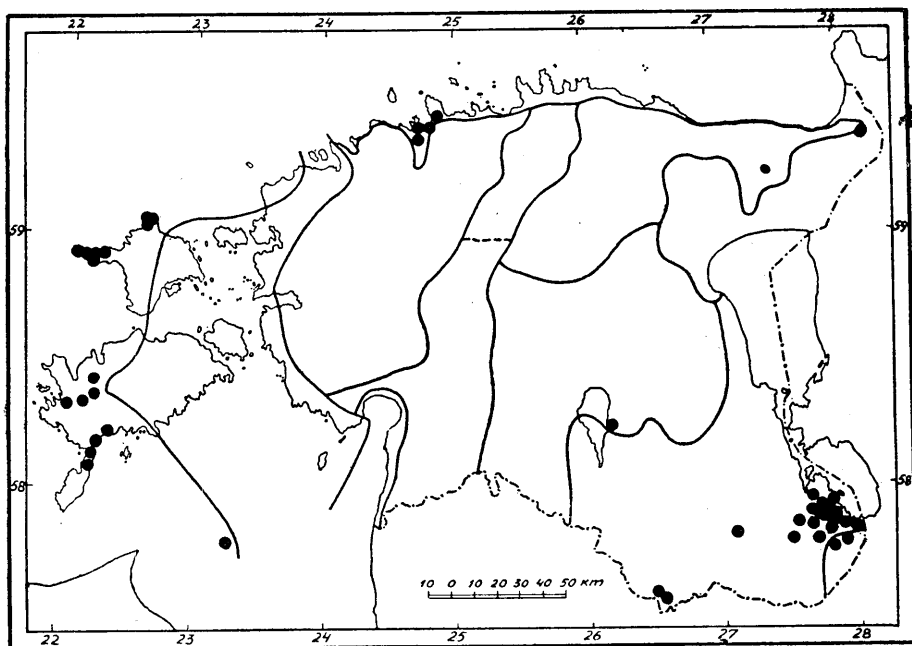
Joon. 75. *Silene tatarica* Pers.



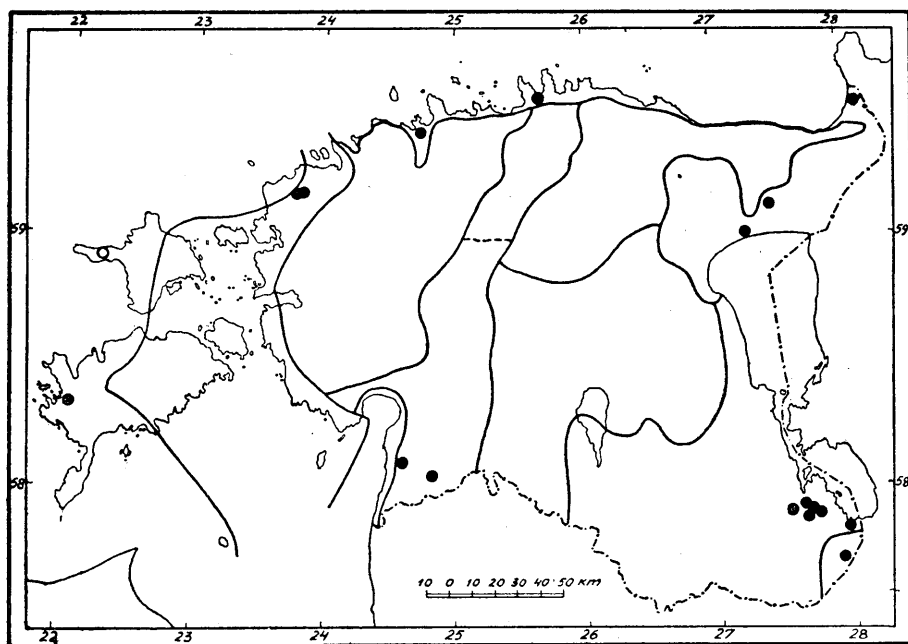
Joon. 76. *Arenaria graminifolia* Schrad.



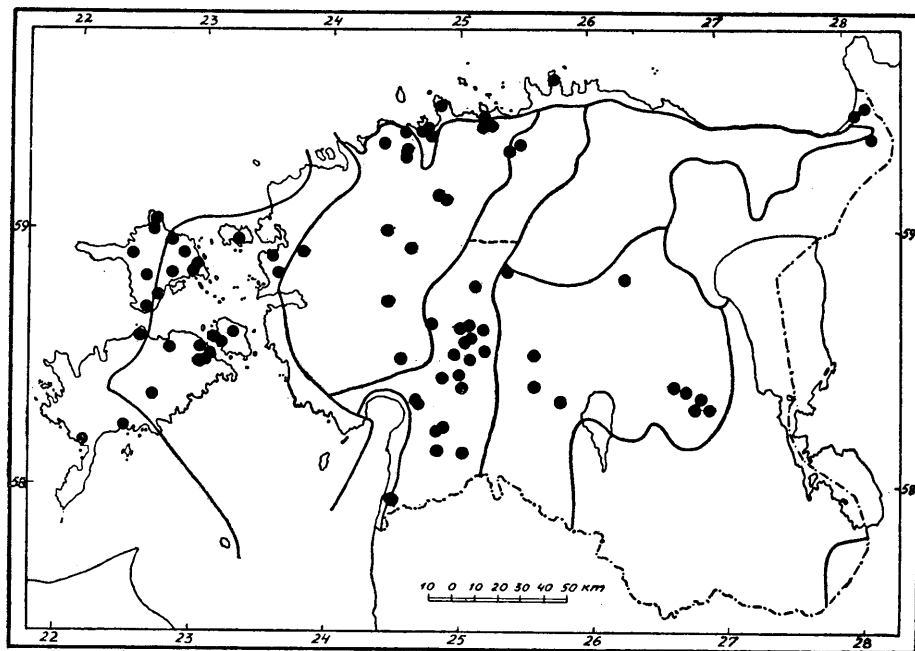
Joon. 77. *Evonymus verrucosa* Scop.



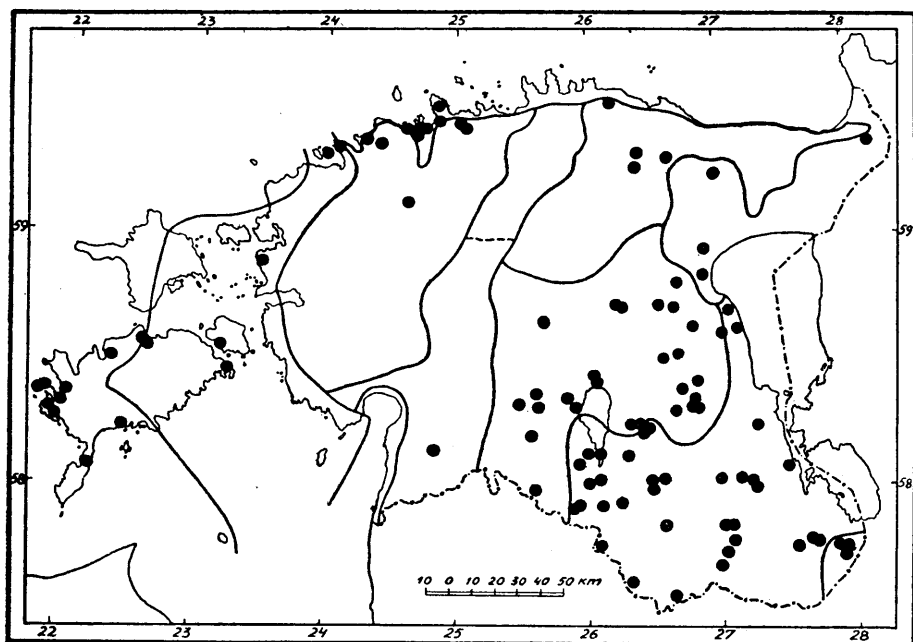
Joon. 78. *Koeleria glauca* (Schk.) DC.



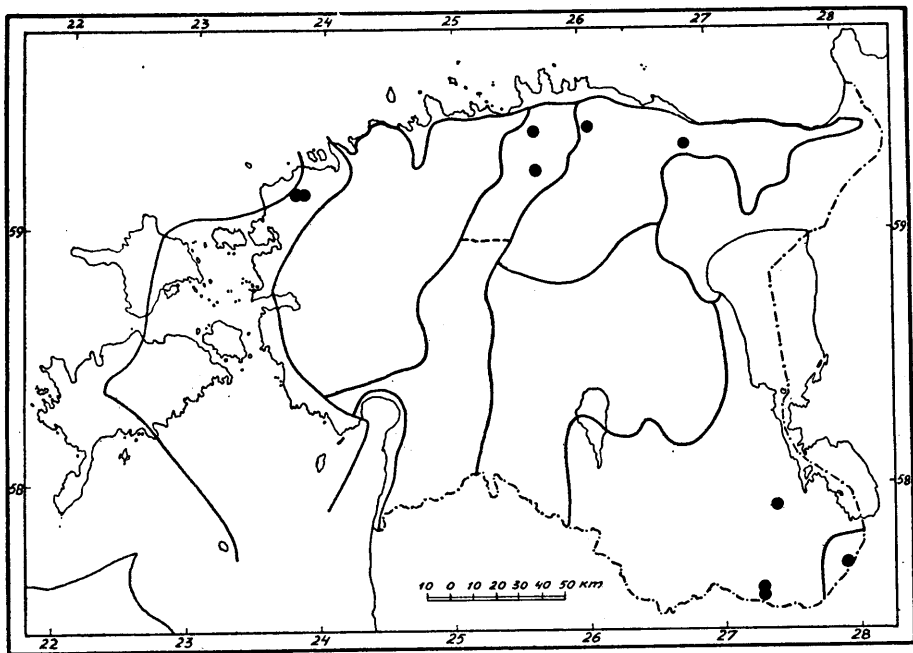
Joon. 79. *Lycopodium inundatum* L.



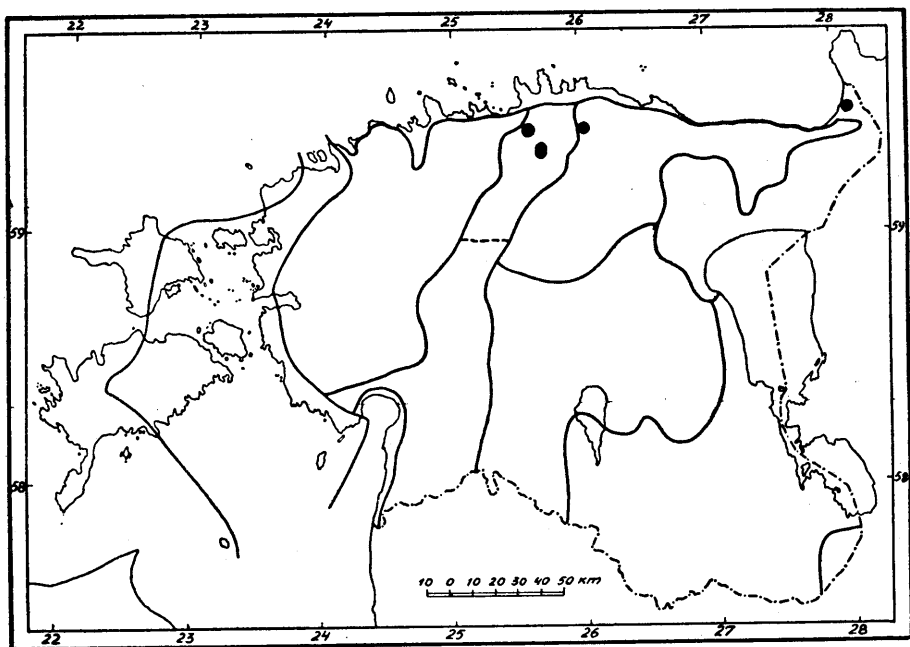
Joon. 80. *Achillea ptarmica* L.



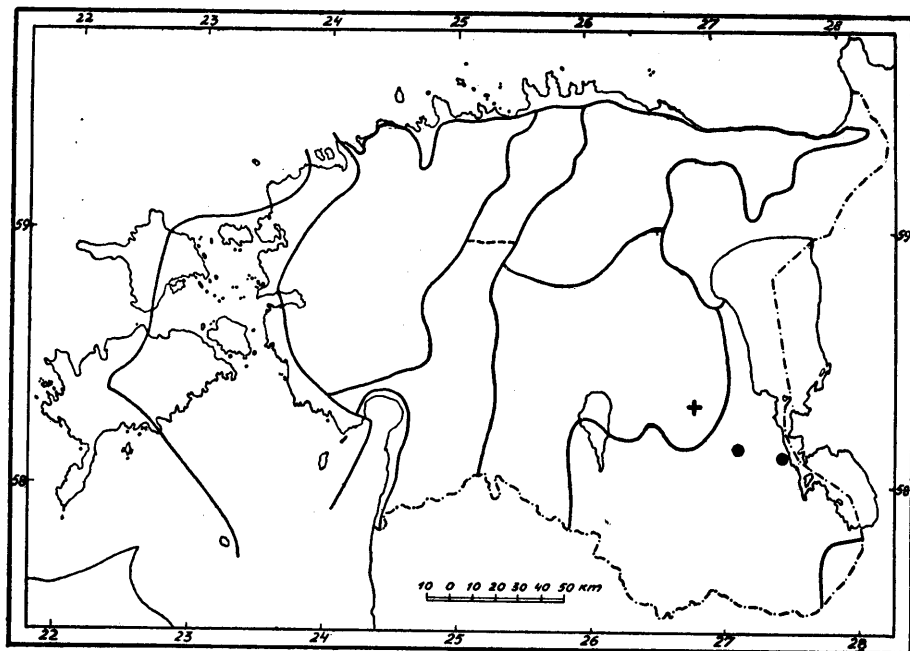
Joon. 81. *Saxifraga granulata* L.



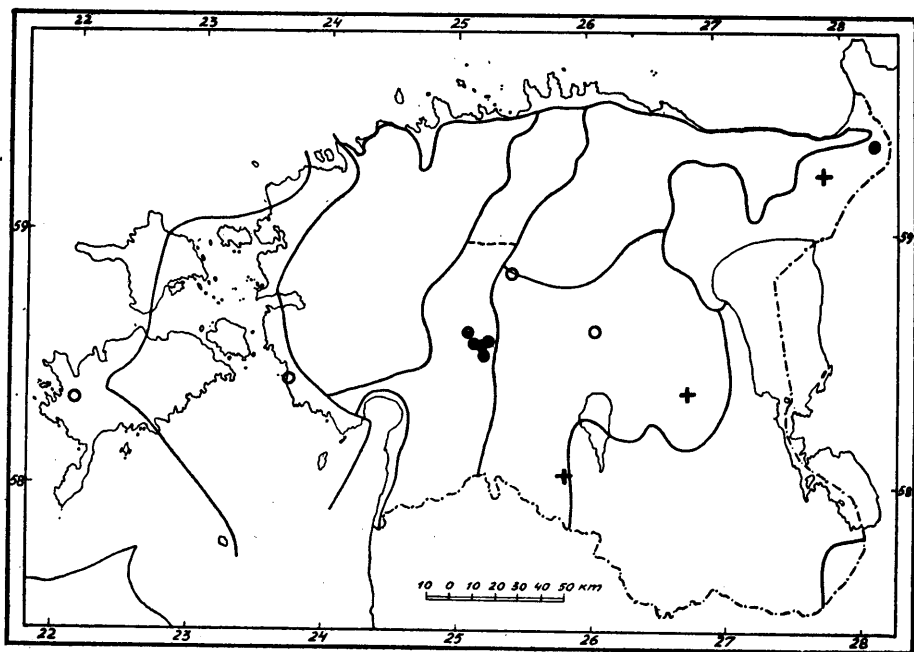
Joon. 82. *Lobelia Dortmanna* L.



Joon. 83. *Isoetes echinosporum* Durieu.



Joon. 84. *Equisetum scirpoides* Michx.



Joon. 85. *Rubus arcticus* L.

I. Lääneranniku ja saarte lääne-alavaldkond
(Estonia maritima occidentalis).

Tahvel XLII (Planche XLII).

Joon. 86. Alumine Vaika saar (Vilsandi s. läh., Saaremaal). *Xanthoria parietina*'ga kaetud paepank. Õistaimedest esineb peamiselt *Festuca rubra* L.

30. VI. 1934. T. L. foto (Loodusuur. Seltsi Aruand. XLI, 3—4).

Joon. 87. *Crambe maritima* L. vööde paeklibudest koosnevatel randvallidel Vesiloo saarel.

1931. Prof. A. Öpiku foto (Loodusuur. Seltsi Aruand. XLI, 3—4).

Fig. 86. L'îlot de Vaika inférieur (Saaremaa). La roche est couverte de *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. La végétation phanérogame se compose surtout de *Festuca rubra* L.

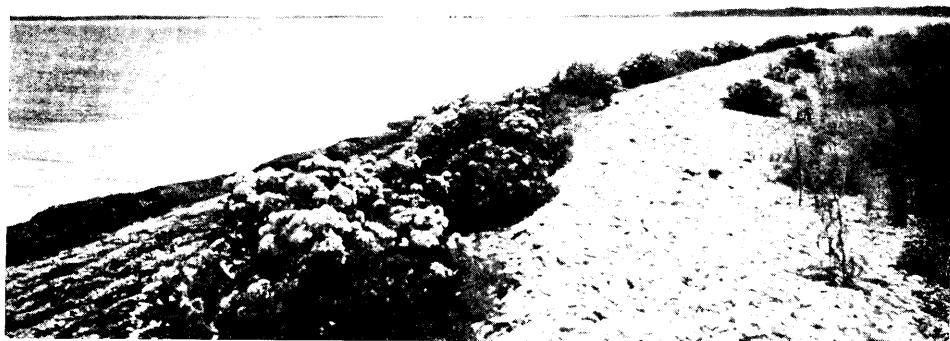
30. VI. 1934. T. L. phot. (Loodusuur. Seltsi Aruand. XLI, 3—4).

Fig. 87. La ceinture à *Crambe maritima* L. sur l'îlot de Vesiloo (Saaremaa).

Prof. A. Öpik (1931). phot. (Loodusuur. Seltsi Aruand. XLI, 3—4)



Joon. 86.



Joon. 87.



Joon. 88.



Joon. 89.

Tahvel XLIII (Planche XLIII).

Joon. 88. Meripuju (*Artemisia maritima* L.) Kuusnõmmel Kihelkonna lahe rannal. *Artemisia*'ga koos avaühingu iseloomuga taimkattes siin *Plantago maritima* L., *Centaurium erythraea* Rafn, *Braya supina* Koch jt.

K. Eichwald'i foto („Eesti VI, Saaremaa“).

Joon. 89. Tuule (läänetuuled!) mõjustatud männimets savikal pin-nasel Kuusnõmme lahe kaldal Saaremaal. Ebasoodsate kliimaatiliste ja edaafiliste tegurite ühtesattumine tingib siin kohati loodusliku metsapiiri, kusjuures metsale mere poole järgneb niit; sellel paiguti kadakaid. Metsas on mõõtuandvad järgmised liigid: *Juniperus communis* L., *Fragaria vesca* L., *Filipendula hexapetala* Gil., *Potentilla erecta* (L.) Hampe, *Hepatica triloba* Gil., *Carex diversicolor* Cr., *Veronica chamaedrys* L., *V. spicata* L., *Tetragonolobus siliculosus* Roth, jt.

K. Eichwald'i foto („Eesti VI, Saaremaa“).

Fig. 88. *Artemisia maritima* L. sur la côte ouest de Saaremaa (Kuus-nõmme, Kihelkonna). Dans cette végétation clairsemée on trouve encore *Plantago maritima* L., *Centaurium erythraea* Rafn, *Braya supina* Koch, etc.

M. K. Eichwald phot. („Eesti VI, Saaremaa“).

Fig. 89. La lisière d'un bois à pin sylvestre sur la côte ouest de Saare-maa, près de Kuusnõmme, racinant dans un sol argileux. Les conditions pédo-logiques défavorables pour le pin, étant combinées avec des conditions clima-tiques (les vents!) aussi défavorables, provoquent par endroits une limite forestière rappelant la limite altitudinale des bois dans les montagnes. Le bois est suivi vers la mer par un pré sec à genévrier. Dans le bois, les espèces suivantes sont importantes: *Juniperus communis* L., *Fragaria vesca* L., *Filipendula hexapetala* Gil., *Potentilla erecta* (L.) Hampe, *Hepatica triloba* Gil., *Carex diversicolor* Cr., *Veronica chamaedrys* L., *V. spicata* L., *Tetragonolobus siliculosus* Roth, etc.

M. K. Eichwald phot. („Eesti VI, Saaremaa“).

Tahvel XLIV (Planche XLIV).

Joon. 90. *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich. soisel puisniidul Viidumäe all Saaremaal. Puurindes kask (*Betula pubescens* Ehrh.), mänd, kuusk, saar, tamm, haab. Põõsastest kadakas, sarapuu, paakspuu. Rohurindes hulgaliselt *Carex Hornschuchiana* Hoppe ja *Sesleria* uliginosa* Čel.; nendega koos *Primula farinosa* L., *Centaureum erythraea* Rafn, *Carex diversicolor* Cr., *Orchis incarnatus* L., *Gymnadenia conopsea* R. Br., *Helleborine palustris* Schrank.

K. Eichwald'i foto. 12. VII. 1931.

Joon. 91. Vana pooppuu [*Sorbus suecica* (L.) Krok et Almquist] Määbi ja Kargi vahelise tee ääres, Saaremaal.

K. Eichwald'i foto („Eesti VI, Saaremaa“).

Fig. 90. *Anacamptis pyramidalis* (L.) Rich. sur un pré boisé marécageux au pied du Viidumägi sur l'île de Saaremaa. La strate arborescente est formée par *Betula pubescens* Ehrh., *Pinus silvestris* L., *Picea excelsa* (Lam.) Lk., *Fraxinus excelsior* L., *Quercus pedunculata* Ehrh., *Populus tremula* L., la strate arbustive par *Juniperus communis* L., *Corylus avellana* L., *Rhamnus frangula* L. Dans la strate herbacée dominant *Carex Hornschuchiana* Hoppe et *Sesleria* uliginosa* Čel. On y trouve encore *Primula farinosa* L., *Centaureum erythraea* Rafn, *Carex diversicolor* Cr., *Orchis incarnatus* L., *Gymnadenia conopsea* R. Br., *Helleborine palustris* Schrank.

M. K. Eichwald phot. 12. VII 1931.

Fig. 91. Un vieil arbre de sorbier de Suède [*Sorbus suecica* (L.) Krok et Almquist] entre Määbi et Kargi sur l'île de Saaremaa.

M. K. Eichwald phot. („Eesti VI, Saaremaa“).



Joon. 91.



Joon. 90.



Joon. 93.



Joon. 94.

Tahvel XLV (Planche XLV).

Joon. 92. Lehtmets (*Ulmus* — *Acer* — *Tilia* ühing) Abruکا saarel. Vane-
mad puud ülesvõttel pärnad. Põõsastikes sarapuu-ühing, rohurindes naa-
dirikas teisend *Hepatica triloba* (— *Pulmonaria officinalis*'e) ühingust.

