

# Lisandeid kuusemetsade koostise tundmiseks

Beiträge zur Kenntnis der inneren  
Struktur der Fichtenbestände.

P. REIM

Akadeemilise Metsaseltsi väljaanne.  
Tartu, 1932.



# Lisandeid kuusemetsade koostise tundmiseks

Beiträge zur Kenntnis der inneren  
Struktur der Fichtenbestände.

P. REIM

Akadeemilise Metsaseltsi väljaanne.  
Tartu (Dorpat), 1932.



5671  
A-8236

## Lisandeid kuusemetsade koostise tundmiseks.

P. Reim.

### Uurimuse ülesanne.

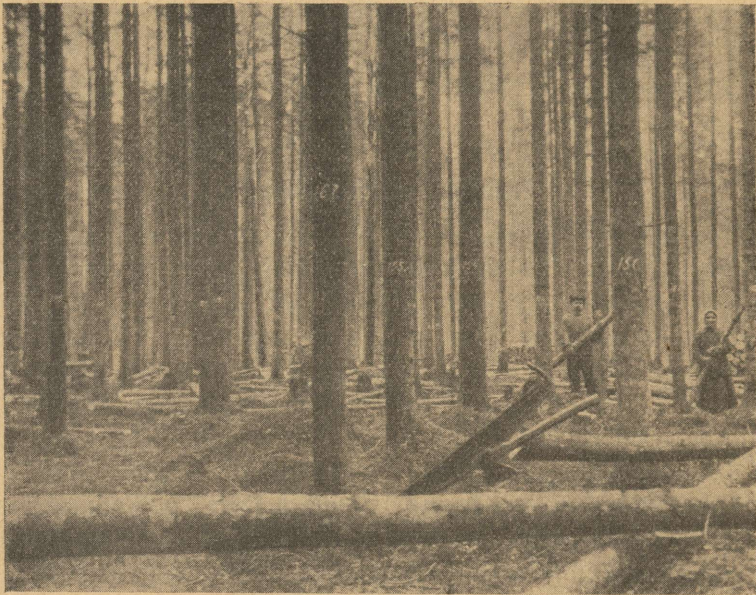
Tähtsamaid iseäraldusi Voltveti katsemetskonna metsades on keskealised puhtad kuusemetsad, mis siin esinevad enam-vähem ühtlases seisukorras tervete kvartaalide kaupa. Voltveti katsemetskonna asutamise ajal olid väga paljud neist enam-vähem loodusnormaalses seisukorras ja kannatasid liigtiheduse all. On sellepärast loomulik, et Voltveti katsemetskonnas uurimisele võetud küsimuste hulgas esimeses järjekorras kerkis päevakorrale nende keskealiste kuusemetsade uurimine ja nende hooldamisega seotud küsimuste selgitamine. Käsikäes põimendusraiate korraldamisega rajati metsades, mis põimendusele võeti, katsealad, millel püüti selgitada metsa seisukorda enne põimendamist, ja mis ühtlasi olid mõeldud üksikute põimendusmeetodite edaspidise mõju uurimiseks.

Käesolev uurimus on mõeldud katsealadelt kogutud aineistiku avaldamiseks ja ta tahab valgustada Voltveti metskonna keskealiste kuusemetsade seisukorda enne põimendust ja ühtlasi selgitada muudatusi, mis esmakordsed põimendusraided neis esile tõid. Metsa seisukorra valgustamisel püütakse ülevaadet anda puude arenemisklasside, mille määramise aluseks oli allpool üksikasjalikumalt kirjeldatav Krafti klassifikatsioon, omavahelisest suhtumisest ja nende osast üldises metsa koostises.

### Aineistik.

1. tabelis on antud üldjooneline kirjeldus katsealade kohta, mis on olnud käesoleva töö aluseks. Mullastiku tingimused on katsealadel üldjoontes sarnased, ja nagu see tabelis näidatud, on tegemist saviliiva maal kasvavate kuusemetsadega. Kuigi mullastiku-olud on üldjoontes sarnased, esines mulla prooviaukude kirjeldustes alati teatud erinevusi ka siis, kui prooviaugud kaevati

üksteise läheduses. See on seletatav sellega, et päälmist mullakihti moodustav moreense tekkimisega saviliiv on oma savirohkuse, leetimise ja maapõhja suhtes muutlik või mitmekesine.