10. VIII. 1931. T. L. foto (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

Joon. 93. Lodumets (*Alnus glutinosa* üh.) Abruکا saarel. Rohurindes
valitseb *Aspidium thelypteris*'e rikas *Galium palustre* — *Solanum dulca-*
mara ühingu teisend.

10. VIII. 1931. T. L. foto.

Fig. 92. Le bois à orme blanc (assoc. à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia*) de l'île
d'Abruکا (Saaremaa). Dans la strate arbustive l'assoc. à *Corylus avellana*,
dans la strate herbacée — le facies à *Aegopodium podagraria* L. de l'assoc.
à *Hepatica triloba* [et *Pulmonaria officinalis*].

10. VIII. 1931. T. L. phot. (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

Fig. 93. La forêt marécageuse à *Alnus glutinosa* Gaertn. sur l'île
d'Abruکا. Dans la strate herbacée le facies à *Aspidium thelypteris* Sw. de
l'assoc. à *Galium palustre* et *Solanum dulcamara*.

10. VIII 1931. T. L. phot.

Tahvel XLVI (Planche XLVI).

Joon. 94 ja 95. Jugapuu (*Taxus baccata* L.) Hiiumaal, Tahkuna pool-
saarel Sihi vahtkonnas.

K. Zolk'i foto.

Fig. 94 et 95. L' if (*Taxus baccata* L.) dans les forêts de la péninsule
Tahkuna de l'île de Hiiumaa (Dagö).

M. K. Zolk phot.



Joon. 95.



Joon. 94.



Joon. 96.



Joon. 97.

II. Lääneranniku ja saarte ida-alavaldkond (*Estonia maritima orientalis*).

Tahvel XLVII (Planche XLVII).

Joon. 96. Kadarbik loopealsele vastava taimkattega uhetud paeklibudest koosneval seljakul Kassari saarel (Hiiumaa).

2. VIII. 1926. T. L. fot. („Eesti Entsüklop.“ II k.).

Joon. 97. Kidur lootaimkond Kassari saarel Hiiumaal. Aluspind — paeklibud väljauhetud peenema materjaliga — on selgesti nähtav. Mada-
laist kadakapõõsaist ulatuvad välja *Avena pubescens*'i kõrred. Taimkattes
põõsaste vahel on tähtsad: *Poa compressa* L., *Avena pubescens* Huds.,
A. pratensis L., *Asperula tinctoria* L., *Antennaria dioeca* Gaertn., *Anthyl-
lis vulneraria* L., *Filipendula hexapetala* Gil., *Thymus serpyllum* L., *Cam-
panula rotundifolia* L., *Veronica spicata* L., *Scabiosa columbaria* L. jne.

2. VIII. 1926. T. L. fot. (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

Fig. 96. Broussaille à *Juniperus communis* L. sur les cailloutis rincés de l'île de Kassari (Hiiumaa).

2. VIII. 1926. T. L. phot. („Eesti Entsüklop.“ t. II).

Fig. 97. Végétation des alvars sur l'île de Kassari (Hiiumaa). Le sol est seulement en partie recouvert par le tapis végétal. Dans les buissons rabougris de genévrier poussent quelques *Avena pubescens* Huds. Les espèces caractéristiques de cette végétation sont: *Poa compressa* L., *Avena pubescens* Huds., *A. pratensis* L., *Asperula tinctoria* L., *Antennaria dioeca* Gaertn., *Anthyllis vulneraria* L., *Filipendula hexapetala* Gil., *Thymus serpyllum* L., *Campanula rotundifolia* L., *Veronica spicata* L., *Scabiosa columbaria* L., etc.

2. VIII. 1926. T. L. phot. (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

Tahvel XLVIII (Planche XLVIII).

Joon. 98. *Chaerophyllum silvestre* (L.) Schinz et Thell. järk Manilaiu saarel Pärnumaal (Tõstamaa khk.) adrudest väetatud pinnal saare rannikuosas. *Chaerophyllum silvestre*'ga seltsivad siin *Viola tricolor* L., *Carduus crispus* L., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Anthoxanthum odoratum* L., *Avena pubescens* Huds., *Agropyron repens* (L.) P. B. jt.

17. VI. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 99. Tärnpuu (*Rhamnus cathartica* L.) Saarnakul (Hiiumaa). Põõsastes koos kadakatega *Cotoneaster integerrima* Med., *Lonicera xylosteum* L., *Ribes alpinum* L. jt.

27. VII. 1926. T. L. foto.

Fig. 98. Le stade à *Chaerophyllum silvestre* (L.) Sch. et Thell. sur l'île de Manilaid (Tõstamaa, Pärnumaa). Le sol engraisé par les amas de *Fucus* accumulés par la mer est recouvert d'une végétation puissante nitrophile de *Chaerophyllum silvestre* (L.) Sch. et Thell., *Viola tricolor* L., *Carduus crispus* L., *Melandrium album* (Mill.) Garcke, *Anthoxanthum odoratum* L., *Avena pubescens* Huds., *Agropyron repens* (L.) P. B. etc.

17. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, IIe sér., t. XIII, 3).

Fig. 99. *Rhamnus cathartica* L. sur l'île de Saarnak (Hiiumaa). La broussaille se compose du genévrier (*Juniperus communis* L.), de *Cotoneaster integerrima* Med., *Lonicera xylosteum* L., *Ribes alpinum* L., etc.

27. VII. 1926. T. L. phot.



Joon. 98.



Joon. 99.



Joon. 100.



Joon. 101.

Tahvel XLIX (Planche XLIX).

Joon. 100. Hellerheina niit (*Sesleria* uliginosa* — *Primula farinosa* üh. ja *Scorzonera humilis* — *Melampyrum nemorosum*'i ühing) Pootsist lõunas (Tõstamaa khk., Pärnumaal). Pildistamise ajal (24. V. 1931) olid need niidud hellerheina õitest roosakaspunased. *Scorzonera humilis* — *Melampyrum nemorosum*'i ühing on esindatud fragmentaarselt (näit. pildi keskosas, esiplaanil). Valitsevaks puuliigiks on *Alnus glutinosa* Gaertn.

24. V. 1931. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 101. Märg puisniit Pootsi ja nn. Torila otsa vahel (Tõstamaa khk., Pärnumaa). Puud on *Alnus glutinosa* Gaertn., ja *Betula pubescens* Ehrh. Suurtel aladel kollendab kevadel *Caltha palustris* L. Vähe kõrgemal kohil järgneb hügrofilne *Carex Goodenowii* — *C. panicea* ühing.

24. V. 1931. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Fig. 100. Prés boisés à *Alnus glutinosa* Gaertn. au printemps. Dans la strate herbacée les associations à *Sesleria* uliginosa* et *Primula farinosa* et à *Scorzonera humilis* et *Melampyrum nemorosum*. La première association, bien marquée par la couleur rose de *Primula farinosa* L., domine; l'autre est représentée seulement par des fragments (p. ex. dans le premier plan au milieu).

24. V. 1931. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 101. Un pré boisé marécageux à *Alnus glutinosa* Gaertn. et *Betula pubescens* Ehrh. entre Pootsi et l'endroit dit Torila ots (Tõstamaa khk., Pärnumaa). Sur des étendues considérables le jaune du *Caltha palustris* L. domine au printemps. L'association en question est suivie un peu plus haut par l'association hygrophile à *Carex Goodenowii* et *Carex panicea*.

24. V. 1931. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Tahvel L (Planche L).

Joon. 102. Kuiv niit Manilaiu saare lõunaosas, seljandikul. Valitsevateks liikideks on *Pulsatilla pratensis* Mill., *Fragaria viridis* Duch., *Filipendula hexapetala* Gil., *Pimpinella saxifraga* L., *Thymus serpyllum* L., *Veronica spicata* L., *Galium verum* L., *Phleum Boeckmeri* Wibel jt.

17. VI. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 103. Puisniit Suti'st loodes (Tõstamaa khk., Pärnumaa). Puurindes kased, tammed, saared, pärnad (harva) ja sanglepad (ülekaalus). Põõsasrindes: *Corylus avellana* L., *Juniperus communis* L., *Rhamnus frangula* L., *Rhamnus cathartica* L. Esiplaanil *Scorzonera humilis* — *Melampyrum nemorosum*'i ühing.

12. VI. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Fig. 102. Un pré sec dans la partie sud de l'île de Manilaid (Tõstamaa, Pärnumaa). Les espèces dominantes sont: *Pulsatilla pratensis* Mill., *Fragaria viridis* Duch., *Filipendula hexapetala* Gil., *Pimpinella saxifraga* L., *Thymus serpyllum* L., *Veronica spicata* L., *Galium verum* L., *Phleum Boeckmeri* Wibel, etc.

17. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 103. Un pré boisé près de Suti (Tõstamaa, Pärnumaa). Dans la strate arborescente le bouleau, le chêne pédonculé, le frêne, le tilleul (rare) et la vergne (prédomine), dans la strate arbustive — *Corylus avellana* L., *Juniperus communis* L., *Rhamnus frangula* L., *Rh. cathartica* L. Au premier plan l'ass. à *Scorzonera humilis* et *Melampyrum nemorosum*.

12. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).



Joon. 102.



Joon. 103.



Joon. 104.



Joon. 105.

III. Põhjaranniku alavaldkond (Estonia maritima borealis).

Tahvel LI (Planche LI).

Joon. 104. Esiplaanil paeklibudest koosnevad randvallid väheste intensiivselt punaste *Geranium robertianum* L. taimedega (nendega seltsivad üksikud *Linaria vulgaris* Mill. ja *Galium mollugo* L. individid) Sillamäe ja Künnapää vahel põhjarannikul. Lohkudes on randvallide kinnikasvamine osalt jõudnud juba metsa tekkimiseni (kuusk). Siin esinevad järgmised liigid: *Ribes alpinum* L., *Lonicera xylosteum* L., *Rhamnus cathartica* L., *Sorbus aucuparia* L., nendega koos: *Galium mollugo* L., *G. boreale* L., *Veronica spicata* L., *Vicia cracca* L., *Chrysanthemum leucanthemum* L. jt. Seega puuduvad esialgu täielikult metsa rohurinde taimed.

11. 7. 1932. T. L. foto.

Joon. 105. Männimets Käsma poolsaare läänerannikul Pikaneemest lõunas. Mere poole järgneb kohati (pildil pahemal) kitsas sanglepa-riba. Esiplaanil *Festuca polesica* Zapal. ja *Hieracium umbellatum* L. koosneva rohurinde all tihe samblik-kate: *Cladonia mitis* Sandst., *Cl. rangiferina* (L.) Web., *Cetraria aculeata* (L.) Ach. Kohati *Thymus serpyllum* L. ja *Empetrum nigrum* L. laigud.

21. 7. 1932. T. L. foto.

Fig. 104. Au premier plan, les cailloutis stériles du littoral à *Geranium robertianum* L., *Linaria vulgaris* Mill., *Galium mollugo* L., entre Sillamäe et Künnapää. Dans les dépressions, la végétation s'est développée jusqu' au stade de la forêt d'épicéa. On y trouve les espèces que voici: *Ribes alpinum* L., *Lonicera xylosteum* L., *Rhamnus cathartica* L., *Sorbus aucuparia* L., *Galium mollugo* L., *G. boreale* L., *Veronica spicata* L., *Vicia cracca* L., *Chrysanthemum leucanthemum* L., etc. Il résulte de cette énumération, que dans la strate herbacée les espèces sylvicoles manquent encore complètement. A l'arrière-plan le Golfe de Finlande.

12. VII. 1932. T. L. phot.

Fig. 105. Le bois à pin sylvestre sur la côte ouest de la péninsule de Käsma au sud de Pikaneeme. Au premier plan sous la strate à *Festuca polesica* Zapal. et *Hieracium umbellatum* L. une couverture bien développée composée par des lichens fruticuleux: *Cladonia mitis* Sandst., *C. rangiferina* (L.) Web., *Cetraria aculeata* (Schreb.) Th. Fr. Ça et là des taches à *Thymus serpyllum* L. et à *Empetrum nigrum* L.

21. 7. 32. T. L. phot.

Tahvel LII (Planche LII).

Joon. 106. Kukits (*Cornus suecica* L.) eespool-pildistatud metsas (joon. 105) Käsmu poolsaarel. *Cornus suecica*'ga koos (viljad valminud!) *Empetrum nigrum* L., *Vaccinium vitis idaea* L., *V. myrtillus* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin. jt.

21. 7. 1932. T. L. fot.

Joon. 107. *Festuca polesica* järgu lõppfaas, kuhu on sisse tunginud *Thymus serpyllum* L., samblaid ja samblikke (*Racomitrium canescens* Brid., *Cetraria aculeata* (Schreb.) Th. Fr., *Cladonia alpestris* (L.) Rabh., *Cl. mitis* Sandst. jt.) liivasel pinnasel Käsmu poolsaare lääne-rannikul Pikaneemest lõunas.

27. 7. 1932. T. L. fot.

Fig. 106. *Cornus suecica* L. dans le bois de la péninsule de Käsmu (fig. 105). A *Cornus suecica* L. s'associent: *Empetrum nigrum* L., *Vaccinium vitis idaea* L., *V. myrtillus* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., etc.

21. VII. 1932. T. L. phot.

Fig. 107. La phase de dégénération du stade à *Festuca polesica* Zap. sur les sables de la côte ouest de la péninsule de Käsmu au sud de Pikaneeme. Les intrus sont: *Thymus serpyllum* L., *Racomitrium canescens* Brid. Ces derniers sont chassés par des lichens (*Cladonia alpestris* (L.) Rabh., *C. mitis* Sandst., *Cetraria aculeata* (Schreb.) Th. Fr., etc.).

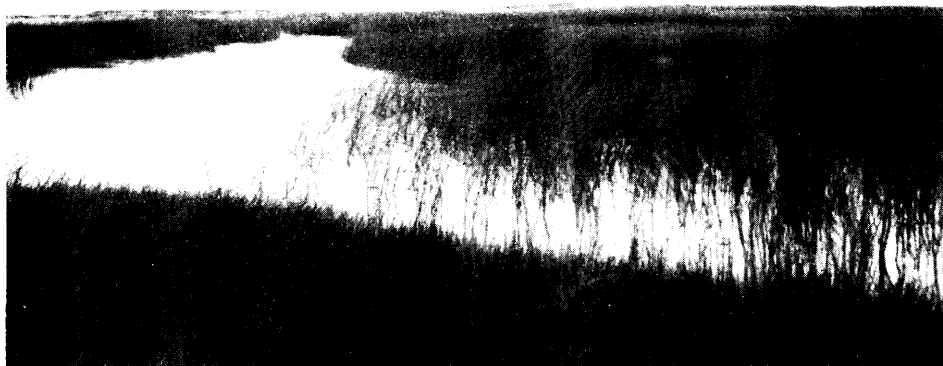
21. VII. 1932. T. L. phot.



Joon. 106.



Joon. 107.



Joon. 108.



Joon. 109.

IV. Häädemeeste alavaldkond (Litorale heademeesteense).

Tahvel LIII (Planche LIII).

Joon. 108. Suured *Scirpus Tabernaemontani* Gmel. kogumikud madalas merevees Häädemeeste rannikul Ikla ja Treimani vahel.

10. VI. 1928. T. L. fot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 109. *Elymus arenarius* L. kogumik luidetel Pärnust läänes Dubraani läheduses (sellest idas).

23. V. 1931. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Fig. 108. Les peuplements étendus de *Scirpus Tabernaemontani* Gmel. sur la côte ouest de l'Estonie du sud (Häädemeeste, entre Ikla et Treimani).

10. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Lood. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 109. Les dunes blanches à *Elymus arenarius* L. à l'ouest de Pärnu (près de Dubraan).

23. V. 1931. T. L. phot. (Eesti Lood. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Tahvel LIV (Planche LIV).

Joon. 110. Luitemets Treimani lähedal (Häädemeeste khk.) selgete tuulemõju jälgedega. Esiplaanil madalal, valgel luitel *Festuca polesica* Zap., *F. rubra* L. var. *arenaria* (Osbeck) Fries jt.

10. VII. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 111. Vaade Tolkuse rabale ja rabajärvedele kõrgelt luiteharjalt, mis kaetud sirgetüvelise männimetsaga.

15. VII. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Fig. 110. Les dunes boisées à pin sylvestre sur la côte ouest de l'Estonie du sud (Häädemeeste) près de Treimani. Au premier plan une dune blanche basse à *Festuca polesica* Zapal., *F. rubra* L. var. *arenaria* (Osbeck) Fries, etc.

10. VII. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 111. Un panorama de la tourbière nommée „Tolkuse raba“ vue de la haute dune boisée (au premier plan des troncs de pin sylvestre).

15. VII. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).



Joon. 110.



Joon. 111.



Joon. 112.



Joon. 113.

V. Loode-Eesti valdkond (Estonia inferior).

Tahvel LV (Planche LV).

Joon. 112. Võlla raba Tõstamaa ja Mikhkli khk. piiril, Pärnumaal. Lääne-Eesti rabade iseloomule vastavalt valdava *Trichophorum austriacum* Palla'ga. Laugastes ja madalikes *Rhynchospora alba* Vahl, *Drosera anglica* Huds., mättail *Calluna vulgaris* (L.) Salisb., *Betula nana* L., *Rubus chamaemorus* L., *Drosera rotundifolia* L. jt.

14. VI. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 113. Nätsi raba Karjamaa talust lõunas, Mikhkli khk. Pärnumaal. Esiplaanil *Trichophorum austriacum* Palla ja *Eriophorum vaginatum* L. Siin üksikute okstena ka *Betula nana* L. Laugastes *Menyanthes trifoliata* — *Scheuchzeria palustris*'e ühing (selles ka *Carex limosa* L., *C. rostrata* Stokes). Tagaplaanil võrdlemisi kõrged mättad, neil *Calluna vulgaris* (L.) Salisb. ja *Pinus silvestris* L. f. *turfosa* Woe hrl.

22. VI. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Fig. 112. La tourbière nommée Võlla raba (la frontière des paroisses de Mikhkli et Tõstamaa dans le district de Pärnumaa). Conformément au caractère des tourbières de l'Estonie de l'ouest, l'espèce dominante est *Trichophorum austriacum* Palla. Dans les dépressions *Rhynchospora alba* Vahl et *Drosera anglica* Huds. sont très communes, sur les buttes on trouve *Calluna vulgaris* (L.) Salisb., *Betula nana* L., *Rubus chamaemorus* L., *Drosera rotundifolia* L., etc.

14. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 113. La tourbière nommée Nätsi raba au sud de Karjamaa (Mikhkli khk., Pärnumaa). Au premier plan *Trichophorum austriacum* Palla et *Eriophorum vaginatum* L., *Betula nana* L. Dans les dépressions l'assoc. à *Menyanthes trifoliata* et *Scheuchzeria palustris* avec *Carex limosa* L., *C. rostrata* Stokes, etc. A l'arrière-plan des buttes à *Calluna vulgaris* (L.) Salisb. et *Pinus silvestris* L. f. *turfosa* Woe hrl.

22. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Tahvel LVI (Planche LVI).

Joon. 114. Märg puisniit Kalli k. lähedal Mikhkli khk., Pärnumaal. Puud (sookask) on madalail mättail; nende kõrgus ligi 8 m. Põõsaste hulgas on *Lonicera coerulea* L. väga harilik. Peale nimetatute kasvavad mättail veel *Carex paradoxa* Willd., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Sanguisorba officinalis* L. jt. Soine niit koosneb peamiselt lubjalembestest ühinguist või ühingute teisendeist: *Carex Hornschuchiana* ühing, *C. Davalliana* üh., *Carex Goodenowii*—*C. panicea* üh. *Sanguisorba officinalis*'e teisend.

21. VI. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII, 3).

Joon. 115. Lootaimkond Koonga lähedal Mikhkli khk., Pärnumaal. Siluuri paas on siin kohati otse maapinnal või on kaetud õhukese mullakihiga. Paeplaatidel, väga õhukesel mullakihil, esineb teistega koos *Saxifraga tridactylites* L. Kus taimkate pidev, seal *Sesleria* uliginosa* — *Filipendula hexapetala* ühing. Esiplaanil ka üksikuid kadakaid, tagaplaanil tihe kadastik üksikute mändidega.

23. VI. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII, 3).

Fig. 114. Pré boisé marécageux près de Kalli (Mikhkli khk., Pärnumaa). Sur les buttes *Betula pubescens* Ehrh., *Lonicera coerulea* L., *Carex paradoxa* Willd., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Sanguisorba officinalis* L., etc. La végétation dominante est une mosaïque des associations suivantes: ass. à *Carex Hornschuchiana*, ass. à *Carex Davalliana*, et le facies à *Sanguisorba officinalis* de l'ass. à *Carex Goodenowii* et *C. panicea*.

21. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 115. La végétation des alvars près de Koonga (Mikhkli khk., Pärnumaa). La roche calcaire silurienne y est çà est là sans végétation phanérogame. Parmi les espèces pionnières qui s'y installent on trouve souvent *Saxifraga tridactylites* L. Là où le sol est déjà d'une certaine profondeur, se développe l'association à *Sesleria* uliginosa* et *Filipendula hexapetala*. Au premier plan des genévriers épars; à l'arrière-plan une genévrière dense avec quelques pins sylvestres.

23. VI. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).



Joon. 114.



Joon. 115.



Tahvel LVII (Planche LVII).

Joon. 116. Tamme segamets („Naissoo mets“) Kõimast läänes, Mikhli khk., Pärnumaal. Tammed on alles lehtedeta. Põõsastikes on *Corylus avellana* ühing väga hästi välja kujunenud. Selle all *Hepatica triloba* — *Pulmonaria officinalis*'e ühing (*Stellaria holostea* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Hepatica triloba* Gilib., *Anemone silvestris* L., *A. nemorosa* L., *Ranunculus cassubicus* L., *Filipendula hexapetala* Gilib., *Astragalus glycyphyllos* L., *Vicia silvatica* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Geranium silvaticum* L., *Viola collina* Bess., *Viola mirabilis* L., *Sanicula europaea* L., *Primula officinalis* Jacq., *Satureja vulgaris* (L.) Fritsch, *Origanum vulgare* L., *Lactuca muralis* Fresenius, *Carex digitata* L., *Paris quadrifolia* L., *Neottia nidus avis* Rich. jt.

26. V. 1931. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII, 3).

Fig. 116. Forêt mixte à chêne pédonculé (dite „Naissoo mets“) à l'ouest de Kõima (Mikhli khk., Pärnumaa). Les chênes sont encore sans feuilles. Dans la strate arbustive l'assoc. à *Corylus avellana* est très bien développée. Elle abrite l'assoc. à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis* mêlée à quelques espèces de l'assoc. à *Sesleria uliginosa* et *Filipendula hexapetala*. La composition floristique de cette strate est *Stellaria holostea* L., *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Hepatica triloba* Gilib., *Anemone silvestris* L., *A. nemorosa* L., *Ranunculus cassubicus* L., *Filipendula hexapetala* Gilib., *Astragalus glycyphyllos* L., *Vicia silvatica* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Geranium silvaticum* L., *Viola collina* Bess., *V. mirabilis* L., *Sanicula europaea* L., *Primula officinalis* Jacq., *Satureja vulgaris* (L.) Fritsch, *Origanum vulgare* L., *Lactuca muralis* Fresenius, *Carex digitata* L., *Paris quadrifolia* L., *Neottia nidus avis* Rich., etc.

26. V. 1931. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., t. XIII, 3).

VI. Pandivere valdkond (Estonia superior).

Tahvel LVIII (Planche LVIII).

Joon. 117. Kesapõld tihedalt kaetud kollaste karikakra (*Anthemis tinctoria* L.) õitega ning pikkade siniste ussikeele (*Echium vulgare* L.) õisikutega Põhja-Eesti rühtmullal paekalda läheduses. Tagaplaanil kuusemets (Sillamäe ja Künnapää vahel) ja Soome laht. Paekalda serval siin-seal halli lepa [*Alnus incana* (L.) Moench] pöösad.

12. VII. 1932. T. L. foto.

Joon. 118. Mustjuure niit (*Scorzonera humilis* — *Melampyrum nemorosum*'i üh.) Jõukülast läänes (Virumaa). *Scorzonera* ja *Melampyrum*'iga koos *Anemone nemorosa* L., *Trifolium pratense* L., *Trollius europaeus* L., *Polygonum viviparum* L., *Carex capillaris* L., *C. pallescens* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Nardus stricta* L. jt.

12. VI. 1932. T. L. foto.

Fig. 117. Une friche caractéristique à *Anthemis tinctoria* L. et *Echium vulgare* L. de l'Estonie du nord sur le sol pierreux calcaire („rihk“=„rühk-muld“) entre Sillamäe et Künnapää.

12. VII. 32. T. L. phot.

Fig. 118. Pré à *Scorzonera humilis* Jacq. et *Melampyrum nemorosum* L. à l'ouest de Jõuküla (Virumaa). A l'espèce dominante (*Scorzonera*) s'associent *Anemone nemorosa* L., *Trifolium pratense* L., *Trollius europaeus* L., *Polygonum viviparum* L., *Carex capillaris* L., *C. pallescens* L., *Anthoxanthum odoratum* L., *Nardus stricta* L., etc.

12. VI. 1932. T. L. phot.



Joon. 117.



Joon. 118.



Joon. 120.



Joon. 119.

VII. Paekalda alavaldkond (Estonia clivosa).

Tahvel LIX (Planche LIX).

Joon. 119. *Cerastium alpinum* L. Lasnamäel paekalda serval kalju-
pragudes.

A. Üksip'i foto.

Joon. 120. *Lunaria rediviva* L. pangaaluses lehtmetsas Sillamäe ja
Mereküla vahel põhjarannikul.

10. VII. 1932. T. L. foto.

Fig. 119. *Cerastium alpinum* L. dans une fissure de roche à Lasnamäe
(près de Tallinn).

M. A. Üksip phot.

Fig. 120. *Lunaria rediviva* L., dans les bois entre Sillamäe et Mereküla
en Estonie du nord.

10. VII. 1932. T. L. phot.

Tahvel LX (Planche LX).

Joon. 121. *Campanula rotundifolia* — *Cystopteris fragilis*'e ühing pae-kalda serval Sillamäe—Voka vahel. Peale nimetatud liikide siin veel *Galium boreale* L. f. *umbrosum* D o m.

12. VII. 1932. T. L. foto (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

Joon. 122. *Onoclea struthiopteris*'e kogumik Ontika ja Vallaste vahel põhjarannikul. Peale *Onoclea struthiopteris* (L.) H o f f m. siin *Campanula latifolia* L., *Aegopodium podagraria* L., *Impatiens noli tangere* L., *Urtica dioeca* L. jt.

16. VII. 1932. T. L. foto.

Fig. 121. Association à *Campanula rotundifolia* et *Cystopteris fragilis* sur la falaise entre Sillamäe et Voka. Outre les espèces nommées, on y trouve encore surtout *Galium boreale* L. f. *umbrosum* D o m.

12. VII. 1932. T. L. phot. (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

Fig. 122. Association à *Onoclea struthiopteris* entre Ontika et Vallaste au pied de l'escarpement de l'Estonie du nord. A l'espèce dominante s'associent: *Campanula latifolia* L., *Aegopodium podagraria* L., *Impatiens noli tangere* L., *Urtica dioeca* L., etc.

16. VII. 1932. T. L. phot.



Joon. 121.



Joon. 122.



Tahvel LXI (Planche LXI).

Joon. 123. Paekalda lehtmets (*Ulmus* — *Acer* — *Tilia* üh.) Ontika lähedal. Lehtpuudest eriti palju saari ja jalakaid. Peale nende vahe, raeremmelgas (*Salix caprea* L.). Kohaliku iseärasusena ka üksikud kuused. Üleval paekalda serval halli lepa ja kase võsa. Rohurindes *Filipendula hexapetala* — *Trifolium montanum*'i ühing.

16. VII. 1932. T. L. foto (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

Fig 123. Le bois à *Ulmus*, *Acer* et *Tilia* sur les pentes raides de la falaise de l'Estonie du Nord. On y trouve, dans la strate arborescente, surtout les espèces suivantes: *Ulmus montana* With., *Acer platanoides* L., *Fraxinus excelsior* L., *Salix caprea* L. Au bord supérieur de la falaise poussent dans l'ombre claire d'*Alnus incana* (L.) Moench et *Betula verrucosa* Ehrh. les espèces de l'association à *Filipendula hexapetala* Gil. et *Trifolium montanum* L.

16. VII. 1932. T. L. phot. (Loodusuur. Seltsi Aruand. XL, 1—2).

VIII. Vahe-Eesti valdkond (Estonia intermedia).

Tahvel LXII (Planche LXII).

Joon. 124. Halliste Jõgi Tõramaast (Tori khk., Pärnumaa) edelas. Vees esiplaanil *Sium latifolium* L. ja *Nymphaea alba* L. Teisel kaldal *Phalaris arundinacea* L. võode. Kõrgemal järgneb jõeäärne põõsastik, milles siin leidub pärna ja sarapuud. Suured puud on tammed.

1. VII. 1930. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 125. Kuuse-sanglepa lodumets Mihklimuru lähedal Saardes (Pärnumaal). Suhteliselt hõredas puurindes on puud väga mitmesuguses vanuses, osalt isegi 200 a. Ülekaalus on kuusk, sellele järgnevad sanglepp, kask, saar. Esiplaanil siht sellel kasvava pilliroo, võhumõõga, angervaksa jt.

9. VII. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Fig. 124. Le fleuve de Halliste au sud-est de Tõramaa (Tori khk., Pärnumaa). On voit dans l'eau *Sium latifolium* L. et *Nymphaea alba* L. Sur la rive opposée, une ceinture à *Phalaris arundinacea* L. Plus haut suivent des buissons à *Alnus incana* (L.) Moench, *Corylus avellana* L., *Tilia cordata* Mill., etc., et quelques arbres de chêne pédonculé.

1. VII. 1930. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 125. La forêt mixte à épicéa et vergne près de Mihklimuru (Saarde, Pärnumaa). La strate arborescente claire est formée par des arbres d'âge très différent. L'épicéa prédomine. Suivent la vergne, le frêne, le bouleau. Au premier plan *Phragmites communis* Trin., *Iris pseudacorus* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. etc.

9. VII. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).



Joon, 124.



Joon, 125.



Joon. 126.



Joon. 127.

Tahvel LXIII (Planche LXIII).

Joon. 126. Kikepere raba (Tori khk., Pärnumaal) väikeste rabajärvede ja laugastega. Esiplaanil kinnikasvanud laukad (*Rhynchospora alba* Vahl), paremal ja järvekeste vahel mättaid kanarbiku, murakate jt. Siin ka rabamänd *Pinus silvestris* L. f. *turfosa* Woehrl. *Cladonia* liikidest on rohke *C. alpestris* (L.) Rabh.

3. VIII. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Joon. 127. Kikepere raba. Esiplaanil kinnikasvanud laugas *Rhynchospora alba* — *Drosera anglica* ühinguga. Vähe kuivematel kohtadel valitseb *Trichophorum austriacum* Palla. Kaugemal järgnevad mättad kidura, osalt surnud *Pinus silvestris* L. f. *turfosa* Woehrl.

3. VIII. 1928. T. L. foto (Eesti Loodust. Arhiiv, II seer., XIII k., 3).

Fig. 126. La tourbière dite Kikepere raba (Tori khk., Pärnumaa) avec des trous et des étangs. Au premier plan une dépression à *Rhynchospora alba* Vahl, à droite et entre les étangs des buttes à *Calluna vulgaris* (L.) Salisb., *Rubus chamaemorus* L., *Pinus silvestris* L. f. *turfosa* Woehrl., *Cladonia alpestris* (L.) Rabh., etc.

3. VIII. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Fig. 127. La dite tourbière. Au premier plan dans une dépression l'association à *Rhynchospora alba* et *Drosera anglica*. L'espèce dominante de la tourbière est *Trichophorum austriacum* Palla. Plus loin suivent des buttes à *Pinus silvestris* L. f. *turfosa* Woehrl.

3. VIII. 1928. T. L. phot. (Eesti Loodust. Arhiiv, II^e sér., t. XIII, 3).

Tahvel LXIV (Planche LXIV).

Joon. 128. Soine puisniit, õigemini niiduks harvendatud kuusemets (kuusega koos mänd, sookask) Kaansoos Viljandimaal. Eriti mättail leidub siin ohtralt soomurakat (*Rubus arcticus* L.). Soisel niidul kasvavad: *Aspidium cristatum* (L.) Sw., *Equisetum palustre* L., *Calamagrostis lanceolata* Roth, *Phragmites communis* Trin., *Carex canescens* L., *C. Goodenowii* Gay, *C. paradoxa* Willd., *Eriophorum vaginatum* L., *Caltha palustris* L., *Ranunculus repens* L., *Comarum palustre* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. jt.

4. VI. 1932. K. Eichwald'i foto („Eesti Loodus“, 1933).

Joon. 129. *Rubus arcticus* L. segametsas Kaansoos. Selle liigiga koos *Comarum palustre* L., *Orchis maculatus* L., *Calamagrostis lanceolata* Roth.

4. VI. 1932. K. Eichwald'i foto.

Fig. 128. Pré boisé marécageux (*Picea excelsa* (Lam.) Lk., *Pinus silvestris* L., *Betula pubescens* Ehrh.) à Kaansoo (Viljandimaa). On y trouve partout sur les buttes l'espèce arctique *Rubus arcticus* L. La strate herbacée se compose de: *Aspidium cristatum* (L.) Sw., *Equisetum palustre* L., *Calamagrostis lanceolata* Roth, *Phragmites communis* Trin., *Carex canescens* L., *C. Goodenowii* Gay, *C. paradoxa* Willd., *Eriophorum vaginatum* L., *Caltha palustris* L., *Ranunculus repens* L., *Comarum palustre* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., etc.

4. VI. 1932. M. K. Eichwald phot. („Eesti Loodus“, 1933).

Fig. 129. *Rubus arcticus* L. dans un bois marécageux à Kaansoo. Cette espèce y est accompagnée par les espèces suivantes: *Comarum palustre* L., *Orchis maculatus* L., *Calamagrostis lanceolata* Roth.

4. VI. 1932. M. K. Eichwald phot.



Joon. 128.



Joon. 129.



Joon. 130.



Joon. 131.

IX. Alutaguse valdkond (Alutagia).

Tahvel LXV (Planche LXV).

Joon. 130. Männimets Peipsi rannikul Rannapungerja ja Kuru vahel. Liivase nõlva alumises osas on kohati hõre *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth kate. Paistab selgelt huumust sisaldav horisont, millele on peale tuisanud liiva. Metsas valitseb rohurindes *Vaccinium vitis idaea* L. Sellega seltsivad *V. myrtillus* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Melampyrum pratense* L., *Calluna vulgaris* (L.) Salisb. Samblarindes: *Pleurozium Schreberi* Mitt., *Hylocomium proliferum* Lindb., *Dicranum undulatum* Ehrh., metsaveerul peamiselt *Dicranum scoparium* Hedw. ja *Cetraria islandica* (L.) Ach.

18. VI 1932. T. L. foto.

Joon. 131. *Scolochloa festuacea* ühing Narva jõe kaldal Omuti küla läheduses. Domineeriva liigiga koos kasvavad siin: *Nasturtium amphibium* R. Br., *Agrostis alba* L., *Ranunculus repens* L., *Caltha palustris* L., *Glyceria fluitans* R. Br., *Equisetum limosum* Willd. jt. Tagaplaanil pajustik [*Salix triandra* L., *S. phylicifolia* (L.) Sm.].

23. VI 1932. T. L. foto.

Fig. 130. Forêt à *Pinus silvestris* L. sur la côte ouest du lac de Peipsi, entre Rannapungerja et Kuru. Au-dessus des peuplements clairs à *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth on voit un horizon de couleur plus foncée (couche à humus) recouvert par le sable. Dans le bois, la strate herbacée est formée surtout par *Vaccinium vitis idaea* L. A cette espèce s'associent: *V. myrtillus* L., *Deschampsia flexuosa* (L.) Trin., *Melampyrum pratense* L., *Calluna vulgaris* (L.) Salisb. La strate muscinale bien développée est formée par *Pleurozium Schreberi* Mitt., *Hylocomium proliferum* Lindb., *Dicranum undulatum* Ehrh., sur la lisière surtout par *Dicranum scoparium* Hedw. et *Cetraria islandica* (L.) Ach.

18. VI 1932. T. L. phot.

Fig. 131. L'assoc. à *Scolochloa festuacea* Lk. sur la rive de la rivière de Narva près du village dit Omuti. L'espèce dominante est accompagnée par *Nasturtium amphibium* R. Br., *Agrostis alba* L., *Ranunculus repens* L., *Caltha palustris* L., *Glyceria fluitans* R. Br., *Equisetum limosum* Willd., etc. A l'arrière-plan, des saules [*Salix triandra* L., *S. phylicifolia* (L.) Sm.].

23. VI 1932. T. L. phot.

Tahvel LXVI (Planche LXVI).

Joon. 132. Raba Peipsist põhjas Imatu ja Tuusna vahel. Pahemal üks paljudest liivaseljakuist (kinnikasvanud luide). Männimetsa all on rohurinne põlenud. Uuendumisel on tekkinud *Calluna vulgaris* (L.) Salisb. ja *Arctostaphylos uva ursi* L. laigud, kohati ka *Cladonia*'id.

13. VI 1932. T. L. foto.

Joon. 133. Raba Peipsist põhjas Imatu ja Tuusna vahel. Esiplaanil liivase seljandiku alumine osa sellel kasvavate kaskedega. Rabal valitseb tupepe villpea (*Eriophorum vaginatum* L.). Laugastes rohkelt *Scheuchzeria palustris* L.

13. VI 1932. T. L. foto.

Fig. 132. Une tourbière entre Imatu et Tuusna au nord de la côte nord du lac de Peipsi. A gauche, une petite élévation (une dune morte). La strate herbacée a été détruite par le feu il y a quelques années. Déjà de petits peuplements et des taches à *Calluna vulgaris* (L.) Salisb., à *Arctostaphylos uva ursi* L., etc. se sont formés.

13. VI. 1932. T. L. phot.

Fig. 133. Le même endroit que sur la photographie précédente. On y voit la partie basale de la dune morte avec des bouleaux. Sur la tourbière domine *Eriophorum vaginatum* L. Les dépressions sont occupées par *Scheuchzeria palustris* L.

13. VI. 1932. T. L. phot.



Joon. 132.



Joon. 133.



Joon. 134.



Joon. 135.

Tahvel LXVII (Planche LXVII).

Joon. 134. Pühatu järv (Gorodenka ja Kuremäe vahel, Virumaal) Pühatu rabas. Esiplaanil kaldal *Calamagrostis neglecta* Fl. d. Wett., *Betula nana* L. (läikivate lehtedega!); vees *Nuphar luteum* Sibth. et Sm. ja *Potamogeton natans* L.; tagaplaanil rabamännikus rohkelt *Lyonia calyculata* Rchb.

22. VI. 1932. T. L. foto.

Joon. 135. Pühatu raba Virumaal. Esiplaanil laugas *Scheuchzeria palustris* L. Tumedam vööde koosneb peamiselt punasest *Sphagnum medium* Limpr. Järgneb kollakas-pruun *Sphagnum fuscum* (Schpr.) Klinggr. jt. Künkail *Calluna vulgaris* — *Rubus chamaemorus*'e ühing. Tagaplaanil ulatuslik *Eriophorum vaginatum*'i ühing.

22. VI. 1932. T. L. foto.

Fig. 134. Le lac de Pühatu dans la tourbière du même nom (Virumaa). Au premier plan on voit *Calamagrostis neglecta* Fl. d. Wett., *Betula nana* L. (aux feuilles reluisantes). Dans l'eau — *Nuphar luteum* Sibth. et Sm. et *Potamogeton natans* L. A l'arrière-plan, sur le sol tourbeux, *Pinus silvestris* L., *Lyonia calyculata* Rchb., etc.

22. VI. 1932. T. L. phot.

Fig. 135. La tourbière de Pühatu (Virumaa). Au premier plan une dépression à *Scheuchzeria palustris* L., suivie d'une ceinture formée par *Sphagnum medium* Limpr. Puis viennent *Sphagnum fuscum* (Schpr.) Klinggr., *Calluna vulgaris* (L.) Salisb., *Rubus chamaemorus* L., etc. A l'arrière-plan domine l'assoc. à *Eriophorum vaginatum* L.

22. VI. 1932. T. L. phot.

Tahvel LXVIII (Planche LXVIII).

Joon. 136. Lodumets Gorodenka ja Pühatu järve vahel Virumaal. Kuuse, kase ja sanglepaga koos on siin ka mände. Esiplaanil soo valitseva *Equisetum limosum* L. Seltsivad: *Carex rostrata* Stokes, *Caltha palustris* L., *Lysimachia thyrsiflora* L., *Iris pseudacorus* L. (õites!). Soo ja metsa vahel pajupõõsastik (peamiselt *Salix triandra* L., *S. cinerea* L.).

22. VI. 1932. T. L. foto.

Joon. 137. *Betula pubescens* Ehrh. Pühatu järve kaldal Virumaal. Palju surnud puid, mis tapetud *Polyporus betulinus* (Bull.) Fr. poolt. Puude hävimine näib tingitud olevat osalt ka raba pealetungist. Rohurindes *Lyonia calyculata* Rchb., *Eriophorum vaginatum* L., *Carex canescens* L., *Menyanthes trifoliata* L.

22. VI. 1932. T. L. foto.

Fig. 136. Bois marécageux entre Gorodenka et le lac de Pühatu (Virumaa). On y trouve l'épicéa, le bouleau, la vergne accompagnés du pin sylvestre. Au premier plan, un marécage à *Equisetum limosum* L. A cette espèce s'associent: *Carex rostrata* Stokes, *Caltha palustris* L., *Lysimachia thyrsiflora* L., *Iris pseudacorus* L. Entre le bois et le marécage on voit des saules (*Salix triandra* L., *S. cinerea* L.).

22. VI. 1932. T. L. phot.

Fig. 137. *Betula pubescens* Ehrh. sur la rive du lac de Pühatu (Virumaa). On y voit beaucoup d'arbres morts tués par le *Polyporus betulinus* (Bull.) Fr. Par suite de l'avancement de la tourbière, les conditions de la vie deviennent de plus en plus défavorables pour le bouleau. Dans la strate herbacée: *Lyonia calyculata* Rchb., *Eriophorum vaginatum* L., *Carex canescens* L., *Menyanthes trifoliata* L.

22. VI. 1932. T. L. phot.



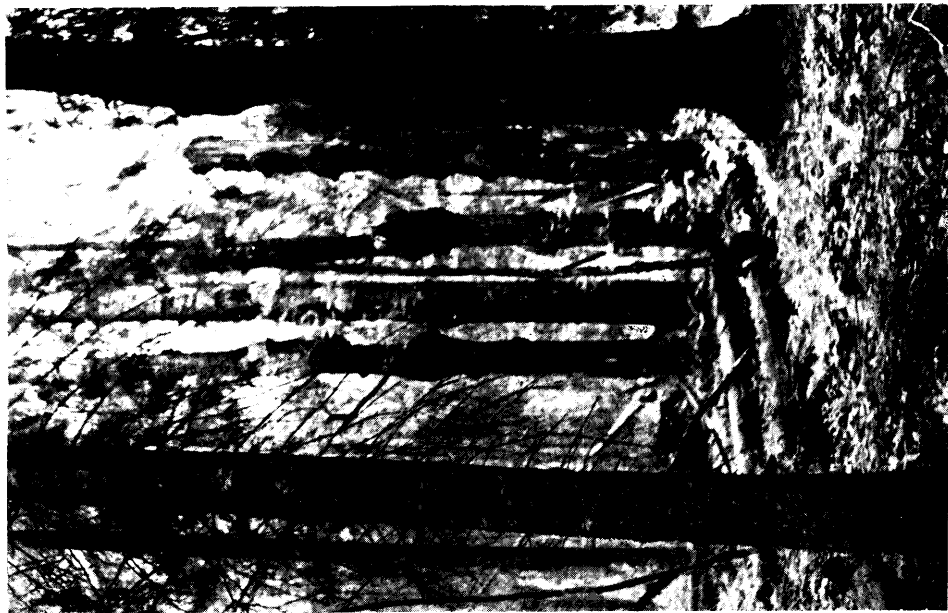
Joon. 136.



Joon. 137.



Joon. 139.



Joon. 138.

Tahvel LXIX (Planche LXIX).

Joon. 138. Lodumets Heinasaarel (Tarumaast lõunas, Virumaal). Keskkel rida *Fomes igniarius*'est tapetud *Populus tremula* L. puid.

8. VI. 1932. T. L. foto.

Joon. 139. Ürgmets Heinasaarel (Tarumaast lõunas, Virumaal). Tuule-murd. Esiplaanil *Calamagrostis neglecta* Fl. d. Wett. Tagaplaanil metsa all *Hepatica triloba* — *Pulmonaria officinalis*'e ühingu *Asperula* rikas tei-send. Siin ka *Lathraea squamaria* L., *Viola mirabilis* L., *Actaea spicata* L., *Melica nutans* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Stellaria nemorum* L.

8. VI. 1932. T. L. foto.

Fig. 138. Le bois marécageux à Heinasaare (au sud de Tarumaa, Virumaa). Au milieu, un certain nombre de troncs de *Populus tremula* L. tués par le *Fomes igniarius* (L.) Fr.