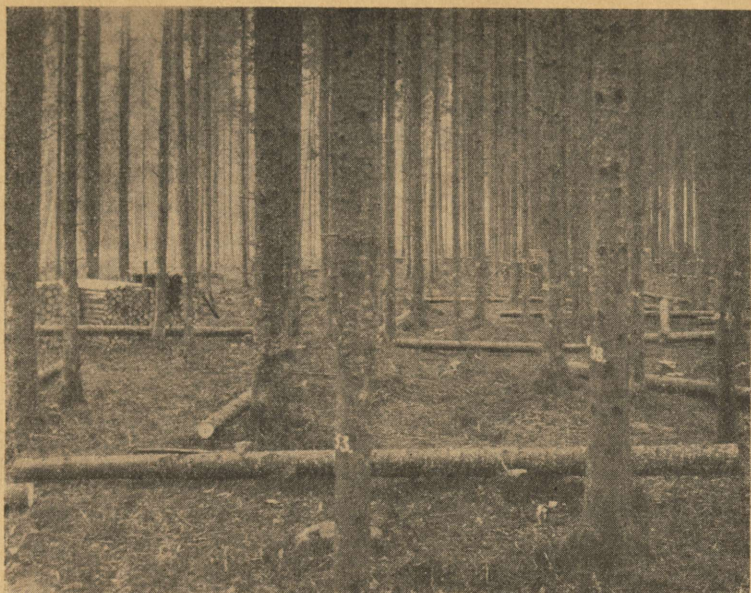


Joon. 1. — Põimendamine 6. katsealal.  
Versuchsfläche Nr. 6.

Väitena toon siin paralleelsed mullakirjeldused väliselt ja taimestiku koostiselt enam-vähem ühtlaselt kasvupaigalt.

Need on saadud 50 m vahemaa kaugusel kaevatud prooviaukudest 5. ja 6. katsealal, kv. 248 (vt. 1. joonis).

Kihi nimetus	I prooviauk		II prooviauk	
	Kihi paksus	Kirjeldus	Kihi paksus	Kirjeldus
A <sub>0</sub>	3 sm	toores huumus	6 sm	toores huumus
A <sub>1</sub>	12 sm	tumehall liiv	6 sm	tumehall saviliiv
A <sub>2</sub>	6 sm	valkjas-kollane saviliiv	35 sm	kollakas-hall saviliiv
B	50 sm	punakas-kollane laiguline saviliiv	35 sm	kollak.-punaneliivsavi, vöödilise ja jooniline
C	—	80 sm sügavuselt alates punane saviliiv	—	82 sm sügavuselt alates punane saviliiv



Joon. 2. — 4. katseala.  
Versuchsfläche Nr. 4

Lahkuminekud nende kahe prooviaugu kirjeldistes esinevad peamiselt B kihis.

3-nda ja 4-nda katseala piirides (vt. 2. joonis) kaevatud proo-

Kihhi nimetus	I prooviauk		II prooviauk	
	Kihhi paksus	Kirjeldus	Kihhi paksus	Kirjeldus
A <sub>0</sub>	2 sm	tume tooreshuumus	2 sm	pruunikas-must tooreshuumus
A <sub>1</sub>	15 sm	kollakas-pruun saviliiv	15 sm	pruunikas-hall saviliiv
A <sub>2</sub>	—	—	7 sm	kollakas-hall saviliiv
B	60 sm	lapiline punakas-kollane saviliiv roostekarva laikudega, kohati väikesi kive.	76 sm	punakas-kollane lapiline saviliiv kivikesitega
C	—	77 sm sügavuselt alates punane savi pehmete tumedavärviliste sõmeratega	—	1 m sügavuselt alates kollane saviliiv