8. VI. 1932. T. L. phot.

Fig. 139. La forêt feuillue vierge à Heinasaare (au sud de Tarumaa, Virumaa). Au premier plan une dépression à *Calamagrostis neglecta* Fl. d. Wett. Dans le bois règne le facies à *Asperula odorata* de l'assoc. à *Hepatica triloba* et *Pulmonaria officinalis*. On y trouve *Lathraea squamaria* L., *Viola mirabilis* L., *Actaea spicata* L., *Melica nutans* L., *Lathyrus vernus* (L.) Bernh., *Stellaria nemorum* L.

8. VI. 1932. T. L. phot.

X. Lahkme-Eesti valdkond (Estonia media).

Tahvel LXX (Planche LXX).

Joon. 140. Pedja jõgi Umbuse jõe suubumisest kõrgemal. Kaldal tihe *Scirpus lacustris* L. kogumik, vees *Polygonum amphibium* L.

4. VII. 1932. T. L. foto.

Joon. 141. Lodumets Pedja jõe kaldal Umbuse ja Põltsamaa jõe vahel (Tartumaa). Puud (kuusk, sanglepp, kask, saar) lodumetsadele iseloomulikel mättail. Esiplaanil soolaik; siin *Iris pseudacorus* L. (õies!), *Calla palustris* L., *Caltha palustris* L., *Carex elongata* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Aspidium thelypteris* Sw., *Acrocladium cuspidatum* Lindb. Mättail ka *Convallaria majalis* L., *Rubus saxatilis* L., *Rhytidadelphus triquetrus* Warnst., *Hylocomium proliferum* Lindb., *Plagiochila asplenoides* Dum., *Fissidens adiantoides* Hedw. jt.

4. VII. 1932. T. L. foto.

Fig. 140. La rivière de Pedja au-delà de l'embouchure de l'affluent d'Umbuse. A droite un peuplement à *Scirpus lacustris* L., dans l'eau *Polygonum amphibium* L.

4. VII. 1932. T. L. phot.

Fig. 141. Le bois marécageux entre les embouchures des affluents d'Umbuse et de Põltsamaa (Tartumaa). Les arbres (épicéa, vergne, bouleau, frêne) poussent sur des buttes bien développées. Au premier plan: *Iris pseudacorus* L. (en fleur), *Calla palustris* L., *Caltha palustris* L., *Carex elongata* L., *Menyanthes trifoliata* L., *Aspidium thelypteris* Sw., *Acrocladium cuspidatum* Lindb. Sur les buttes *Convallaria majalis* L., *Rubus saxatilis* L., *Rhytidadelphus triquetrus* Warnst., *Hylocomium proliferum* Lindb., *Plagiochila asplenoides* Dum., *Fissidens adiantoides* Hedw., etc.

4. VII. 1932. T. L. phot.



Joon. 140.



Joon. 141.



Joon. 142.



Joon. 143.

XI. Kagu-Eesti valdkond (Estonia orientalis).

Tahvel LXXI (Planche LXXI).

Joon. 142. *Salix viminalis* L. ja *Alnus incana* (L.) Moench tihnikud Õhne jõe kaldal Leebikus (Valgamaa). Kaldal kõrged kuivad aasad.

19. VI. 1929. K. Eichwald'i foto („Eesti V, Valgamaa“).

Joon. 143. Telliste palu Sangaste khk. (Valgamaa). Kuiv männik samblarindes domineeriva *Cladonia alpestris* (L.) Rbh. Vähemal määral ka *C. rangiferina* (L.) Web. ja *C. silvatica* (L.) Hoffm.

7. VI. 1929. K. Eichwald'i foto („Eesti V, Valgamaa“).

Fig. 142. Les broussailles à *Salix viminalis* L. et *Alnus incana* (L.) Moench sur les rives de la rivière d'Õhne près de Leebiku (Valgamaa).

19. VI. 1929. M. K. Eichwald phot. („Eesti V, Valgamaa“).

Fig. 143. La forêt à pin silvestre dite „Telliste palu“ dans la paroisse de Sangaste (Valgamaa). Dans la strate muscinale domine *Cladonia alpestris* (L.) Rbh. Cette espèce est accompagnée de *C. rangiferina* (L.) Web. et *C. silvatica* (L.) Hoffm.

7. VI. 1929. M. K. Eichwald phot. („Eesti V, Valgamaa“).

Kirjandus.

- Anders, J.: Die Strauch- und Laubflechten Mitteleuropas. Jena 1928.
- Ascherson, P. und Graebner, P.: Synopsis der mitteleuropäischen Flora. I, II₁, II₂, III, IV, V, VI₁, VI₂. Leipzig 1896—.
- Babington, Ch. C.: Manual of British Botany. 10th ed. London 1922.
- Boissier, Edm.: Flora orientalis. I (1867), II (1872), III (1875), IV (1879), V (1884), Supplementum (1888).
- Braun-Blanquet, J.: Essai sur les notions „d'élément“ et de „territoire“ phytogéographiques. Arch. des Sciences physiques et nat., 5-me sér., 1, Genève 1919.
- „ L'origine et le développement des flores dans le Massif Central de France. Paris et Zurich 1923.
- „ Plant Sociology. New York and London 1932.
- Britton, N. L. and Brown, H. A.: An Illustrated Flora of the Northern United States, Canada and the British Possessions. Vol. I—III. New York 1896—1898.
- Brotherus, V. F.: Die Laubmoose Fennoskandias. Soc. p. Fl. et Fauna Fenn. Helsingfors 1923.
- Buchenau, F.: Monographia Juncacearum. Engl. Bot. Jahrb. 12, 1890.
- Busch, N.: Flora Sibiriae et Orientis Extremi, a Museo Botanico Academiae Imp. Scient. Petropol. edita. 1913—1919.
- Christ, H.: Über die Verbreitung der Pflanzen d. alpin. Region d. europ. Alpenkette. Neue Denkschr. d. Schweiz. Nat.-Ges. 22, 1867.
- Coste, H.: Flore descriptive et illustrée de la France. Paris 1901—1906.
- Czeczott, H.: The Atlantic Element in the Flora of Poland. Bulletin intern. de l'Acad. Polon. d. Sc. et d. Lettres, Cl. d. Sc. Mathém. et Nat., sér. B, 5—6, Cracovie 1926.
- Diels, L.: Die Flora von Central-China. Bot. Jahrb. für System., Pflanzen-gesch. u. Pflanzengeogr. 29, Leipzig 1901.
- Donat, A.: Die Vegetation unserer Seen und die „biologischen Seentypen“. Ber. d. Deutsch. Bot. Gesellsch. 44, 1, Berlin-Dahlem 1926.
- Du Rietz, G. E.: Die regionale Gliederung der skandinavischen Vegetation. Sv. Växtsociol. Sällskap. Handl. 8, Uppsala och Stockholm 1925.
- Eichwald, K.: Einige Notizen zur Flora Süd-Estlands. Loodusuur. Seltsi Aruand. 36, 1—2, 1929.
- „ Valgamaa taimkate. Kogut. „Eesti“ „Valgamaa“ köide. Tartu 1930.
- „ Saaremaa taimkate. Kogut. „Eesti“ „Saaremaa“ köide. Tartu 1932.
- „ Valgamaa kihelkondade ja linnade taimkate. Kogut. „Eesti“ „Valgamaa“ köide. Tartu 1932.
- „ Soomuraka levikust Eestis. Eesti Loodus 1, 1, Tartu 1933.

- Bichwald, K.: Alss-osa (*Equisetum scirpoides* Michx.) levikust. Eesti Loodus **2**, 1, Tartu 1934.
- „ Katelehitu linalehik (*Thesium ebracteatum* Hayne) Eesti flooraelemendina. Eesti Loodus **3**, 2, Tartu 1935.
- Eig, A.: Les éléments et les groupes phytogéographiques auxiliaires dans la flore palestinienne. Rep. spec. nov. regni veget., Beiheft **63**, Dahlem bei Berlin 1931.
- Eklund, Ole: Notizen über die Flora des nordöstlichen und westlichen Dagö (Hiiumaa) in Estland. Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica **4**, Helsingforsiae 1927—1928.
- „ Beiträge zur Flora der Insel Vormsö in Estland. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica **55**, 9, Helsingforsiae 1929.
- „ Über die Ursachen der regionalen Verteilung der Schärenflora Südwest-Finnlands. Acta Bot. Fenn. **8**, Helsingforsiae 1931.
- Fedčenko, B. A.: Flora Aziatskoj Rossii. Vyp. 1, 2, 3, 5, 8, 12. Leningrad 1912—15.
- Flahault, Ch.: La flore et la végétation de la France. Introd. à la Flore descript. et illustrée de la France, par H. Coste. Paris 1901.
- Flora S. S. S. R. Botan. Inst. Akad. Nauk S. S. S. R. **1** ja **2**, Leningrad 1934.
- Gams, H.: Die klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die Verteilung der hygri-schen Kontinentalität in den Alpen. Zeitschr. d. Ges. für Erdkunde zu Berlin 1931—1932.
- Glehn, P.: Flora d. Umgebung Dorpats. Arch. für Naturk. Liv-, Est- u. Kurlands, II. Serie, **2**, Tartu 1860.
- Glück, H.: Limosella-Studien. Engl. Botan. Jahrb. **66**, 5, Leipzig 1934.
- Granö, J. G.: Eesti maastikulised üksused. Loodus **1**, Tartu 1922.
- Gröntved, Johs.: Die Flora der Insel Wormsö (Ein Beitrag zur Flora Estlands). Dansk Botanisk Arkiv **5**, 4, 1927.
- „ Die Flora der Insel Runö. Svensk Bot. Tidskrift **23**, 1929.
- Gruner, L.: Versuch einer Flora Allentackens u. des im S. angrenz. Teiles von N-Livland. Arch. f. Nat. Liv-, Est- und Kurlands, II. Ser., **4**, Tartu 1864.
- Hausen, H.: Über die Entwicklung der Oberflächenformen in den russischen Ostseeländern und angrenzenden Gouvernements in der Quartärzeit. Fennia **34**, Helsingfors 1913.
- Hayek, A.: Allgemeine Pflanzengeographie. Berlin 1926.
- „ Prodromus Florae peninsulae Balcanicae. Repert. spec. nov. regni veget. **30**, 1; **30**, 2. Dahlem bei Berlin 1927, 1931.
- Hegi, G.: Flora von Mittel-Europa. I—VII. München 1906—1931.
- Herzog, Th.: Geographie der Moose. Jena 1927.
- Hiitonen, J.: Suomen kasvio. Helsinki 1933.
- Hildén, J.: Något om fauna och flora på Runö. Fauna och Flora, popul. tidskr. f. biologi, H. **5**, Stockholm.
- Hjelt, H.: Conspectus florae Fennicae. I—VII. Helsingforsiae 1888—1926.
- Hooker, J. D.: The Flora of British India. Vol. I—VII. London 1875—1897.
- Hooker, J. D. and Jackson, B. D.: Index Kewensis plantarum phanerogamarum. I, II. Suppl. I—VI. Oxford 1895—1920.

- Horvat, J.: Die Verbreitung und Geschichte der mediterranen, illyrischen und pontischen Florenelemente in Nordkroatien und Slovenien. Acta Bot. Inst. Bot. Univ. Zagrebensis 4, Zagreb 1928.
- Hryniewiecki, B.: Tentamen Florae Lithuaniae. Arch. de Biol. de la Soc. d. Sciences et d. Lettres de Varsovie 4, Warszawa 1933.
- Hultén, Eric: Flora of Kamtschatka and the adjacent islands. I—IV. Kungl. Svensk. Vetenskapsakad. Handl. 51,2 ja 81,2, Stockholm 1928—1930.
- Kant, Edgar: L'Estonie. Principaux aspects géographiques, etc. Annales de Géographie 41, Paris 1932.
- Koch, W. D. J.: Synopsis der Deutschen und Schweizer Flora. I—III. Leipzig 1892—1907.
- Komarov, V. L.: Flora poluostrova Kamčatki. I—III. Akad. Nauk S. S. S. R. Leningrad 1927—1930.
- Kotilainen, M. J.: Zur Frage der Verbreitung des atlantischen Florenelementes Fennoskandias. Annal. Botanici Soc. Zool.-Botan. Fennicae Vanamo 4, 1, Helsinki 1933.
- Krylov, P.: Flora Altaja i Tomskoj gubernii. I—VI. Tomsk 1901—1914.
- Kükenthal, G.: Cyperaceae-Caricoideae. Das Pflanzenreich IV. Leipzig 1909.
- Kulczyński, S.: Das boreale und arktisch-alpine Element in der mitteleuropäischen Flora. Bull. intern. de l'Acad. Polon. d. Sc. et d. Lettr., Cl. d. Sc. Mathém. et Nat., série B (1923), Cracovie 1924.
- Kupffer, K. R.: Grundzüge d. Pflanzengeographie des ostbaltischen Gebietes. Abhandlungen d. Herder-Instituts zu Riga 1, 6, Riga 1925.
- „ Floristische Notizen über ostbaltische Gefäßpflanzen. Korresp. d. Naturf.-Ver. zu Riga 59, Riga 1927.
- „ Besprechung des „Index plantarum Estonicarum“. Korrespondenzbl. d. Naturf.-Ver. zu Riga 60, Riga 1930.
- Kusnetzov, Busch et Fomin: Flora Caucasica critica.
- Ledebour, C. F.: Flora Rossica. Vol. I—IV. Stuttgartiae 1842—1853.
- Lehmann, E.: Flora v. Polnisch-Livland + Nachtrag. Arch. f. Naturk. Liv-, Est- u. Kurlands 11, 1—2, Tartu 1895, 1896.
- Lepik, E.: Floristilised märkmed. Tartu Ülik. Fütopatol. Katsejaama Teadaanded 3 ja 7, Tartu 1926, 1931.
- Lindman, C. A. M.: Svensk Fanerogamflora. Stockholm 1926.
- Linkola, K.: Studien über den Einfluss der Kultur auf die Flora in den Gegenden nördlich vom Ladoga-See. Acta Soc. pro Fauna et Flora Fennica 45, 1—2, Helsingforsiae 1916, 1921.
- „ Zur Kenntnis der Waldtypen Eestis. Acta Forestalia Fennica 34, Helsinki 1929.
- „ Über die Halbhainwälder in Eesti. Acta Forestalia Fennica 36, Helsinki 1930.
- Lippmaa, T.: Ungrukolla (*Lycopodium complanatum*) alaliikide üle. Loodus 2, Tartu 1923.
- „ Mõningate taimede uuest leiukohtadest Kagu-Eestis. Loodus 2, Tartu 1923.
- „ Kes- ja Põhja-Setumaa taimeühinguist. Kogut. „Eesti“ „Setumaa“ köide. Tartu 1928.
- „ ja Lippmaa, H.: Pärnumaa taimestikust ja taimkonnast. Kogut. „Eesti“ „Pärnumaa“ köide. Tartu 1929.

- Lippmaa, T.: Eesti botaanilisest uurimisest. Loodusuur. Seltsi Aruand. 38, 3—4, Tartu 1932.
- „ Beiträge zur Kenntnis der Flora und Vegetation Südwest-Estlands. Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tartuensis 2, 3—4 ja Eesti Loodustead. Arhiiv, II seer., 13, 3, Tartu 1932.
- „ ja Eichwald, K.: Eesti taimed. (Estonian Plants.) I. Acta et Comment. Univ. Tartuensis A 25, 3, Tartu 1933.
- „ Kahe huvitava taime leid Abruka saarel. Eesti Loodus 1, 2, Tartu 1933.
- „ Sookold (*Lycopodium inundatum* L.). Eesti Loodus 1, 3, Tartu 1933.
- „ Taimeühingute uurimise meetodika ja Eesti taimeühingute klassifikatsiooni põhiõoni. Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tartuensis 3, 4 ja Loodusuur. Seltsi Aruand. 40, 1—2, Tartu 1933.
- „ Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes). Acta et Comment. Univ. Tartuensis A 24, 4 ja Acta Inst. et Horti Bot. Tartuensis 3, 3, Tartu 1933.
- „ Eesti põisikulised (*Splachnaceae*). Eesti Loodus 2, 5, Tartu 1934.
- „ Vegetatsiooni geneesist maapinna tõusu tõttu merest kerkivatel saartel Saaremaa looderannikul. [Sur la genèse de la flore nouvelle des îlots se formant par suite d'élévation séculaire sur la côte Nord-Ouest de Saaremaa (Estonie).] Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tart. 4, 1—2 ja Loodusuur. Seltsi Aruand. 41, 2—3, Tartu 1935.
- „ Une analyse des forêts de l'île estonienne d'Abruka (Abro) sur la base des associations unistrates. Acta et Comment. Univ. Tartuens. A 28, 1 ja Acta Inst. et Horti Bot. Univ. Tart. 4, 1—2, Tartu 1935.
- Malta, N. und Strautmanis, J.: Übersicht d. Moosflora d. Ostbaltischen Gebietes. I (Allgem. Bemerk. u. Lebermoose). Acta Horti Bot. Univ. Latviensis 1, 2, Riga 1926.
- Malta, N.: Übersicht der Moosflora des Ostbaltischen Gebietes. II. Acta Horti Botanici Universitatis Latviensis 2, Riga 1927.
- Mathiesen, A.: Ülikooli õppemetskond. Tartu Ülik. Metsaosak. Toimet. 11, Tartu 1927.
- Meinshausen, K.: Flora Ingrica oder Aufzähl. u. Beschreib. d. Blütenpfl. u. Gefäßkryptog. des Gouvernements St. Petersburg. St. Petersburg 1878.
- Miljan, A.: Vegetationsuntersuchungen an Naturwiesen und Seen im Otepääschen Moränengebiete Estlands. Acta et Comm. Univ. Tartuensis B 25, 5, Tartu 1933.
- Mühlen, M. v. zur u. Schneider, G.: D. See Wirzjärw in Estland. Arch. f. Nat. Liv-, Est- u. Kurlands 14, 1, Tartu 1920.
- Müller, K.: Die Lebermoose Deutschlands, Oesterreichs u. d. Schweiz. I, II. Leipzig 1906—1916.
- Nenjukov, Th.: Mitteilungen zur Flora Estlands. I. Loodusuur. Seltsi Aruand. 34, 2, Tartu 1927.
- „ Index plantarum Estonicarum. (Eesti taimede nimestik.) Eesti Kirjanduse Seltsi kirjastus, Tartu 1928 [vrd. Kupffer'i (1930) arvustus].
- „ *Valeriana estonica* n. sp. Loodusuur. Seltsi Aruand. 39, 3—4, Tartu 1932.
- „ Mitteil. zur Flora Estlands. II. (Red. A. Üksip.) Loodusuur. Seltsi Aruand. 41, 3—4, Tartu 1935.

- Nõmmik, A.: Lühike ülevaade kodumaa mullastikust. Põllumaj. Peaval. Aastaraam. 1918—1926. Tallinn 1927.
- Ostenfeld, C. H.: The Flora of Greenland and its Origin. Det Kgl. Danske Videnskabs-Selskabs Biol. Meddelelser **6**, 3, København 1926.
- Palmgren, A.: Die Einwanderungswege der Flora nach den Ålandsinseln. Acta Bot. Fenn. **2**, Helsingforsiae 1927.
- Pastak, E.: Taimeühinguid Harrilaiul. Eesti Loodus **2**, 3, Tartu 1934.
- Pawłowski, B.: Die geographischen Elemente und die Herkunft der Flora der subnivalen Vegetationsstufe im Tatra-Gebirge. Bull. intern. de l'Acad. Pol. d. Sc. et d. Lettr., Cl. d. Sc. Mathém. et Nat., sér. B (1928), Cracovie 1929.
- Poljanska, O.: Der Florenbestand Weissrusslands und die geographische Verteilung der einzelnen Pflanzenarten. Belaruskaja Akad. Navuk. Mensk 1931.
- Puring, N.: Očerk rastitel'nosti zapadnoj časti Pskovskoj gubernii. Trudy S.-Peterb. Obšč. Jestestv. **28**, 3, S.-Peterburg 1898.
- Räsänen, V.: Die Flechten Estlands. Annal. Acad. Scientiar. Fennicae A **34**, 4, Helsinki 1931.
- Rauktys, J.: Die Verbreitungsgrenze der Weissbuche (*Carpinus betulus* L.) in Litauen. Mitt. d. Deutsch. Dendrol. Gesellsch. **46**, 1934.
- Regel, C.: Pflanzengeographische Skizze von Litauen. Repert. specier. novar. regni vegetab., Beiheft **61**, Dahlem bei Berlin 1930.
- Reinthal, W. J.: Andmeid härghainade (*Melampyrum* L.) levimisest Eestis. Pharmacia **5**, 1931.
- Rühl, A.: Versuch einer Anwendung der Cajanderschen Waldtypenlehre in Estland. Tartu Ülikooli Metsaosakonna Toimet. **10**, Tartu 1927.
- " Untersuchungen über die Humusacidität einiger süd-estländischer Wälder. Loodusuur. Seltsi Aruand. **35**, 3—4, Tartu 1929.
- " Floristische Notizen aus den Wäldern von Alutaguse, NE-Estland. Loodusuur. Seltsi Aruand. **38**, 1—2, Tartu 1931.
- " Tähelepanekuid mõne taimeliigi levimise kohta Edela-Eesti metsades. Eesti Metsanduse V aastar., Tartu 1931.
- " Edela-Eesti metsatüüpidest ja metsataimkattest. (Studien üb. d. Waldtypen und Bodenveget. d. SW-estl. Wälder.) Akad. Metsaseltsi väljaanne. Tartu 1932.
- " Studien über die Bodenvegetation und Bodenflora der Wälder der Pärnu-Niederung und des West-Alutaguse mit besonderer Berücksichtigung waldbaulicher Fragen. 1935 (käsikiri).
- Russow, E.: Flora der Umgebung Revels. Archiv für Naturkunde Liv-, Est- u. Kurlands, II. Serie, **6**, Tartu 1864.
- Saarson, B.: Uus robiheina-liik *Alectorolophus rumelicus* (Velen.) Borbás Eesti flooras. Eesti Loodus **2**, 1, Tartu 1934.
- Saarson, E.: Andmeid mõnede taimede leiukohtadest Pärnumaal. Loodus **3**, 1924.
- Samuelsson, G.: *Polygonum oxyspermum* Mey et Bge. und *P. Raii* Bab. ssp. *norvegicum* Sam. n. ssp. Acta Horti Bergiani **11**, 3, Uppsala 1931.
- Schinz, H. und Keller, R.: Flora der Schweiz. Zürich 1914—1923.