1. tabel. Katse-  
Versuchsflächen-

Katseala nr. Versuchsfläche Nr.	Suurus ha Fläche	A s u p a i k Standort				Metsa koostis protsentides Holzarten in Pro- zentsen (nach der Masse)			
		Kvart. nr Abteilung Nr.	Kaugus raudteest Entfernung von der Eisenbahn km	M u l d Boden	Niiskus Feuchtigkeit	kuusk Fichte	kask Birke	haab Aspe	teised puud andere
Mudelpuude alusel hinnatud katsealad:									
1	0,125	373	6	Savipõhjaline	Sademetele	98	—	+	+
2	0,125	373	6	leetitud saviliiv	vastavalt va- helduv	97	+	+	—
3	0,24	281	1	Saviliiv	Kõrge, kui- vavõitu	98	—	—	+
4	0,24	281	1	„	„	100	—	—	+
5	0,25	248	5	Saviliiv	Niiskevõitu	88	11	+	—
6	0,25	248	5	„	„	97	+	2	—
Massitabelite ja taksitabelite najal hinnatud									
11	0,25	296	2	Saviliiv	Värske	98	+	—	1
12	0,25	296	2	„	„	96	4	—	—
13	0,25	301	1	Saviliiv	Värske	100	—	—	+
14	0,25	301	1	„	„	95	3	+	+
61	0,20	226	7—8	Saviliiv	Värske	99	—	+	+
62	0,20	226	7—8	„	„	99	+	—	+
63	0,20	226	7—8	Saviliiv	Niiske	97	+	+	+
64	0,20	226	7—8	Saviliiv	Värske	100	+	+	—

## alade kirjeldus.

## beschreibung.

langetatud gefälli		Modelpuude hulk Anzahl der Modellstäm.		Modelpuude vanus Alter der Modellstäm.		Keskmine metsa vanus a. Bestandesalter <sup>1)</sup>		Kraffi I kl. keskmise puu kõrgus Oberhöhe <sup>2)</sup>		Metsa keskm. puu kõrgus Bestandesmittelstamm- höhe		Metsa keskm. puu rinnas- mõõd. Brusthöhendurchm. d. Bestandesmittelstammes		Andmed hektaari kohta Pro ha										
analiseeri. analysiert	kõige noorem der jüngste	kõige vanem der älteste				m	m	cm	puude arv	rinnaspind	tüvepuu mass	kännuhind	massi jooksev juur- deksav (lima koore- fa) Laufender Mas- senzuwachs	väärtuse jooksev juurdekasv aastas Laufender Wurz- wachs										
11	12	13	14	15	16	17	19	19	20	21	22	23	24											
}	9	5	51	86	70	22,2	18,9	15,5	1992	37,84	367	1516	9,28	61,5										
						22,3	19,5	16,3	1872	39,11	388	1614	9,58	68,7										
}	9	9	47	66	61	25,4	23,1	20,0	1320	41,50	465	2736	9,80	61,5										
						25,4	23,2	20,1	1350	42,80	476	2814	9,96	62,8										
}	11	11	50	69	62	24,6	21,6	19,1	1356	39,32	434	2219	10,42	75,9										
						24,1	21,3	18,4	1550	40,84	462	2320	11,26	81,8										
katsealad :																								
5	1	38	79	70	25,9	22,9	21,5	1190	43,04	428	2175	—	—											
5	—	58	62	60	25,5	22,1	20,2	1320	42,09	405	1940	—	—											
5	1	58	79	62	25,0	21,3	18,9	1490	41,68	382	1780	—	—											
5	—	53	67	62	25,5	21,3	18,8	1470	40,97	359	1660	—	—											
7	1	47	60	54	24,2	21,2	18,3	1440	38,01	345	910	—	—											
6	6	43	68	62	25,0	21,8	19,4	1450	42,89	404	1104	—	—											
4	—	45	78	73	26,1	22,7	21,3	1205	42,80	361	1210	—	—											
5	2	57	106	71	27,0	23,4	23,0	1045	43,44	465	1585	—	—											

1) Berechnet nach der Massenalterformel.