- Schmalhausen, J.: Flora srednej i južnoj Rossii, Kryma i sev. Kavkaza. I—II. Kijev 1895—1897.
- Schmidt, F.: Flora d. silur. Bodens v. Estland, N-Livland u. Ösel. Arch. f. Nat. Est-, Liv- u. Kurlands, II. Ser., 1, Tartu 1854.
- „ Flora d. Insel Moon. Archiv f. Naturk. Est-, Liv- u. Kurlands, II. Ser., 2, Tartu 1854.
- Schröter, C.: Das Pflanzenleben der Alpen. Zürich 1908.
- Sirgo, V.: Peipsiäärase madaliku taimeühinguist. Eesti Loodus 1, 2, Tartu 1933.
- Sitz, E.: Keskvare-Liivi-Rõude soode ja soosaarte ehitusest ning taimkat-test. Loodusevaatlaja, Tartu 1931.
- Sirejššikov, D. P.: Flora Moskovskoj gubernii. I—IV. Moskva 1906—1914.
- Skottsberg, C. u. Vestergren, T.: Einige für Ösel im Jahre 1899 neu gefundene Pflanzen. Öfvers. af Kongl. Vetensk.-Akad. Förhandl. 3, 1900.
- „ Zur Kenntnis der Vegetation d. Insel Ösel. Bihang till K. Svenska Vet.-Akad. Handlingar 27, afd. III, 7 (1901).
- Soó, R. v.: Floren- und Vegetationskarte des historischen Ungarns. Public. de la Commiss. pour la géographie du pays natal 8, Budapest 1932.
- „ Analyse der Flora des historischen Ungarns. Arbeiten d. I. Abt. des Ungar. Biolog. Forschungsinstitutes 6, Tihany 1933.
- Spohr, Edm.: Tartumaa taimkate. Kogut. „Eesti“ „Tartumaa“ köide. Tartu 1925.
- „ Über d. Vorkommen von *Sium erectum* Huds. u. *Lemna gibba* L. in Estland und über deren nordöstliche Verbreitungsgrenzen in Europa. Acta et Comment. Univ. Tartuensis A 10, 6 ja Acta Inst. et Horti Botan. Tartuensis 1, fasc. 1, Tartu 1926.
- „ Võrumaa taimkattest ja tema uurimisest. Kogut. „Eesti“ „Võrumaa“ köide. Tartu 1926.
- „ Über die Verbreitung u. Einwanderung von *Helodea canadensis* in Estland. Aus dem Inst. für wissensch. Heimatforschung 2, Tallinn 1930.
- Sresnewsky, B.: Bericht über die Ergebnisse d. Beobachtungen für das Liv-, Est- u. Kurländische Regenstationsnetz. 25-jährige Mittelwerte etc. 1913.
- Sterner, R.: The Continental Element in the Flora of South Sweden. Geograf. Annaler 1922, H. 3—4, Stockholm 1922.
- Tammekann, A.: Die Oberflächengestaltung des nordostestländischen Küstentafellandes. Acta et Comment. Univ. Tartuensis A 9, 7, Tartu 1926.
- „ Eesti maastikutüübid. Loodusuur. Seltsi Aruand. 39, 1—2, Tartu 1933.
- Thellung, A.: La flore adventice de Montpellier. Mém. Soc. nation. d. sc. nat. et mathém. de Cherbourg 38, Cherbourg 1912.
- Thomson, P.: Notizen zur Kenntnis der Flora und Vegetation Estis. Loodusuur. Seltsi Aruand. 28, 1—4, Tartu 1922.
- „ Taimegeograafilised vaatlused hilis-jääaegse meretransgressiooni alal Lõuna-Harjumaal. Loodus 1, Tartu 1922.
- „ Vorläuf. Mitteilung über neue Fundorte u. Verbreitungsgebiete einiger Moorpflanzen in Estland. Loodusuur. Seltsi Aruand. 31, 3—4, Tartu 1924.

- Thomson, P.: Zur Frage der regionalen Verbreitung und Entstehung der Gehölzwiesen und Alvartriften in N-Estland. Loodusuur. Seltsi Aruand. **30**, 3—4, Tartu 1924.
- „ Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands. Acta et Comment. Univ. Tartuensis A **17**, 2, Tartu 1929.
- „ Eelkäivaid märkmeid uuemaist andmeist metsaajaloo kohta Eestis. Eesti Loodus **2**, 5, Tartu 1934.
- Turesson, G.: Die Pflanzenart als Klimaindikator. Kungl. Fysiograf. Sällsk. Förhandl. **2**, Lund 1932.
- Üksip, A.: Puise ümbruse taimestikust. Loodusvaatleja **3**, Tartu 1932.
- Vaga, A.: Sur le *Sesleria coerulea* en Estonie. Loodusuur. Seltsi Aruand. **41**, 3—4, Tartu 1935.
- Vilberg, G.: Einige Bemerkungen über neue Pflanzenarten in der Flora Eesti's. Loodusuur. Seltsi Aruand. **31**, Tartu 1924.
- „ Loost ja lootaimkonnast Ida-Harjumaal. Loodusuur. Seltsi Aruand. **34**, Tartu 1927.
- „ Kastre-Peravalla looduskaitse reservaaadi taimkattest. Tartu Ülik. Metsaosak. Toimet. **15**, Tartu 1929.
- „ Grundzüge der floristischen Erforschung Estlands. Loodusuurijate Seltsi Aruand. **35**, 3—4, Tartu 1929.
- „ Põhja-Eesti saarte taimkattest. (Über die Pflanzendecke der nordestländischen Inseln.) I. Loodusuur. Seltsi Aruand. **39**, 3—4, Tartu 1933.
- Walter, H.: Pflanzengeographie Deutschlands. Jena 1927.
- Wiedemann, F. J. u. Weber, E.: Beschreibung. phanerog. Gew. Est-, Liv- u. Kurlands. Tallinn 1852.
- Zāmelis, A. und Kvīte, Argīne: Zur Verbreitung der *Alchemilla*-Arten in Lettland. Acta Horti Botanici Universit. Latviensis **4**, Riga 1929.

Vanemast Eesti floorat käsitlevast literatuurist on toodud vaid tähtsamad teosed. Teised siia kuuluvad tööd on tsiteeritud üksikasjalikult Lehmann'il (1895, 1896), Kupffer'il (1925) ja Vilberg'il (1929).

Vähemaid floristilisi teateid ajakirjades „Loodus“ **1—3** (1922—1924), „Eesti Loodus“ (Tartu Ülikooli juures oleva Loodusuurijate Seltsi teataja) **1, 2** (1933, 1934) ja „Loodusevaatleja“ **1—5** (1930—1934) järgmiselt autoreilt: J. Eplik, H. Freimann, H. Hendrikson, L. Kauer, V. Lao, A. Lippling, P. Lukin, J. Lunts, A. Määr, J. Rebane, V. Reinthal, A. Rühl, E. Saarson, B. Saarsoo, H. Salasoo, L. Sepp, E. Sits, W. Thomson, A. Tomson, G. Vilberg, A. Üksip jt.

Tekstis nimetatud liikide loetelu.

Énumération des espèces mentionnées dans le texte.

- Acer platanoides* L. 5, 21, 83, 89, 92, LXI.
Achillea cartilaginea Ledeb. 19, 20, 35, 54, 68, 70, 73, 75, 77, 82, 95, 96, 97, XXXIII.
A. millefolium L. 17.
A. ptarmica L. 20, 68, XXXIX.
Acrocladium cuspidatum Lindb. 44, 67, 72.
Actaea spicata L. 18, 60, 63, 65, 89.
[Adonis vernalis L.] 27.
Aegopodium podagraria L. 20.
Agrimonia pilosa Ledeb. 64, 68, 70, 73, 77, 93, 95, 97.
Agropyron caninum (L.) P. B. 43.
A. junceum (L.) P. B. 42, 50.
Agrostis alba L. 17, 66.
A. canina L. 17, 66.
A. vulgaris With. 18.
Ajuga pyramidalis L. 48, 50, 51, 90.
Alchemilla acutangula Buser 12.
A. acutidens Buser 12.
A. arvensis (L.) Scop. 12, 31.
A. cymatophylla Juzepcz. 12.
A. filicaulis (Bus.) H. Lindb. 12.
A. glabricaulis Lindb. fil. 12.
A. glomerulans Buser 12, 16, 82.
A. heptagona Juzepcz. 12.
A. hirsuticaulis Lindb. fil. 12.
A. micans Buser 12.
A. obtusa Buser 12.
A. pastoralis Buser 12.
A. plicata Buser 12.
A. propinqua Lindb. fil. 12.
A. pubescens Buser 12, 60.
A. strigosula Buser 12.
A. subcrenata Buser 12.
Alectorolophus major (Ehrh.) Rchb. 45.
A. minor (Ehrh.) Wimm. et Grab. 21, 45.
A. rumelicus (Velen.) Borbás 46, 48, 88.
Alisma gramineum Gmel. 76.
A. plantago (L.) Michal. 32.
Alliaria officinalis Andrzej. 58.
Allium carinatum L. 45.
A. schoenoprasum L. 62.
A. scorodoprasum L. 45.
A. ursinum L. 22, 43, 58, 83, 89.
Alnus glutinosa Gaertn. 5, 9, 18, 50, 58, 66, 88, 94, 95, XLV, XLIX, LXII.
A. incana (L.) Moench 5, 9, 11, 58, 72, 92, LXXI.
Alopecurus ventricosus Pers. 42, 53, 55, 90.
Alyssum calycinum L. 62.
A. montanum L. 28, 29, 30, 48, 50, 84, 90.
Amblystegium riparium Bryol. eur. 44.
Ammophila arenaria Roth 21, 42, 55, 91.
Anacamptis pyramidalis (L.) Rich. 45, 48, 88, XLIV.
Anagallis arvensis L. 47.
Anchusa arvensis Bieb. 31.
Andreaea petrophila Ehrh. 54.
Andromeda polifolia L. 16, 82.
Androsace septentrionalis L. 47.

- Anemone nemorosa* L. 13, 14, 22, 94, 97.
A. ranunculoides L. 22.
A. silvestris L. 27, 28, 29, 35, 51, 57, 60, 64, 67, 69, 73, 76, 78, 84, 90, 92, 93, 96, VI.
Angelica archangelica All. ssp. *litoralis* (Fries) Thellung 19, 45.
A. silvestris L. 20.
Anomodon longifolius Bruch. 49.
A. viticulosus Hook. et Tayl. 49.
Antennaria dioeca Gaertn. 60.
Anthemis tinctoria L. LVIII.
Anthyllis vulneraria L. 29, 47, 57, 87, 92.
Antitrichia curtipendula Brid. 45, 49.
Arabis arenosa Scop. 55.
A. hirsuta (L.) Scop. 17, 57, 78, 97.
Arctostaphylos uva ursi L. 16, 60, 65, 82, 92.
Arenaria graminifolia Schrad. 28, 29, 35, 76, 77, 84, 97, XXXVII.
A. serpyllifolia L. 47.
Armeria vulgaris Willd. 54, 56, 91, XVI.
Artemisia absinthium L. 18, 82.
A. campestris L. 18, 82.
A. maritima L. subsp. *maritima* (L.) Gams 18, 19, 42, 48, 51, 82, 88, II, XLIII.
A. rupestris L. var. *oelandica* Bes-ser 18, 19, 42, 48, 51, 82, 88, VIII.
A. vulgaris L. 18, 82.
Asarum europaeum L. 22, 49, 83, XV.
Asparagus officinalis L. 48.
Asperula odorata L. 9, 18, 43, 58, 60, 63, 89, 92.
A. rivalis Sibth. et Sm. 19, 68, 73, 77, 82, 95, 96, 97.
A. tinctoria L. 28, 29, 35, 43, 47, 57, 60, 64, 67, 73, 84, 87, 89, 92, 93, 96, XXVII.
Aspidium **dilatatum* (Sm.) Sw. 17, 82.
A. dryopteris (L.) Baumg. 17, 82.
*A. *euspinulosum* Aschers. 17, 66, 82.
A. filix mas (L.) Sw. 31.
A. phegopteris (L.) Baumg. 17, 82.
A. robertianum (Hoffm.) Luerss. 17, 57, 58, 78, 82, 92, 98.
A. thelypteris Sw. 9, 31, 44, 66, 72, XLV.
Asplenium ruta muraria L. 47, 78, 98.
A. trichomanes L. 31, 47, 57, 78, 91, 98.
Aster tripolium L. 41, 55.
Astragalus danicus Retz. 51, 60, 90, 93.
A. glycyphyllus L. 22, 65, 78.
Athyrium filix femina Roth 31.
Atriplex calotheca Fries 41, 48, 87.
A. hastatum L. 11, 41, 87.
A. litorale L. 41, 53, 87, 90.
A. praecox Hülphers 41, 48.
A. prostratum Boucher 41, 53, 87, 90.
Aulacomnium androgynum Schwaegr. 44.
Avena pratensis L. 47, 57, 87, 92.
A. pubescens Huds. 47, 87.
Barbula rigidula Mitt. 49.
Berberis vulgaris L. 21.
Betula concinna Gunnarsson 5.
B. humilis Schr. 5, 18, 49, 73, 77.
B. nana L. 5, 7, 15, 49, 73, 81, 93, 95, LXVII.
B. pubescens Ehrh. 5, 18, 66, 88, 94, 95, LVI, LXVIII.
B. verrucosa Ehrh. 5, 18.
Bidens radiatus Thuill. 77, 97, XXXIV.
[Blechnum spicant (L.) With.] 54.
Botrychium lunaria L. 31.
B. matricariae A. Br. 17.
B. simplex Hitchc. 21.
B. virginianum Sw. 17.
Brachypodium pinnatum (L.) P. B. 60.

- B. silvaticum* R. et Sch. 18, 43, 78, 79, 82, 89.
Braya supina Koch 47, 62, 93.
Briza media L. 22, 45.
Bromus Beneckenii Lange 22, 43, 89.
B. erectus Huds. 48.
Butomus umbellatus L. 18, 49, 82.
Cakile maritima Scop. 41, 55, 70, 87.
Calamagrostis arundinacea (L.) Roth 65.
C. epigeios (L.) Roth 70.
C. lanceolata Roth 20.
C. purpurea Trin. 52.
Calla palustris L. LXX.
Calliargon 7.
C. cordifolium Kindb. 44, 67.
C. turgescens Kindb. 42, 49.
Callitriche verna L. 17.
Calluna vulgaris (L.) Hull 60, 65, 89, 97.
Caloplaca murorum (Hoffm.) Th. Fr. 41.
Caltha palustris L. 17, 46, 72, XLIX.
Campanula latifolia L. 22, 59, LX.
C. patula L. 45.
C. persicifolia L. 65.
C. rotundifolia L. 30, 57, 75, LX.
C. trachelium L. 22, 58.
Camptothecium lutescens Bryol. eur. 49.
Canpylum stellatum Bryhn 46.
Cardamine amara L. 22.
C. hirsuta L. 48.
C. impatiens L. 58, 78, 97.
C. pratensis L. 17, 75.
Carex arenaria L. 25, 26, 34, 51, 56, 84, 90, 91, XX.
C. brunnescens (Pers.) Poir. 16, 81.
C. Buxbaumii Wahlenb. 46, 88.
C. caespitosa Good. 72.
C. capillaris L. 15, 45, 81, 88.
C. chordorrhiza L. 55.
C. contigua Hoppe 45.
C. Davalliana Sm. 22, 46, 61, 63, 66, 69, 73, 83, 88, 92, 93, 95.
C. digitata L. 22, 43.
C. dioeca L. 42.
C. distans L. 41.
C. disticha Huds. 72.
C. diversicolor Cr. 43, 45, 88.
C. elata All. 72, 75, 96.
C. elongata L. 72.
C. ericetorum Poll. 30, 76.
C. extensa Good. 41, 48.
C. flava L. 21.
C. glareosa Wahlenb. 14, 15, 53, 56, 81, 91.
C. globularis L. 19, 52, 65.
C. Goodenowii Gay 11, 17, 46, 66, 72, 73, 76, 88, 95, 96, 97.
C. gracilis Curt. 72, 96.
C. heleonastes Ehrh. 16, 49, 81.
C. Hornschuchiana Hoppe 22, 46, 61, 63, 69, 73, 76, 83, 88, 92, 93, 95, LVI.
[*C. humilis* Leyss.] 27.
C. laevirostris Fr. 69, 95.
C. lasiocarpa Ehrh. 75.
C. limosa L. 76.
C. loliacea L. 19, 44, 52, 63, 66, 67, 69, 72, 75, 94, 95.
C. magellanica Lam. var. *planitieii* Asch. et Gr. 15, 81.
C. montana L. 45, 61, 65, 88, 92.
C. norvegica Willd. 16, 53, 56, 81, 91.
C. Pairaei F. Schultz 45.
C. panicea L. 46, 66, 72, 73, 76, 95, 96, 97.
C. pauciflora Lightf. 61.
C. pediformis C. A. Mey 78, 98.
C. pulicaris L. 45.
C. remota L. 22, 44, 67, 69, 83, 94.
C. rostrata Stokes 76, 97.
C. silvatica Huds. 18, 44, 71, 82, 94.
C. tenella Schk. 19, 44, 66, 67, 69, 71, 75, 83, 94, 95.
C. verna Chaix 47, 57, 92.

- C. vesicaria* L. 72, 76, 96, 97.
 [Carpinus betulus L.] 10.
Catoscopium nigrum Brid. 46, 49.
Centaurea cyanus L. 31.
C. phrygia L. 23, 49, 63, 65, 83.
Centaureum erythraea Rafn. 41, 53, 55, 60, 87, 90, XIX.
C. pulchellum Druce 41, 53, 55, 87, 90, XIX.
Cephalanthera longifolia Fritsch 45, 48, 88.
C. rubra Rich. 45, 62, 69, 78, 88, 93, 98.
Cerastium alpinum L. 15, 57, 81, 91, LIX.
C. caespitosum Gilib. 32.
C. glutinosum Fries 48.
Ceratophyllum demersum L. 32, 85.
Cetraria alvarensis (Wnbg.) Lyngb. 47.
C. islandica (L.) Ach. 65, 97.
Chaerophyllum silvestre (L.) Schinz et Thell. XLVIII.
Chaerophyllum aromaticum L. 49.
C. temulum L. 48.
Chenopodium album L. 11.
C. rubrum L. 11.
Chimaphila umbellata (L.) DC. 17.
Chrysanthemum leucanthemum L. 45.
Chrysosplenium alternifolium L. 17, 49, 66.
Cicuta virosa L. 18.
Cinna latifolia (Trev.) Griseb. 44, 72, 75, 94, 95.
Circaea alpina L. 66.
Cirsium acaule (L.) Web. 44, 46, 60, 64, 87.
C. heterophyllum (L.) All. 20.
C. oleraceum (L.) Scop. 20, 66, 71.
C. palustre (L.) Scop. 20.
Cladium mariscus (L.) R. Br. 9, 27, 32, 46, 69, 84, 88, VI.
Cladonia alpestris (L.) Rabh. 65, 75, LXXI.
C. mitis Sandst. LI.
C. rangiferina (L.) Web. 65, 75.
C. silvatica (L.) Hoffm. 65, 75.
Climacium dendroides Web. et Mohr 72.
Cnidium venosum Koch 21, 45.
Cochlearia danica L. 41, 48, 50, 51, 90.
Comarum palustre L. 17, 75, 82.
Conioselinum Fischeri Wimm. et Grab. 82, 95.
Convallaria majalis L. 17.
Convolvulus sepium L. 32.
Corallorrhiza trifida Chât. 69.
Cornus sanguinea L. 21, 43, 61, 78, 83, 89, 98.
C. suecica L. 7, 16, 51, 54, 56, 82, 91, XVII, LII.
Corydalis intermedia L. 58.
C. solida (Mill.) Sw. 58.
Corylus avellana L. 5, 9, 21, 43, 83, 89, LVII.
Cotoneaster integerrima Med. 6, 18, 43, 60, 78, 89.
C. nigra Fries 6, 18, 57, 92.
Crambe maritima L. 31, 41, 48, 87, XLII.
Crataegus curvisepala Lindm. 5, 43, 61, 89.
C. monogyna Jacq. 5, 21, 43, 78, 89.
C. Palmstruchii Lindm. 5, 6, 43, 48, 89.
Crepis mollis (Jacq.) Aschers. 23, 24, 83.
C. paludosa Moench 22, 44, 63, 66, 71, 72, 95.
C. praemorsa Tausch 78.
Ctenidium molluscum Mitt. 49.
Cynanchum vincetoxicum Pers. 28, 29, 35, 51, 84, 90, VII.
Cypripedium calceolus L. 18, 45, 69.
Cystopteris fragilis Milde 31, 47, 57, 74, 78, 98, LX.
Daphne mezereum L. 20, 58, 63, 65, 89.
Dentaria bulbifera L. 22, 43, 58, 69, 83, 89.

- Deschampsia caespitosa* (L.) P. B. 73, 76, 95, 97.
D. flexuosa Trin. 53, 65.
Dianthus arenarius L. 55, 76, 97.
D. deltoides L. 20.
D. superbus L. 75.
Dicranum Mühlenbeckii Bryol. eur. 49.
D. undulatum Ehrh. 65.
Discelium nudum Brid. 58.
Distichium inclinatum Broyl. eur. 49, 58, 91.
Ditrichum flexicaule Hamp. 47, 49.
Draba incana L. 15, 57, 81.
D. muralis L. 47.
D. nemoralis Ehrh. 49.
Dracocephalum Ruyschiana L. 19, 49, 64, 67, 69, 77, 93, XXX.
Drepanocladus 7.
D. aduncus Moenkem. 44.
D. intermedius Warnst. 46.
D. lycopodioides Warnst. 46.
Drosera anglica Huds. 17, 55, 61, 66.
D. intermedia Hayne 25, 26, 34, 56, 67, 84, XII.
D. rotundifolia L. 17.
[Dryas octopetala L.] 7.
Echium vulgare L. LVIII.
Elatine hydropiper L. 18, 53.
Elymus arenarius L. 42, 53, 55, 70, 90, 91, LIII.
Empetrum nigrum L. 7, 15, 52, 65, 81, 89.
Encalypta contorta Lindb. 49, 58.
E. rhabdocarpa Schwaeger. 49.
Epilobium collinum Gmel. 22, 47.
E. hirsutum L. 18.
E. montanum L. 22, 58, 65.
E. obscurum Schreb. 22.
E. palustre L. 17.
E. parviflorum Schreb. 18.
E. roseum L. 18.
Epipogium aphyllum Sw. 18.
Equisetum 17.
E. arvense L. 11, 31.
E. limosum Willd. 72, 75, 96.
E. scirpoides Michx. 7, 16, 81, XLI.
E. variegatum Schleich. 16, 81.
Eriophorum vaginatum L. 94, 95, 96.
Erodium cicutarium (L.) L'Hérit. 31.
Eryngium maritimum L. 30, 31, 34, 41, 48, 85, X.
Erysimum hieracifolium L. 41.
Euphorbia palustris L. 46, 88.
Euphrasia brevipila Burn. et Gremli 22.
E. curta Wettst. 22.
E. gracilis Fr. 22.
E. hirtella Jord. 22.
E. stricta Host. 22.
Eurhynchium striatum Schimp. 45.
Evonymus verrucosa Scop. 28, 35, 78, 84, 98, XXXVII.
[Fagus silvatica L.] 43.
Festuca gigantea (L.) Vill. 18, 82.
F. ovina L. 17, 47.
F. polesica Zapal. 22, 30, 70, LI, LIV.
F. rubra L. 17, 41, 73, 75, 96, 97, XLII.
F. rubra L. var. *arenaria* (Osbeck) Fries 53, 70, LIV.
F. silvatica Vill. 22, 83.
Filipendula hexapetala Gil. 20, 29, 43, 45, 47, 57, 60, 64, 65, 87, 88, 92, 93.
F. ulmaria (L.) Maxim. 20, 44, 66, 71, 89, LXII.
Fissidens adiantoides Hedw. 44, 72.
F. cristatus Wils. 47.
Fragaria vesca L. 44, 89.
F. viridis Duchesne 57, 60, 92.
Fraxinus excelsior L. 5, 21, 72, 83, 92, 94, LXII.
Frullania tamarisci (L.) Dum. 49, 56.
Fucus vesiculosus L. 42.

- Gagea lutea* Ker-Gawler 18.
G. minima Ker-Gawler 18.
Galium boreale L. 60.
G. mollugo L. 43, 89.
G. palustre L. 44, 66, 75.
G. triflorum Michx. 16, 69, 82, 95.
G. verum L. 41, 60, 87, 89.
Gentiana cruciata L. 20, 57, 78, 92, 98.
G. pneumonanthe L. 20, 77.
G. uliginosa Willd. 41, 55, 87.
Georgia pellucida Rabh. 67.
Geranium lucidum L. 30, 34, 48, 50, 85, 90, XI.
G. robertianum L. 57, 58, 66, LI.
G. sanguineum L. 60, 63, 65, 92.
G. silvaticum L. 18, 65.
Geum aleppicum Jacq. 17, 19, 73, 77, 82, 96, 97, XXXV.
G. rivale L. 66, 76.
Gladiolus imbricatus L. 22, 49, 68, 73, 75, 77.
Glaux maritima L. 53, 90.
Glyceria aquatica (L.) Wahlenb. 54, 68, 70, 73, 77.
G. lithuanica Lindm. 69, 75, 94.
Goodyera repens R. Br. 17.
Grimmia Hartmannii Schimp. 49.
Gymnadenia conopsea R. Br. 46.
G. odoratissima Rich. 46, 61, 88, 92, XXIII.
Gymnostomum rupestre Schleich. 58, 91.
Gypsophila fastigiata L. 28, 29, 54, 69, 73, 76, 77, 78, 84, 95, 96, 97, XXXIII.
G. muralis L. 70.

Hedera helix L. 43, 48, 50, 51, 89, 90, I.
Helianthemum vulgare Gaertn. 29, 47, 57, 60, 64, 87, 89, 91, 93.
Helichrysum arenarium (L.) DC. 28, 35, 73, 76, 77, 78, 84, 96, 97, XXXII.
Helleborine atropurpurea Sch. et Thell. 43, 70.
H. latifolia Druce 18, 44, 69.

H. palustris Schrank 46.
Helodea canadensis L. C. Rich. 76.
Hepatica triloba Gil. 9, 17, 44, 45, 58, 60, 63, 65, 72, 79, 82, 89, 92, 94, 95.
Heracleum sibiricum L. 20.
Hieracium caesium Fr. 22.
H. murorum L. 57.
H. pilosella L. 60.
H. silvaticum L. 22.
H. umbellatum L. 17.
H. vulgatum Fr. 18.
Hierochloë australis Roem. et Schult. 45, 64.
Hippuris vulgaris L. 32.
Homalothecium sericeum Bryol. eur. 58.
Honckenya peploides Ehrh. 17, 42, 53, 55, 70, 90.
Hottonia palustris L. 49, XV.
Hutchinsia petraea (L.) R. Br. 30, 34, 47, 48, 85, 87, VIII.
Hydrocharis morsus ranae L. 18, 82.
Hydrocotyle vulgaris L. 25, 26, 34, 48, 50, 84, 90, V.
Hylocomium proliferum Lindb. 43, 45, 75, 97.
Hymenostylium curvirostre Lindb. 49.
Hypericum hirsutum L. 20, 43, 45, 78, 79, 98.
H. montanum L. 23, 48, 83.
H. quadrangulum L. 20.
Hypochoeris maculata L. 70.
Impatiens noli tangere L. 18, 66.
Inula britannica L. 54, 70, 73, 77.
I. salicina L. 78, 98.
Iris pseudacorus L. 22, 72, LXVIII, LXX.
I. sibirica L. 68, 73, 75.
Isatis tinctoria L. 30, 34, 41, 53, 55, 85, 87, 90, XVIII.
Isoëtes echinosporum Durieu 21, 66, XL.
I. lacustre L. 21, 66, 76, 77, XXVI.
Jasione montana L. 30, 76, 77, 97.

- Juncus balticus* Willd. 55, 91.
J. bufonius L. 32.
J. Gerardi Loisel. 13, 41, 53, 55, 87, 90.
J. ranarius Song. et Perr. 32, 53, 55, 90.
J. squarrosus L. 25, 26, 34, 54, 73, 84, XVII.
J. stygius L. 16, 81.
J. subnodulosus Schr. 25, 26, 34, 46, 48, 50, 51, 84, 88, 90, IV.
J. supinus Moench. 21, 25, 26, 34, 48, 50, 84, 90, IV.
Juniperus communis L. 5, 87, XLVII, LVI.

Koeleria glauca (Schk.) DC. 28, 29, 30, 35, 54, 75, 76, 77, 78, 84, 97, XXXVIII.
K. grändis (Bess.) K. Dom. 28, 78, 84, 97.

Lactuca muralis Fres. 22.
Lamium galeobdolon (L.) Crtz. 23, 49, 58, 63, 65, 83.
L. maculatum L. 18, 58, 92.
Lappula echinata Gil. 78, 98.
Laserpitium latifolium L. 23, 45, 83.
Lathraea squamaria L. 22, 63.
Lathyrus maritimus (L.) Bigelow 53, 55, 70, 90, 91.
L. niger Bernh. 78, 98.
L. pisiformis L. 49, 60, 69, XXIX.
L. pratensis L. 17.
L. silvestris L. 65.
L. vernus (L.) Bernh. 18, 63, 65.
Ledum palustre L. 6, 16, 82.
Leersia oryzoides Swartz 77.
Lemna gibba L. 33.
L. minor L. 32.
L. trisulca L. 32.
Lepidium latifolium L. 41, 55, 87.
Leucobryum glaucum Schimp. 44, 50.
L. glaucum Schimp. var. *albidum* Web. et Mohr 49.

Ligularia sibirica (L.) Cass. 19, 20, 73, 74, 82, 96, XXXV.
Limosella aquatica L. 32, 53, 85.
Linaria vulgaris Mill. 30.
Linnaea borealis L. 7, 16, 50, 54, 82, 89, 91.
Linum catharticum L. 47.
Liparis Loeselii Rich. 21, 46, 51, 78, 88, 98.
Listera cordata R. Br. 17.
L. ovata R. Br. 45.
Lithospermum arvense L. 31.
L. officinale L. 43, 78, 98.
Litorella uniflora (L.) Asch. 25, 26, 34, 48, 50, 51, 84, 90, II.
Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm. 67.
Lobelia Dortmanna L. 24, 66, 76, 77, 84, XL.
Lonicera coerulea L. 6, 18, 49, 61, 63, 78, 89, 92, 93, 98.
L. xylosteum L. 6, 18, 58, 63, 65.
Lophozia barbata (Schm.) Dum. 45.
Lotus corniculatus L. 29.
Lunaria rediviva L. 23, 58, 83, 92, XXI, LIX.
Luzula campestris (L.) Lam. et DC. 47.
L. pilosa (L.) Willd. 60.
Lycopodium annotinum L. 17.
L. clavatum L. 31.
L. complanatum L. 17, 54, 65, 67, 75, 97.
L. complanatum L. f. *anceps* (Wallr.) 76.
L. complanatum L. f. *chamaecyparissus* (A. Br.) 76.
L. inundatum L. 25, 34, 55, 67, 69, 76, 84, XXXVIII.
L. selago L. 31.
Lycopus europaeus L. 72.
Lyonia calyculata Richb. 6, 17, 19, 64, 66, 67, 68, 70, 72, 76, 77, 82, 94, 95, 96, XXVI.
Lysimachia nummularia L. 22.

- L. vulgaris* L. 66, 72.
Lythrum salicaria L. 32.
Majanthemum bifolium (L.) Schm. 18, 45, 75, 94, 97.
Malachium aquaticum Fries 49.
Malaxis paludosa Swartz 22.
Matricaria inodora L. var. *salina* (Rchb.) Lange 11.
Medicago falcata L. 28, 29, 35, 51, 67, 84, XXVIII.
M. lupulina L. 47, 87.
Melampyrum arvense L. 47.
M. cristatum L. 45, 64, 78.
M. nemorosum L. 45.
M. pratense L. 20, 65, 94, 97.
M. silvaticum L. 22.
Melandrium rubrum Garcke 22.
Melica nutans L. 43, 45, 63, 65.
Melilotus altissimus Thuill. 41.
M. dentatus Pers. 19.
Mentha aquatica L. 44.
M. arvensis L. 66.
Menyanthes trifoliata L. 75, LV.
Mercurialis perennis L. 22, 43, 45, 58, 69, 89, 92.
Milium effusum L. 17, 60, 63, 82.
Mnium hornum L. 44.
M. pseudopunctatum Bruch et Schimp. 67.
M. punctatum Hedw. 67.
M. undulatum (L.) Weis. 45.
Moehringia lateriflora Fenzl. 16, 69, 82, 95.
M. trinervia (L.) Clairv. 18.
Molinia coerulea Moench. 22.
Monotropa hypopitys L. 65.
Myrica gale L. 5, 6, 25, 34, 61, 63, 69, 84, 92, 93, XXIV.
Myriophyllum spicatum L. 32.
M. verticillatum L. 17.
Najas marina L. 32, 42, 53.
Nardus stricta L. 22, 83.
Nasturtium amphibium R. Br. 18, 49, 72, 82.
N. palustre DC. 32.
Neckera complanata Hüb. 58.
N. pennata Hedw. 67.
Neottia nidus avis Rich. 22, 43, 69.
Nuphar luteum Sibth. et Sm. 18, 82.
N. pumilum (Timm) DC. 18, 82.
Nymphaea alba L. 22, LXII.
N. candida Presl 20.
Obione pedunculata Moq. 42, 48, 51, 88, 90.
Odontites litoralis Fr. 41, 55, 87.
Onoclea struthiopteris (L.) Hoffm. 17, 59, LX.
Ononis hircina Jacq. 28, 35, 51, 68, 84, XX.
O. repens L. 62, 93.
Ophioglossum vulgatum L. 31, 41, 45, 55.
Ophrys muscifera Huds. 22, 44, 46, 63, 68, 69, 73, 76, 83, 93, 95, XXV.
Orchis incarnatus L. 22, 46, 61.
O. incarnatus L. var. *ochroleuca* Boll 46, 61.
O. latifolius L. 18.
O. maculatus L. 18, 44, 45, 46, 61, 62.
O. masculus L. 22, 45, 61, 83, 88, 93.
O. militaris L. 45, 61, 63, 88, 92, 93.
O. morio L. 22, 45, 48, 83, 88, XI.
O. sambucinus L. 22, 45, 48.
O. Traunsteineri Sauter 22, 61.
O. ustulatus L. 22, 45, 61, 63, 83, 88.
Origanum vulgare L. 18, 60, 65, 77.
Orobanche libanotidis Opiz 45.
O. maior L. 45.
O. pallidiflora Wimm. et Grab. 45.
Ostericum palustre Bess. 13, 21, 73, 74, 83, 96, XIII.
Oxalis acetosella L. 17, 94, 97.
Oxycoccus microcarpus Turcz. 16, 82.
O. palustris Pers. 16, 82.
Oxytropis pilosa DC. 28, 29, 35, 51, 65, 67, 84, XXX.
Paludella squarrosa Brid. 7.
Papaver-argemone L. 31, 47.

- P. dubium* L. 31, 47.
P. rhoeas L. 31, 47.
Paris quadrifolia L. 18.
Parnassia palustris L. 17, 66.
Pedicularis palustris L. 66.
P. sceptrum carolinum L. 19.
Peplis portula L. 22.
Petasites spurius (Retz.) Rchb. 55, 77, 91.
Peucedanum orioselinum (L.) Moench 73, 74, 96.
P. palustre (L.) Moench 20, 75.
Phalaris arundinacea L. 72, 96.
Phleum Boehmeri Wibel 28, 29, 35, 47, 57, 60, 64, 67, 69, 84, 87, 92, 93, 96, XXVII.
Phragmidium arcticum Lagh. 14.
Phragmites communis Trin. 32, 41, 59.
Phyteuma spicatum L. 22, 49.
Picea excelsa (Lam.) Lk. 5, 66, 88, 94, 95, LXII, LXIV.
Pimpinella maior (L.) Huds. 18.
P. saxifraga L. 20, 47, 60, 77, 87.
Pinguicula alpina L. 7, 15, 16, 26, 46, 51, 81, 88, 90, III.
P. vulgaris L. 16, 46, 73, 82.
Pinus silvestris L. 5, 18, 82, 88, XLIII, LI, LIII, LIV, LXV, LXVII, LXXI.
P. silvestris L. f. *turfosa* Woehri. LXIII, LXVII.
Plantago lanceolata L. 47.
P. maior L. 32.
P. maritima L. 41, 53, 55, 87, 90.
P. media L. 47.
Platanthera bifolia (L.) Rich. 20, 45.
P. chlorantha (Custer) Rchb. 45, 75.
Pleurozium Schreberi Mitt. 43, 65.
Poa alpina L. 5, 57, 62, 81, 92.
P. compressa L. 29, 47, 60, 78, 87.
P. nemoralis L. 43.
P. remota Forselles 43, 72.
Polemonium coeruleum L. 64, 70, 93.
Polygala amarella Crantz 22.
P. comosa Schkuhr 18.
P. vulgaris L. 22.
Polygonatum multiflorum All. 18, 58.
P. officinale All. 18.
Polygonum amphibium L. LXX.
P. aviculare L. 33.
P. bistorta L. 16, 52, 76, 82, 97.
P. hydropiper L. 17.
P. oxyspermum Mey et Bge. 48, 50.
P. viviparum L. 7, 15, 46, 81.
Polypodium vulgare L. 31, 54.
Populus tremula L. 5, 18, 82, LXIX.
Potamogeton alpinus Balb. 17.
P. compressus L. 17.
P. crispus L. 32.
P. filiformis Pers. 32, 53, 55, 90.
P. gramineus L. 17.
P. lucens L. 17.
P. mucronatus Schrad. 17.
P. natans L. 32, 85.
P. pectinatus L. 32.
P. perfoliatus L. 32, 85.
P. polygonifolius Pourret 32.
P. praelongus Wulff. 17.
P. pusillus L. 32.
Potentilla anserina L. 11, 32, 33.
[P. arenaria Borkh.] 27.
P. arenaria Borkh. × *P. Tabernaemontani* Aschers. 47.
P. Crantzii Beck 15, 47, 81.
P. erecta (L.) Hampe 20, 44, 66.
P. fruticosa L. 6, 61, 93, XXII.
P. intermedia L. 19, 82.
P. reptans L. 62, 93, XXIV.
Pottia Heimii Bryol. eur. 41.
Preissia commutata Nees 46.
Primula farinosa L. 15, 46, 55, 66, 69, 73, 81, 88, 95, XLIX.
P. officinalis Jacq. 45, 65.
Prunus padus L. 5, 18, 82.
P. spinosa L. 6, 43, 57, 89.
Pteridium aquilinum Kuhn 31.
Ptilium crista castrensis De Not. 43.
Puccinellia distans Parl. 41.

- P. maritima* Parl. 42, 53, 88, 90.
P. retroflexa O. R. Holmb. 41.
Pulmonaria angustifolia L. 79.
P. officinalis L. 22, 60, 63, 65, 72, 79, 92, 94, 95.
Pulsatilla patens Mill. 30, 65, 70, 75, 76, 97, XIV.
P. pratensis Mill. L.
Pyrola chlorantha Sw. 17.
P. media Sw. 18.
P. minor L. 17.
P. rotundifolia (L.) Fern. 17.
P. uniflora L. 17.
Pyrus malus L. 5, 21, 61, 78.
Quercus robur L. 5, 21, 72, 83, 89, L, LVII, LXII.
Radiola linoides Roth. 25, 26, 34, 48, 50, 84, 90, III.
Ramischia secunda Garcke 17, 44.
Ranunculus acer L. 11, 76.
R. auricomus L. 22.
(R. Breynius Cr.) 23.
R. Baudotii Godr. 55.
R. bulbosus L. 47, 62, 87, 93.
R. cassubicus L. 22.
R. lanuginosus L. 21, 64, 93.
R. lingua L. 71.
R. nemorosus DC. 23, 48, 83.
R. polyanthemus L. 28, 43, 84.
R. repens L. 11, 66.
Raphanus raphanistrum L. 31.
Reboulia hemisphaerica (L.) Raddi 49.
Reseda lutea L. 31.
Rhacomitrium canescens Brid. LII.
Rhamnus cathartica L. 5, 20, XLVIII.
R. frangula L. 20, 46.
Rhynchospora alba Vahl 55, 61, 66, 76, 93, LV, LXIII.
R. fusca (L.) Roem. et Schult. 25, 26, 34, 84, VII.
Rhytidadelphus triquetrus Warnst. 43, 44, 45, 97.
Ribes alpinum L. 6, 18, 58, 89,
R. nigrum L. 6, 18, 58.
R. pubescens Hedl. 6, 18, 58.
Rosa canina L. 6, 21, 83.
R. cinnamomea L. 5, 18.
R. coriifolia Fries 6, 21, 43, 62, 83, 89, 93.
R. dumetorum Thuill. 6, 21, 43, 89.
R. glauca Vill. 6, 21, 43, 61, 83.
R. mollis Sm. 6, 43, 89.
R. pomifera Herrm. 21.
R. rubiginosa L. 6, 21, 83.
R. tomentosa Sm. 21, 83.
Rubus arcticus L. 7, 14, 68, 69, 81, 94, XLI, LXIV.
R. chamaemorus L. 7, 82.
R. saxatilis L. 16, 65, 82.
Rumex acetosa L. 11.
R. acetosella L. 11.
Ruppi 42.
R. maritima L. 32.
R. spiralis (L.) Dumort. 32.
Sagina maritima G. Don. 41.
Sagittaria sagittifolia L. 18, 82.
Salicornia herbacea L. var. *patula* Du v. J. 32, 42, 53, 55, 88, 90, 91.
Salix acutifolia Willd. 19, 20, 70, 82, 95.
S. alba L. 18.
S. aurita L. 5, 18.
S. caprea L. 5, 18, 43, 58, 82, 89, 92.
S. cinerea L. 5, 18, 46, 75.
[S. herbacea L.] 7.
S. lapponum L. 5, 7, 15, 81.
S. livida Whlbn. 5, 16, 81.
S. myrtilloides L. 5, 16, 81.
S. nigricans Sm. 5, 18, 46, 75.
S. pentandra L. 5, 18, 75, 82.
S. phlycticifolia (L.) Sm. 5, 7, 16, 75, 82.
[S. polaris Wahlenb.] 7.
S. repens L. 5, 18.
[S. reticulata L.] 7.
S. rosmarinifolia L. 5, 21.
S. triandra L. 5, 18, 20, 46, 70, 75.
S. viminalis L. 18, LXXI.
Salsola kali L. 17, 31, 53, 70, 90.

- Samolus Valerandi* L. 32, 48, 51, X.
Sanguisorba minor Scop. 31.
S. officinalis L. 49, 61, 63, 68, 92, 93, XXII.
Sanicula europaea L. 22, 43, 63, 79.
Satureja acinos (L.) Scheele 77.
S. vulgaris (L.) Fritsch 43, 65.
Saussurea alpina (L.) DC. 7, 15, 49, 61, 63, 68, 69, 81, 92, 93, XXIX.
(S. alpina DC. ssp. *esthonica* (Baer) Kupff.) 15.
(S. esthonica Baer) 15.
Saxifraga adscendens L. 15, 16, 57, 81, 92, XXI.
[S. caespitosa L.] 7.
S. granulata L. 76, XXXIX.
S. hirculus L. 15, 49, 68, 73, 77, 81, 93, XIV.
S. tridactylites L. 30, 34, 47, 57, 67, 69, 78, 85, 87, 92, 98, XXXI.
Scabiosa columbaria L. 47, 48, 87.
Scheuchzeria palustris L. 66, 76, LXVII.
Schoenus ferrugineus L. 15, 16, 26, 46, 61, 63, 69, 73, 76, 78, 88, 92, 95.
S. ferrugineus L. $\times$ *S. nigricans* L. 26, 46, 88.
S. nigricans L. 27, 32, 46, 48, 50, 51, 84, 88, 90, V.
Scirpus acicularis L. 32, 53, 85, 90.
S. lacustris L. 32, LXX.
S. maritimus L. 32, 41, 55, 85, 87.
S. parvulus Roem. et Schult. 32, 42, 53.
S. rufus Schrad. 55.
S. Tabernaemontani Gmel. 18, 41, 55, 87, LIH.
S. uniglumis Lk. 41, 53, 55.
Scleropodium purum Limpr. 44.
Scolochloa festucacea Lk. 17, 19, 35, 54, 69, 72, 73, 74, 77, 82, 95, 96, 97, XXXIV, LXV.
Scorpidium scorpioides Limpr. 7, 46.
Scorzonera humilis Jacq. 15, 45, 63, 88, L, LVIII.
Scrophularia nodosa L. 20.
Scutellaria galericulata L. 44.
S. hastifolia L. 28, 29, 35, 51, 53, 56, 62, 84, 91, XVIII.
Sedum album L. 47, 57, 87, XIII.
S. maximum Suter 57.
Selaginella selaginoides Lk. 7, 15, 51, 61, 63, 81, 92, XXIII.
Selinum carvifolia L. 20, 45.
Sempervivum soboliferum Sims 28, 29, 35, 67, 73, 76, 77, 78, 84, 96, 97, XXXII.
Senecio integrifolius (Lam.) Clairv. 28, 29, 35, 51, 57, 69, 83, 84, 90, XXXI.
S. paludosus L. 75.
Seseli libanotis (L.) Koch 28, 29, 35, 45, 57, 64, 67, 73, 78, 84, 93, 96, 98, XXVIII.
Sesleria coerulea Scop. ssp. *uliginosa* Cel. 22, 29, 43, 45, 46, 47, 55, 60, 66, 69, 73, 87, 88, 95.
Sieglingia decumbens (L.) Bernh. 22, 47.
Silene chlorantha (Willd.) Ehrh. 27, 28, 29, 35, 69, 76, 77, 84, 97, XXXVI.
S. tatarica Pers. 28, 35, 69, 76, 84, 97, XXXVI.
S. viscosa Pers. 27, 28, 29, 30, 35, 54, 84, 91, XVI.
Sium erectum Huds. 47.
S. latifolium L. 20, 47.
Solanum dulcamara L. 44, 75.
Solidago virgaurea L. 17.
Sorbus aucuparia L. 5, 18, 21, 43, 89.
S. salicifolia Hedl. 5, 6, 21, 48, 50, 51, 83, 90.
S. suecica (L.) Krok et Almqvist 5, 6, 21, 83, XII, XLIV.
Sparganium affine Schnizl. 76.
S. Friesii Beurl. 66.
S. glomeratum Laest. 16, 68, 81.
Spergularia marginata Kittel 32.
S. salina Presl 32, 55.
Sphagnum fuscum (Schmp.) Klinggr. LXVII.
S. medium Limpr. LXVII.

- S. molluscum* Bruch 61.
Spirodela polyrrhiza Schleid. 32.
Stachys betonica Crtz. 22.
S. palustris L. 72, 75.
S. silvaticus L. 18, 58.
Stellaria crassifolia Ehrh. 16, 82.
S. holostea L. 22, 63.
S. longifolia Mühlenb. 17, 69, 82.
S. media (L.) Vill. 32.
S. nemorum L. 9, 10, 18.
S. palustris Ehrh. 75.
S. uliginosa Murr. 69.
Stratiotes aloides L. 20.
Suaeda maritima (L.) Dum. *fili-
 formis (Dum.) Graebn. 32, 42,
 48, 88.
Subularia aquatica L. 17.
Succisa pratensis Moench 20.
Swertia perennis L. 74, 96.
Symphytum officinale L. 49, 75.

Taraxacum balticum Dahlst. 41.
T. palustre DC. 41, 62, 93.
Taxus baccata L. 5, 6, 25, 34, 43,
 48, 50, 51, 84, 89, 90, I, XLVI.
Tetragonolobus siliquosus Roth 44,
 48.
Teucrium scordium L. ssp. *palustre*
 (Lam.) 46, 62, 93.
Thalictrum angustifolium Jacq. 28,
 35, 49, 68, 84.
T. aquilegifolium L. 18.
T. flavum L. 20.
Thesium ebracteatum Hayne 62,
 84, 93.
Thuidium abietinum Bryol. eur.
 47.
Thymus glaber Miller 77.
T. serpyllum L. 41, 47, 53, 60, 87.
Tilia cordata Mill. 5, 18, 82, 89, 92.
 XLV, LXI, LXIX.
Timmia bavarica Hessel. 58, 91.
T. megapolitana Hedw. 58, 91.
Tofieldia calyculata (L.) Wahlenb. 16, 46, 51, 61, 63, 64, 68,
 69, 73, 76, 88, 92, 93, 95, XXV.
Tortella inclinata Limpr. 49.

T. tortuosa Limpr. 47.
Trichocolea tomentella (Ehrh.)
 Dum. 69.
Trichophorum alpinum (L.) Pers.
 15.
T. austriacum Palla 55, 61, 64,
 66, 67, 72, 93, 94, 97, LV.
Trichostomum crispulum Bruch
 49.
Trientalis europaea L. 16, 75, 82.
Trifolium alpestre L. 23, 24, 83.
T. fragiferum L. 41, 55, 62.
T. montanum L. 23, 24, 29, 47, 57,
 60, 83, 87, 92.
Triglochin maritima L. 41, 53, 55,
 87, 90.
Trollius europaeus L. 22, 63.
Typha angustifolia L. 32, 85.
T. latifolia L. 32, 85.

Ulmus montana With. 5, 18, 89,
 92, LXI.
U. pedunculata Foug. 5, 21, 83.
Ulotia americana Mitt. 58, 91.
Urtica dioeca L. 32.
Utricularia intermedia Hayne 17.
U. minor L. 17.
U. vulgaris L. 17.

Vaccinium myrtillus L. 7, 16, 65, 82,
 89, 94, 97.
V. uliginosum L. 16.
V. vitis idaea L. 7, 16, 60, 65, 82,
 89, 94, 97.
Valerianella dentata Poll. 47.
V. olitoria Poll. 47.
Verbascum nigrum L. 77.
V. thapsus L. 65, 77.
Veronica hederifolia L. 47.
V. longifolia L. 68, 75.
V. spicata L. 28, 29, 35, 44, 47, 84,
 87.
V. teucrium L. 20.
Verrucaria maura Wahlenb. 41,
 53.
Viburnum opulus L. 6, 18, 46.
Vicia cassubica L. 28, 29, 35, 48, 51,
 84, IX.

- V. sepium* L. 20, 65.
V. silvatica L. 20, 65.
Viola arvensis Murray 32.
V. collina Besser 60, 78, 98.
V. elatior Fries 20.
V. epipsila Led. 19, 66.
V. mirabilis L. 18, 45, 60, 63, 65.
V. palustris L. 66.
V. pumila Chaix 27, 28, 29, 35, 48, 51, 84, IX.
V. Riviniana Rchb. 22.
V. uliginosa Besser 28, 35, 68, 73, 84, 95.
- Viscaria vulgaris* Roehl. 20, 76.
Weingaertneria canescens Bernh. 25, 34, 84.
[*Woodsia ilvensis* Bab.] 57.
Xanthoria parietina (L.) Th. Fr. 41.
Zannichellia 42.
Z. pedunculata Rchb. 32, 53, 55, 90.
Z. repens Boenn. 53, 55, 90.
Zostera marina L. 42, 53, 90.
Zygodon viridissimus Brown 41.

Sisukord.

Eessõna	3
I. Eesti pärismaine floora, selle teke ja selles esinevad flooraelemendid	5
1. Arktiline ja arktoalpiinne element	14
2. Euraasia-boreoameerika element	16
3. Euraasia element	18
4. Eurosiberi element	20
5. Euroopa element	21
6. Montaanne element	22
7. Atlantiline (pseudoatlantiline) element	24
8. Pontiline ja pontosarmaatiline element	27
9. Mediterraanne element	30
10. Boreotroopiline element	31
II. Eesti floora analüüsi tulemusi. Eesti taimegeograafiline liigestus	33
III. Saarte ja ranniku piirkond (<i>Districtus litoralis</i>)	40
1. Saarte valdkond (<i>Estonia maritima insularis</i>)	40
2. Ranniku-valdkond (<i>Estonia maritima litoralis</i>)	52
A. Põhjaranniku alavaldkond (<i>Estonia maritima borealis</i>)	52
B. Häädemeeste alavaldkond (<i>Litorale heademeesteense</i>)	54
IV. Siluuri piirkond (<i>Districtus siluricus</i>)	56
1. Paekallas ehk klint (<i>Estonia clivosa</i>)	56
2. Loode-Eesti valdkond (<i>Estonia inferior</i>)	59
3. Pandivere valdkond (<i>Estonia superior</i>)	62
V. Subsiluuri piirkond (<i>Districtus subsiluricus</i>)	64
1. Vahe-Eesti valdkond (<i>Estonia intermedia</i>)	64
2. Alutaguse valdkond (<i>Alutagia</i>)	68
3. Lahkme-Eesti valdkond (<i>Estonia media</i>)	70
VI. Devooni piirkond (<i>Districtus devonicus</i>)	74
1. Kagu-Eesti valdkond (<i>Estonia orientalis</i>)	74
2. Irboska valdkond (<i>Estonia sarmatica</i>)	77
 Résumé. Aperçu géobotanique de l'Estonie	 80
 Tahvlid	 99
Liikide levimiskaardid	1—XLI
I. Lääneranniku ja saarte lääne-alavaldkond (<i>Estonia maritima occidentalis</i>)	XLII—XLVI
II. Lääneranniku ja saarte ida-alavaldkond (<i>Estonia maritima orientalis</i>)	XLVII—L

III. Põhjaranniku alavaldkond (<i>Estonia maritima borealis</i>)	LI, LII	
IV. Häädemeeste alavaldkond (<i>Litorale heademeesteense</i>)	LIII, LIV	
V. Loode-Eesti valdkond (<i>Estonia inferior</i>)	LV—LVII	
VI. Pandivere valdkond (<i>Estonia superior</i>)	LVIII	
VII. Paekalda alavaldkond (<i>Estonia clivosa</i>)	LIX—LXI	
VIII. Vahe-Eesti valdkond (<i>Estonia intermedia</i>)	LXII—LXIV	
IX. Alutaguse valdkond (<i>Alutagia</i>)	LXV—LXIX	
X. Lahkme-Eesti valdkond (<i>Estonia media</i>)	LXX	
XI. Kagu-Eesti valdkond (<i>Estonia orientalis</i>)	LXXI	
Kirjandus		130
Tekstis nimetatud liikide loetelu (<i>Énumération des espèces</i> . mentionnées dans le texte)		137
Sisukord		150

Eelmiste köidete sisu. — Contenu des volumes précédents.

A I (1921). 1. A. Paldrock. Ein Beitrag zur Statistik der Geschlechtskrankheiten in Dorpat während der Jahre 1909—1918. — 2. K. Väisälä. Verallgemeinerung des Begriffes der Dirichletschen Reihen. — 3. C. Schlossmann. Hapete mõju kolloidide peale ja selle tähtsus patoloogias. (L'action des acides sur les colloïdes et son rôle dans la pathologie.) — 4. K. Regel. Statistische und physiognomische Studien an Wiesen. Ein Beitrag zur Methodik der Wiesenuntersuchung. — 5. H. Reichenbach. Notes sur les microorganismes trouvés dans les pêches planctoniques des environs de Couda (gouv. d'Archangel) en été 1917. — **Misc.** F. Bucholtz. Der gegenwärtige Zustand des Botanischen Gartens zu Dorpat und Richtlinien für die Zukunft.

A II (1921). 1. H. Bekker. The Kuckers stage of the ordovician rocks of NE Estonia. — 2. C. Schlossmann. Über die Darmspirochäten beim Menschen. — 3. J. Letzmann. Die Höhe der Schneedecke im Ostbaltischen Gebiet. — 4. H. Kaho. Neutraalsoolade mõjust ultramaksimum-temperatuuri peale. *Tradescantia zebrina* juures. (Über den Einfluss der Neutralsalze auf die Temperatur des Ultramaximums bei *Tradescantia zebrina*.)

A III (1922). 1. J. Narbutt. Von den Kurven für die freie und die innere Energie bei Schmelz- und Umwandlungsvorgängen. — 2. A. Томсонъ (A. Thomson). Значение аммонійныхъ солей для питания высшихъ культурныхъ растений. (Der Wert der Ammonsalze für die Ernährung der höheren Kulturpflanzen.) — 3. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. I. Hälfte (S. I—VII und 1—96). — 4. A. Lüüs. Ein Beitrag zum Studium der Wirkung künstlicher Wüldunger Helenenquellensalze auf die Diurese nierenkranker Kinder. — 5. E. Öpik. A statistical method of counting shooting stars and its application to the Perseid shower of 1920. — 6. P. N. Kogerman. The chemical composition of the Estonian M.-Ordovician oil-bearing mineral „Kukersite“. — 7. M. Wittlich und S. Weshnjakow. Beitrag zur Kenntnis des estländischen Ölschiefers, genannt Kukersit. — **Misc.** J. Letzmann. Die Trombe von Odenpäh am 10. Mai 1920.

A IV (1922). 1. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. II. Hälfte (S. 97—188). — 2. A. Valdes. Glükogeeni hulka vähendavate tegurite mõju üle südame spetsiifilise lihassüsteemi glükogeeni peale. (Über den Einfluss der die Glykogenmenge vermindernden Faktoren auf das Glykogen des spezifischen Muskelsystems des Herzens.) — 3. E. Öpik. Notes on stellar statistics and stellar evolution. — 4. H. Kaho. Raskemetallsoolade kihvtisusest taimemasma kohta. (Über die Schwermetallgiftwirkung in bezug auf das Pflanzenplasma.) — 5. J. Piiper und M. Härms. Der Kiefernkreuzschnabel der Insel Ösel *Loxia pityopsittacus estiae* subsp. nov. — 6. L. Poska-Teiss. Zur Frage über die vielkernigen Zellen des einschichtigen Plattenepithels.

A V (1924). 1. E. Öpik. Photographic observations of the brightness of Neptune. Method and preliminary results. — 2. A. L ü ü s. Ergebnisse der Krüppelkinder-Statistik in Eesti. — 3. C. Sch l o s s m a n n. Culture in vitro des protozoaires de l'intestin humain. — 4. H. K a h o. Über die physiologische Wirkung der Neutralsalze auf das Pflanzenplasma. — 5. Y. K a u k o. Beiträge zur Kenntnis der Torfzersetzung und Verrotfung. — 6. A. T a m m e k a n n. Eesti diktiõneema-kihi uurimine tema tekkimise, vana-duse ja levimise kohta. (Untersuchung des Dictyonema-Schiefers in Estland nach Entstehung, Alter und Verbreitung.) — 7. Y. K a u k o. Zur Bestimmung des Verrotfungsgrades. — 8. N. W e i d e r p a s s. Eesti piparmündi-õli (*Oleum menthe esthicum*). (Das estnische Pfefferminzöl.)

A VI (1924). 1. H. Bekker. Mõned uued andmed Kukruse lademe stratigraafiast ja faunast. (Stratigraphical and paleontological supplements on the Kukruse stage of the ordovician rocks of Eesti (Estonia).) — 2. J. Wilip. Experimentelle Studien über die Bestimmung von Isothermen und kritischen Konstanten. — 3. J. Letzmann. Das Bewegungsfeld im Fuss einer fortschreitenden Wind- oder Wasserhose. — 4. H. Scupin. Die Grundlagen paläogeographischer Karten. — 5. E. Öpik. Photometric measures on the moon and the earth-shine. — 6. Y. Kauko. Über die Verrotfungswärme. — 7. Y. Kauko. Eigentümlichkeiten der H_2O - und CO_2 -Gehalte bei der unvollständigen Verbrennung. — 8. M. Tilzen und Y. Kauko. Die wirtschaftlichen Möglichkeiten der Anwendung von Spiritus als Brennstoff. — 9. M. Wittlich. Beitrag zur Untersuchung des Öles aus estländischem Ölschiefer. — 10. J. Wilip. Emergenzwinkel, Unstetigkeitsflächen, Laufzeit. — 11. H. Scupin. Zur Petroleumfrage in den baltischen Ländern. — 12. H. Richter. Zwei Grundgesetze (Funktion- und Strukturprinzip) der lebendigen Masse.

A VII (1925). 1. J. Vilms. Kõhreglükogeeni püsivusest mõne-suguste glükogeeni vähendavate tegurite puhul. (Über die Stabilität des Knorpelglykogens unter verschiedenen das Glykogen zum Verschwinden bringenden Umständen.) — 2. E. Blessig. Ophthalmologische Bibliographie Russlands 1870—1920. Nachtrag. — 3. O. Kuriks. Trachoma Eestis (eriti Tartus) möödunud ajal ja praegu. (Das Trachom in Estland (insbesondere in Dorpat) einst und jetzt.) — 4. A. Brandt. Sexualität. Eine biologische Studie. — 5. M. Haltenberger. Gehört das Baltikum zu Ost-, Nord- oder zu Mitteleuropa? — 6. M. Haltenberger. Recent geographical work in Estonia.

A VIII (1925). 1. H. Jaakson. Sur certains types de systèmes d'équations linéaires à une infinité d'inconnues. Sur l'interpolation. — 2. K. Frisch. Die Temperaturabweichungen in Tartu (Dorpat) und ihre Bedeutung für die Witterungsprognose. — 3. O. Kuriks. Muutused leeprahaigete silmas Eesti leprosooriumide haigete läbivaatamise põhjal. (Die Lepra des Auges.) — 4. A. Paldrock. Die Senkungsreaktion und ihr praktischer Wert. — 5. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse- (C_2) -Stufe in Eesti. I. — 6. M. Wittlich. Einiges über den Schwefel im estländischen Ölschiefer (Kukersit)

und dessen Verschmelzungsprodukten. — 7. H. Kaho. Orientierende Versuche über die stimulierende Wirkung einiger Salze auf das Wachstum der Getreidepflanzen. I.

A IX (1926). 1. E. Krahn. Über Minimaleigenschaften der Kugel in drei und mehr Dimensionen. — 2. A. Mieler. Ein Beitrag zur Frage des Vorrückens des Peipus an der Embachmündung und auf der Peipusinsel Pirisaar in dem Zeitraum von 1682 bis 1900. — 3. M. Haltenberger. Der wirtschaftsgeographische Charakter der Städte der Republik Eesti. — 4. J. Rumma. Die Heimatforschung in Eesti. — 5. M. Haltenberger. Der Stand des Aufnahme- und Kartenwesens in Eesti. — 6. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. I. — 7. A. Tamme Kann. Die Oberflächengestaltung des nordostestländischen Küstentafellandes. — 8. K. Frisch. Ein Versuch das Embachhochwasser im Frühling für Tartu (Dorpat) vorherzubestimmen.

A X (1926). 1. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. II—III. — 2. H. Scupin. Alter und Herkunft der ostbaltischen Solquellen und ihre Bedeutung für die Frage nach dem Vorkommen von Steinsalz im baltischen Obersilur. — 3. Th. Lippmaa. Floristische Notizen aus dem Nord-Altai nebst Beschreibung einer neuen *Cardamine*-Art aus der Sektion *Dentaria*. — 4. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. I. Allgemeiner Teil. — 5. E. Piipenberg. Eine städtemorphographische Skizze der estländischen Hafenstadt Pärnu (Pernau). — 6. E. Spohr. Über das Vorkommen von *Sium erectum* Huds. und *Lemna gibba* L. in Estland und über deren nordöstliche Verbreitungsgrenzen in Europa. — 7. J. Wilip. On new precision-seismographs.

A XI (1927). 1. Th. Lippmaa. Pigmenttypen bei Pteridophyta und Anthophyta. II. Spezieller Teil. — 2. M. Haltenberger. Landeskunde von Eesti. IV—V. — 3. H. Scupin. Epirogenese und Orogenese im Ostbaltikum. — 4. K. Schlossmann. Mikroorganismide kui bioloogiliste reaktiivide tähtsusest keemias. (Le rôle des ferments microbiens dans la chimie.) — 5. J. Sarv. Ahmese geomeetriselised joonised. (Die geometrischen Figuren des Ahmes.) — 6. K. Jaanson-Orviku. Beiträge zur Kenntnis der Aseri- und der Tallinna-Stufe in Eesti. I.

A XII (1927). 1. E. Reinwaldt. Beiträge zur Muriden-Fauna Estlands mit Berücksichtigung der Nachbargebiete. — 2. A. Öpik. Die Inseln Odensholm und Rogö. Ein Beitrag zur Geologie von NW-Estland. — 3. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂)-Stufe in Eesti. II. — 4. Th. Lippmaa. Beobachtungen über durch Pilzinfektion verursachte Anthocyaninbildung. — 5. A. Laur. Die Titration des Ammoniumhydrosulfides mit Ferricyankalium. — 6. N. King. Über die rhythmischen Niederschläge von PbJ₂, Ag₂CrO₄ und AgCl im kapillaren Raume. — 7. P. N. Kogerman and J. Kranig. Physical constants of some alkyl carbonates. — 8. E. Spohr. Über brunsterzeugende Stoffe im Pflanzenreich. Vorläufige Mitteilung.

A XIII (1928). 1. J. Sarv. Zum Beweis des Vierfarbensatzes. — 2. H. Scupin. Die stratigraphische Stellung der Devonschichten im Südosten Estlands. — 3. H. Perlitz. On the parallelism between

the rate of change in electric resistance at fusion and the degree of closeness of packing of meallitic atoms in crystals. — 4. K. Frisch. Zur Frage der Luftdruckperioden. — 5. J. Port. Untersuchungen über die Plasmakoagulation von *Paramaecium caudatum*. — 6. J. Sarw. Direkte Herleitung der Lichtgeschwindigkeitsformeln. — 7. K. Frisch. Zur Frage des Temperaturanstiegens im Winter. — 8. E. Spöhr. Über die Verbreitung einiger bemerkenswerter und schutzbedürftiger Pflanzen im Ostbaltischen Gebiet. — 9. N. Rågo. Beiträge zur Kenntnis des estländischen Dictyonemaschiefers. — 10. C. Schlossmann. Études sur le rôle de la barrière hémato-encéphalique dans la genèse et le traitement des maladies infectieuses. — 11. A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃)-Stufe in Eesti. III.

A XIV (1929). 1. J. Rives. Über die histopathologischen Veränderungen im Zentralnervensystem bei experimenteller Nebenniereninsuffizienz. — 2. W. Wadi. Kopsutuberkuloosi areng ja kliinilised vormid. (Der Entwicklungsgang und die klinischen Formen der Lungentuberkulose.) — 3. E. Markus. Die Grenzverschiebung des Waldes und des Moores in Alatskivi. — 4. K. Frisch. Zur Frage über die Beziehung zwischen der Getreideernte und einigen meteorologischen Faktoren in Eesti.

A XV (1929). 1. A. Nõmmik. The influence of ground limestone on acid soils and on the availability of nitrogen from several mineral nitrogenous fertilizers. — 2. A. Öpik. Studien über das estnische Unterkambrium (Estonium). I—IV. — 3. J. Nuut. Über die Anzahl der Lösungen der Vierfarbenaufgabe. — 4. J. Nuut. Über die Vierfarbenformel. — 5. J. Nuut. Topologische Grundlagen des Zahlbegriffs. — 6. Th. Lippmaa. Pflanzenökologische Untersuchungen aus Norwegisch- und Finnisch-Lappland unter besonderer Berücksichtigung der Lichtfrage.

A XVI (1930). 1. A. Paris. Über die Hydratation der Terpene des Terpinenöls zu Terpinhydrat durch Einwirkung von Mineralsäuren. — 2. A. Laur. Die Anwendung der Umschlagselektroden bei der potentiometrischen Massanalyse. Die potentiometrische Bestimmung des Kaliums. — 3. A. Paris. Zur Theorie der Strömungsdoppelbrechung. — 4. O. Kuriks. Pisarate toimest silma mikrofloorasse. (Über die Wirkung der Tränen auf die Mikroflora des Auges.) — 5. K. Orviku. Keskdevoni põhikihid Eestis. (Die untersten Schichten des Mitteldevons in Eesti.) — 6. J. Kopwille. Über die thermale Zersetzung von estländischem Ölschiefer Kukersit.

A XVII (1930). 1. A. Öpik. Brachiopoda Protremata der estländischen ordovizischen Kukruse-Stufe. — 2. P. W. Thomson. Die regionale Entwicklungsgeschichte der Wälder Estlands.

A XVIII (1930). 1. G. Vilberg. Erneuerung der Loodvegetation durch Keimlinge in Ost-Harrien (Estland). — 2. A. Parts. Über die Neutralsalzwirkung auf die Geschwindigkeit der Ionenreaktionen. — 3. Ch. R. Schlossmann. On two strains of yeast-like organisms cultured from diseased human throats. — 4. H. Richter. Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen. — 5. H. Arro. Die Metalloxyde als photo-

chemische Sensibilatoren beim Bleichen von Methylenblaulösung. — **6.** A. Luha. Über Ergebnisse stratigraphischer Untersuchungen im Gebiete der Saaremaa-(Ösel-)Schichten in Eesti (Unterösel und Eurypterusschichten). — **7.** K. Frisch. Zur Frage der Zyklonenvertiefung. — **8.** E. Markus. Naturkomplexe von Alatskivi.

A XIX (1931). **1.** J. Uudelt. Über das Blutbild Trachomkranker. — **2.** A. Öpik. Beiträge zur Kenntnis der Kukruse-(C₂-C₃-)Stufe in Eesti. IV. — **3.** H. Liedemann. Über die Sonnenscheindauer und Bewölkung in Eesti. — **4.** J. Sarw. Geomeetria alused. (Die Grundlagen der Geometrie.)

A XX (1931). **1.** J. Kuusk. Glühaufschliessung der Phosphorite mit Kieselsäure zwecks Gewinnung eines citrallöslichen Düngmittels. — **2.** U. Karell. Zur Behandlung und Prognose der Luxationsbrüche des Hüftgelenks. — **3.** A. Laur. Beiträge zur Kenntnis der Reaktion des Zinks mit Kaliumferrocyanid. I. — **4.** J. Kuusk. Beitrag zur Kalisalzgewinnung beim Zementbrennen mit besonderer Berücksichtigung der estländischen K-Mineralien. — **5.** L. Rinne. Über die Tiefe der Eisbildung und das Auftauen des Eises im Niederungsmoor. — **6.** J. Wilip. A galvanometrically registering vertical seismograph with temperature compensation. — **7.** J. Nuut. Eine arithmetische Analyse des Vierfarbenproblems. — **8.** G. Barkan. Dorpats Bedeutung für die Pharmakologie. — **9.** K. Schlossmann. Vanaduse ja surma mõistetud ajakohaste bioloogiliste andmete alusel. (Über die Begriffe Alter und Tod auf Grund der modernen biologischen Forschung.)

A XXI (1931). **1.** N. Kwaschnin-Ssamarin. Studien über die Herkunft des osteuropäischen Pferdes. — **2.** U. Karell. Beitrag zur Ätiologie der arteriellen Thrombosen. — **3.** E. Krahn. Über Eigenschwingungszahlen freier Platten. — **4.** A. Öpik. Über einige Karbonatgesteine im Glazialgeschiebe NW-Estlands. — **5.** A. Thomson. Wasserkulturversuche mit organischen Stickstoffverbindungen, angestellt zur Ermittlung der Assimilation ihres Stickstoffs von seiten der höheren grünen Pflanze.

A XXII (1932). **1.** U. Karell. An observation on a peculiarity of the cardiac opening reflex in operated cases of cardiospasmus. — **2.** E. Krahn. Die Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit des Vierfarbensatzes. — **3.** A. Audova. Der wirkliche Kampf ums Dasein. — **4.** H. Perlitz. Abstandsänderungen nächster Nachbaratome in einigen Elementen und Legierungen bei Umordnung aus der kubischen flächenzentrierten Anordnung in die kubische raumzentrierte oder die hexagonale dichteste Anordnung.

A XXIII (1932). **1.** J. Port. Untersuchungen über die Wirkung der Neutralsalze auf das Keimlingswachstum bezüglich der Abhängigkeit von ihrer Konzentration. — **2.** E. Markus. Chorogenese und Grenzverschiebung. — **3.** A. Öpik. Über die Plectellinen. — **4.** J. Nuut. Einige Bemerkungen über Vierpunktaxiome. — **5.** K. Frisch. Die Veränderungen der klimatischen Elemente nach den meteorologischen Beobachtungen von Tartu 1866—1930.

A XXIV (1933). **1.** M. Gross. In der Butter vorkommende Sprosspilze und deren Einwirkung auf die Butter. — **2.** H. Perlitz. Bemerkungen zu den Regeln über Valenzelektronenkonzentrationen in

binären intermetallischen Legierungen. — 3. A. Öpik. Über *Scolithus* aus Estland. — 4. T. Lippmaa. Aperçu général sur la végétation autochtone du Lautaret (Hautes-Alpes). — 5. E. Markus. Die südöstliche Moorbucht von Lauge. — 6. A. Sprantsman. Über Herstellung makroskopischer Thalliumkristalle durch Elektrolyse. — 7. A. Öpik. Über Plectamboniten.

A XXV (1933). 1. A. Öpik. Über einige Dalmanellacea aus Estland. — 2. H. Richter. Ergänzungen zu: „Die Relation zwischen Form und Funktion und das teleologische Prinzip in den Naturphänomenen“. Die Rolle, welche „Spirale“ und „Wirbel“ in den biologischen Phänomenen spielt, besonders auch in bezug auf die feinere Struktur des lebendigen Protoplasmas. — 3. T. Lippmaa ja K. Eichwald. Eesti taimed I (1—50). (Estonian plants.) — 4. E. Piipenberg. Die Stadt Stadt Petseri in Estland. — 5. A. Miljan. Vegetationsuntersuchungen an Naturwiesen und Seen im Otepääschen Moränengebiet Estlands. I. — 6. R. Livländer. On the colour of Mars. — 7. A. Tudeberg. Über die Theorie und die Anwendungsmethoden der Quadraturreihen.

A XXVI (1934). 1. E. Blessig. Index ophthalmologiae Balticus. — 2. E. Öpik. Atomic collisions and radiation of meteors. — 3. J. Tehver und A. Kriisa. Zur Histologie des Harnleiters der Haussäugetiere. — 4. H. Kaho. Leelissoolade toimest taimeraku deplasmolüüsile. (Über den Einfluss von Alkalisalzen auf die Deplasmolyse der Pflanzenzellen.) — 5. A. Öpik. Über Klitamboniten. — 6. A. Tudeberg. Über die Beweisbarkeit einiger Anordnungsansagen in geometrischen Axiomensystemen.

A XXVII (1934). 1. K. Lellep. Simulation von Geisteskrankheiten und deren Grenzzuständen. — 2. M. Tiitso. Hingamise erguliseist regulatsioonist. I teadaanne: Stenoosi toime inimese hingamisele. (Über die nervöse Atemregulation. I. Mitteilung: Der Einfluss der Stenose auf die menschliche Atmung.) — 3. M. Tiitso. Hingamise erguliseist regulatsioonist. II teadaanne: Inimese hingamisfrekvents kopsude erineva täitumise korral. (Über die nervöse Atemregulation. II. Mitteilung: Die Atemfrequenz des Menschen bei abnormen Lungenfüllungen.) — 4. M. Tiitso. Hingamise erguliseist regulatsioonist. III teadaanne: Proprioseptiivsete aferentside toimest hingamisele. (Über die nervöse Atemregulation. III. Mitteilung: Über die Auswirkung der propriozeptiven Afferenzen auf die Atmung.) — 5. J. Tehver and M. Keerd. The number of ribs in the ox and pig. — 6. A. Kärnsa. Über das Problem der Vorhersage des nächtlichen Temperaturminimums. — 7. K. Schlossmann. A study of bacterial carbohydrates with special reference to the tubercle bacillus. — 8. A. Öpik. *Ristnacrinus*, a new ordovician crinoid from Estonia. — 9. A. Kipper. Variation of surface gravity upon two Cepheids — δ Cephei and η Aquilae. — 10. E. Lepik. Fungi Estonici exsiccati, Uredinaceae. — 11. H. Perlit. The structure of the intermetallic compound Au_2Pb .

B I (1921). 1. M. Vasmer. Studien zur albanesischen Wortforschung. I. — 2. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 1. — 3. M. Vasmer. Osteuropäische Ortsnamen. — 4. W. Anderson. Der Schwank von Kaiser und Abt bei den Minsker Juden. — 5. J. Bergman. Quæstiunculae Horatianae.

B II (1922). 1. J. Bergman. Aurelius Prudentius Clemens, der grösste christliche Dichter des Altertums. I. — 2. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. I. Konsonandid. (Südweptische Lautgeschichte. I. Konsonantismus.) — 3. W. Wiget. Altgermanische Lautuntersuchungen.

B III (1922). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 2. — 2. M. A. Курчинский (M. A. Kurtzschinsky). Социальный законъ, случай и свобода. (Das soziale Gesetz, Zufall und Freiheit.) — 3. A. R. Cederberg. Die Erstlinge der estländischen Zeitungsliteratur. — 4. L. Kettunen. Lõunavepsa häälik-ajalugu. II. Vokaalid. (Südweptische Lautgeschichte. II. Vokalismus.) — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. [I.] — 6. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. I.

B IV (1923). 1. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. II. — 2. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 3. — 3. W. Anderson. Nordasiatische Flutsagen. — 4. A. M. Tallgren. L'ethnographie préhistorique de la Russie du nord et des États Baltiques du nord. — 5. R. Gutmann. Eine unklare Stelle in der Oxforder Handschrift des Rolandsliedes.

B V (1924). 1. H. Mutschmann. Milton's eyesight and the chronology of his works. — 2. A. Pridik. Mut-em-wija, die Mutter Amenhotep's (Amenophis') III. — 3. A. Pridik. Der Mitregent des Königs Ptolemaios II Philadelphos. — 4. G. Suess. De Graecorum fabulis satyricis. — 5. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. I. Lief. (S. 1—160). — 6. H. Mutschmann. Studies concerning the origin of „Paradise Lost“.

B VI (1925). 1. A. Saareste. Leksikaalseist vahekordadest eesti murretes. I. Analüüs. (Du sectionnement lexicologique dans les patois estoniens. I. Analyse.) — 2. A. Bjerre. Zur Psychologie des Mordes.

B VII (1926). 1. A. v. Bulmerincq. Einleitung in das Buch des Propheten Maleachi. 4. — 2. W. Anderson. Der Chalfenmünzfund von Kochtel. (Mit Beiträgen von R. Vasmer.) — 3. J. Mägiste. Rosona (Eesti Ingeri) murde pääjooned. (Die Hauptzüge der Mundart von Rosona). — 4. M. A. Курчинский (M. A. Kurtzschinsky). Европейский хаосъ. Экономическія послѣдствія великой войны. (Das europäische Chaos.)

B VIII (1926). 1. A. M. Tallgren. Zur Archäologie Eestis. II. — 2. H. Mutschmann. The secret of John Milton. — 3. L. Kettunen. Untersuchung über die livische Sprache. I. Phonetische Einführung. Sprachproben.

B IX (1926). 1. N. Maim. Parlamentarismist Prantsuse restauratsioonialjal (1814—1830). (Du parlementarisme en France pendant la Restauration.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. I. Teil (S. 1—102). — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. II. Lief. (S. 161—288). — 4. G. Suess. De eo quem dicunt inesse Trimalchionis cenae sermone vulgari. — 5. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. III. — 6. C. Vilhelmson. De ostraco quod Revaliae in museo provinciali servatur.

B X (1927). 1. H. B. Rahamägi. Eesti Evangeeliumi Luteri usu vaba rahvakirik vabas Eestis. (Die evangelisch-lutherische freie Volkskirche im freien Eesti. Anhang: Das Gesetz betreffend die religiösen Gemeinschaften und ihre Verbände.) — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IV. — 3. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. III. Lief. (S. 289—416). — 4. W. Schmied-Kowarzik. Die Objektivation des Geistigen. (Der objektive Geist und seine Formen.) — 5. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. I.

B XI (1927). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) I. — 2. A. Berendts und K. Grass. Flavius Josephus: Vom jüdischen Kriege, Buch I—IV, nach der slavischen Übersetzung deutsch herausgegeben und mit dem griechischen Text verglichen. IV. Lief. (S. 417—512). — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. V.

B XII (1928). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) II. — 2. J. Mägiste. *oi-*, *ei-*deminutiivid läänemeresoome keelis. (Die *oi-*, *ei-*Deminutiva der ostseefinnischen Sprachen.)

B XIII (1928). 1. G. Suess. Petronii imitatio sermonis plebe qua necessitate coniungatur cum grammatica illius aetatis doctrina. — 2. С. Штейн (S. v. Stein). Пушкин и Гофман. (Puschkin und E. T. A. Hoffmann.) — 3. A. V. Kõrv. Värsimõõt Veske „Eesti rahvalauludes“. (Le mètre des „Chansons populaires estoniennes“ de Veske.)

B XIV (1929). 1. H. Майм (N. Maim). Парламентаризм и суверенное государство. (Der Parlamentarismus und der souveräne Staat.) — 2. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. II. Teil (S. 103—134). — 3. E. Virányi. Thalès Bernard, littérateur français, et ses relations avec la poésie populaire estonienne et finnoise.

B XV (1929). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 1 (1, 2—11). — 2. W. E. Peters. Benito Mussolini und Leo Tolstoi. Eine Studie über europäische Menschheitstypen. — 3. W. E. Peters. Die stimmanalytische Methode. — 4. W. Freymann. Platons Suchen nach einer Grundlegung aller Philosophie.

B XVI (1929). 1. O. Loorits. Liivi rahva usund. (Der Volksglaube der Liven.) III. — 2. W. Süss. Karl Morgenstern (1770—1852). I. Teil (S. 1—160).

B XVII (1930). 1. A. R. Cederberg. Heinrich Fick. Ein Beitrag zur russischen Geschichte des XVIII. Jahrhunderts. — 2. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VI. — 3. W. E. Peters. Wilson, Roosevelt, Taft und Harding. Eine Studie über nordamerikanisch-englische Menschheitstypen nach stimmanalytischer Methode. — 4. N. Maim. Parlamentarism ja fašism. (Parliamentarism and fascism.)

B XVIII (1930). 1. J. Vasar. Taani püüded Eestimaa taasvallutamiseks 1411—1422. (Dänemarks Bemühungen Estland zurückzugewinnen 1411—1422.) — 2. L. Leesment. Über die livländischen Gerichtssachen im Reichskammergericht und im Reichshofrat. — 3. A. И. Стендер-Петерсен (Ad. Stender-Petersen). О пережиточных следах аориста в славянских языках, преимущественно в русском. (Über rudimentäre Reste des Aorists in den slavischen Sprachen, vorzüglich im Russischen.) — 4. М. Курчинский (M. Kourtschinsky). Соединенные Штаты Европы. (Les États-Unis de l'Europe.) — 5. K. Wilhelmson. Zum römischen Fiskalkauf in Ägypten.

B XIX (1930). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 2 (1, 11—2, 9). — 2. W. Süss. Karl Morgenstern (1770—1852). II. Teil (S. 161—330). — 3. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. II.

B XX (1930). 1. A. Oras. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). I. — 2. J. Vasar. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil I (S. 1—176). — 3. S. v. Csekey. Die Quellen des estnischen Verwaltungsrechts. III. Teil (S. 135—150).

B XXI (1931). 1. W. Anderson. Der Schwank vom alten Hildebrand. Teil I (S. 1—176). — 2. A. Oras. Milton's editors and commentators from Patrick Hume to Henry John Todd (1695—1801). II. — 3. W. Anderson. Über P. Jensens Methode der vergleichenden Sagenforschung.

B XXII (1931). 1. E. Tennmann. G. Teichmüllers Philosophie des Christentums. — 2. J. Vasar. Die grosse livländische Güterreduktion. Die Entstehung des Konflikts zwischen Karl XI. und der livländischen Ritter- und Landschaft 1678—1684. Teil II (S. I—XXVII. 177—400).

B XXIII (1931). 1. W. Anderson. Der Schwank vom alten Hildebrand. Teil II (S. I—XIV. 177—329). — 2. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 3 (2, 10—3, 3). — 3. P. Arumaa. Litauische mundartliche Texte aus der Wilnaer Gegend. — 4. H. Mutschmann. A glossary of americanisms.

B XXIV (1931). 1. L. Leesment. Die Verbrechen des Diebstahls und des Raubes nach den Rechten Livlands im Mittelalter. — 2. N. Maim. Völkerbund und Staat. Teil I (S. 1—176).

B XXV (1931). 1. Ad. Stender-Petersen. *Tragoediae Sacrae*. Materialien und Beiträge zur Geschichte der polnisch-lateinischen Jesuitendramatik der Frühzeit. — 2. W. Anderson. Beiträge zur Topographie der „Promessi Sposi“. — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VII.

B XXVI (1932). 1. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 4 (3, 3—12). — 2. A. Pridik. Wer war Mutemwija? — 3. N. Maim. Völkerbund und Staat. Teil II S. I—III. 177—356).

B XXVII (1932). 1. K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). I. Teil (S. 1—128). — 2. A. v. Bulmerincq. Kommentar zum Buche des Propheten Maleachi. 5 (3, 12—24). — 3. M. J. Eisen. Kevadised pühad. (Frühlingsfeste.) — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. VIII.

B XXVIII (1932). 1. P. Põld. Üldine kasvatusõpetus. (Allgemeine Erziehungslehre.) Redigeerinud (redigiert von) J. Tork. — 2. W. Wiget. Eine unbekannte Fassung von Klingers Zwillingen. — 3. A. Oras. The critical ideas of T. S. Eliot.

B XXIX (1933). 1. L. Leesment. Saaremaa halduskonna finantsid 1618/19. aastal. (Die Finanzen der Provinz Ösel im Jahre 1618/19.) — 2. L. Rudrauf. Un tableau disparu de Charles Le Brun. — 3. P. Ariste. Eesti-rootsi laensõnad eesti keeles. (Die estlandschwedischen Lehnwörter in der estnischen Sprache.) — 4. W. Süß. Studien zur lateinischen Bibel. I. Augustins Locutiones und das Problem der lateinischen Bibelsprache. — 5. M. Kurtschinsky. Zur Frage des Kapitalprofits.

B XXX (1933). 1. A. Pridik. König Ptolemaios I und die Philosophen. — 2. K. Schreinert. Johann Bernhard Hermann. Briefe an Albrecht Otto und Jean Paul (aus Jean Pauls Nachlass). II. Teil (S. I—XLII + 129—221). — 3. D. Grimm. Zur Frage über den Begriff der Societas im klassischen römischen Rechte. — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. IX.

B XXXI (1934). 1. E. Päss. Eesti liulaul. (Das estnische Rodellied.) — 2. W. Anderson. Novelline popolari sammarinesi. III. — 3. A. Kurlents. „Vanemate vara“. Monograafia ühest joomaulust. („Der Eltern Schatz“. Monographie über ein Trinklied.) — 4. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. X.

B XXXII (1934). 1. A. Anni. F. R. Kreutzwaldi „Kalevipoeg“. I osa: Kalevipoeg eesti rahvaluules. (F. R. Kreutzwalds „Kalevipoeg“. I. Teil: Kalevipoeg in den estnischen Volksüberlieferungen.) — 2. P. Arumaa. Untersuchungen zur Geschichte der litauischen Personalpronomina. — 3. E. Kieckers. Sprachwissenschaftliche Miscellen. XI. — 4. L. Gulkowitsch. Die Entwicklung des Begriffes Häsíd im Alten Testament. — 5. H. Laakmann und W. Anderson. Ein neues Dokument über den estnischen Metsik-Kultus aus dem Jahre 1680.

C I—III (1929). **I 1.** Ettelugemiste kava 1921. aasta I poolaastal. — **I 2.** Ettelugemiste kava 1921 aasta II poolaastal. — **I 3.** Dante pidu 14. IX. 1921. (Dantefeier 14. IX. 1921.) R. Gutmann. Dantes Alighieri. W. Schmied-Kowarzik. Dantes Weltanschauung. — **II 1.** Ettelugemiste kava 1922. aasta I poolaastal. — **II 2.** Ettelugemiste kava 1922. aasta II poolaastal. — **III 1.** Ettelugemiste kava 1923. aasta I poolaastal. — **III 2.** Ettelugemiste kava 1923. aasta II poolaastal.

C IV—VI (1929). **IV 1.** Ettelugemiste kava 1924. aasta I poolaastal. — **IV 2.** Ettelugemiste kava 1924. aasta II poolaastal. — **V 1.** Ettelugemiste kava 1925. aasta I poolaastal. — **V 2.** Ettelugemiste kava 1925. aasta II. poolaastal. — **VI 1.** Ettelugemiste kava 1926. aasta I poolaastal. — **VI 2.** Ettelugemiste kava 1926. aasta II poolaastal.

C VII—IX (1929). **VII 1.** Ettelugemiste kava 1927. aasta I poolaastal. — **VII 2.** Ettelugemiste kava 1927. aasta II poolaastal. — **VIII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1928. aasta I poolaastal. — **VIII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1928. aasta II poolaastal. — **IX 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1929. aasta I poolaastal. — **IX 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1929. aasta II poolaastal. — **IX 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1929.

C X (1929). Eesti Vabariigi Tartu Ülikool 1919—1929.

C XI—XIII (1934). **XI 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1930. aasta I poolaastal. — **XI 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1930. aasta II poolaastal. — **XI 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1930. — **XII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1931. aasta I poolaastal. — **XII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1931. aasta II poolaastal. — **XII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1931. — **XIII 1.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1932. aasta I poolaastal. — **XIII 2.** Loengute ja praktiliste tööde kava 1932. aasta II poolaastal. — **XIII 3.** Eesti Vabariigi Tartu Ülikooli isiklik koosseis 1. detsembril 1932. — **XIII 4.** K. Schreinert. Goethes letzte Wandlung. Festrede. — **XIII 5.** R. Mark. Dotsent Theodor Korssakov †. Nekroloog.

C XIV (1932). Tartu Ülikooli ajaloo allikaid. I. Academia Gustaviana. a) Ürikuid ja dokumente. (Quellen zur Geschichte der Universität Tartu (Dorpat). I. Academia Gustaviana. a) Urkunden und Dokumente.) Koostanud (herausgegeben von) J. Vasar.

C XV (1932). L. Villecourt. L'Université de Tartu 1919—1932.

Eesti koha- ja tänavanimed peavad olema väljendatud maksvate eestikeelsete nimetuste järgi kõigis Eestis avaldatavais trükitooteis ja perioodilise trükitoote nimetuses. Erandina võidakse tarvitada Eesti koha- või tänavanime muukeelset väljendust trükis avaldatavais ajaloolistes ürikuis ja üldse kirjutistes, kus koha- või tänavanimi esineb ajaloolises käsitluses. (Riigi Teataja 2 — 1935, art. 12, § 13.)

Les noms de lieux et de rues de l'Estonie doivent être donnés dans leur forme estonienne officielle dans tous les imprimés publiés en Estonie, et aussi dans les titres des périodiques. Exceptionnellement, on peut employer les formes étrangères des noms de lieux et de rues de l'Estonie en publiant des documents historiques, et en général dans des écrits où le nom d'un lieu ou d'une rue est traité du point de vue historique. (Riigi Teataja 2 — 1935, art. 12, § 13.)

TARTU ÜLIKOOLI TOIMETUSED ilmuvad kolmes seerias:

A: Mathematica, physica, medica. (Matemaatika-loodusteaduskonna, arstiteaduskonna, loomaarstiteaduskonna ja põllumajandusteaduskonna tööd.)

B: Humaniora. (Usuteaduskonna, filosoofiateaduskonna ja õigusteaduskonna tööd.)

C: Annales. (Aastaruanded.)

Ladu: Ülikooli Raamatukogus, Tartus.

LES PUBLICATIONS DE L'UNIVERSITÉ DE TARTU (DORPAT) se font en trois séries:

A: Mathematica, physica, medica. (Mathématiques, sciences naturelles, médecine, sciences vétérinaires, agronomie.)

B: Humaniora. (Théologie, philosophie, philologie, histoire, jurisprudence.)

C: Annales.

Dépôt: La Bibliothèque de l'Université de Tartu, Estonie.