2) Die Höhe des Mittelstammes der I Entwicklungsklasse.

viaukudel (nende vahekaugus 40 m) esinesid lahkuminekul põhikihis, ja mullakirjeldus neil oli järgmine, vt. lk. 5.

Teistel katsealadel on mullakirjeldused enam-vähem sarnased ülaltoodud neljale mullakirjeldusele ja, nagu 1. tabelist selgub, on ka metsa kasvuavaldused enam-vähem sarnased. Ainult kahel esimesel katsealal, mis asuvad savipõhjalisel maal, tunduvad kasvu-tingimused teiste katsealadega võrreldes halvematena. 1-se ja 2-se katseala piiril kaevatud prooviaugu kirjeldus on järgmine:

- A<sub>0</sub> — 5 sm — sambla tooreshuumus
- A<sub>1</sub> — 1 sm — hall liiv
- A<sub>2</sub> — 8 sm — sinakas-hall leetliiv
- B<sub>1</sub> — 9 sm — hallikas-kollane saviliiv
- B<sub>2</sub> — 4 sm — kollakas-pruun saviliiv
- B<sub>3</sub> — 12 sm — kollane saviliiv
- C. — 39 sm — sügavuselt alates punane liivsavi, milles on munakive ja mis 1 m sügavusel muutub punaseks saviks.

Mis puutub taimkattesse, siis on 1-sel ja 2-sel katsealal võrdlemisi rikkalikult esindatud samblad: *Hylocomium proliferum*, *Hyloc. parietinum* ja *Hyl. triquetrum*. Need moodustavad enam-vähem katva vaiba, mille hulgas sagedasti nähakse ka *Dicranum undulatum*'it, *Hypnum crista castrensis*'t ja *Plagiochila asplenioides*'t. Eriliseks kasvupaika iseloomustavaks samblaliigiks on siin aga *Sphagnum Girgensohnii*, mis esineb väiksemate ja kuni mitme ruutmeetri suuruste laikudena. Rohttaimi ja kõrrelisi esineb võrdlemisi vähe.

Teistel katsealadel ei ole sammalkate kattev. Samblad esinevad rohkem laialipillatult kühmukestel ja tüvede ümbruses. Rohttaimedest ja kõrrelistest esinevad faimed, mis on iseloomulikud Cajanderi OMaT ja OMT-le, nagu näiteks: *Oxalis acetosella*, *Majanthemum bifolium*, *Galeobdolon luteum*, *Phegopteris dryopteris*, *Aspidium spinulosum*, *Calamagrostis silvatica*, *Carex digitata*, *Vaccinium myrtillus*, *Luzula pilosa* ja teised. *Oxalis acetosella* moodustab mõnel katsealal katva vaiba (3, 4, 61, 62). Samblaist esinevad *Plagiochila asplenioides*, *Mnium sp. sp.*, *Hylocomium proliferum*, *Hyl. parietinum*, *Hyl. triquetrum* ja teised.

Katsealad rajati kahekaupa kõrvuti väliselt ja kasvupaiga tingimustelt ühtlastesse metsadesse. 1. tabelis nähakse katsealasid sellele vastavalt kahekaupa grupeeritult. Katsealade suurus on

0,125—0,25 ha. Kus mets seda võimaldas, sääl võeti 0,25 ha suurused katsealad. Alati ei olnud see aga võimalik ja tuli piirduda vähemate katsealadega.

Kõik uuritud metsad on tekkinud loomuliku uuenduse teel. Väliseks põhjuseks metsa uuenemisele on enamikul juhtumil olnud suured tuulemurrud, mis umbes 60 a. tagasi hävitasid Voltveti metskonnas väga palju kuusemetsi. Tuulemurru tekkimist soodustas asjaolu, et a. 1856—1858 ehitatud Voltveti kalevivabrik tarvitas metskonnast väga palju kütet ja küttepuudeks raiuti valikraide teel lehtpuid. Endised segametsad muutusid selle läbi tuulenõrkadeks ja tormid tekitasid neis väga suurt hävitustööd.

Kahe katseala (3 ja 4) piirides oli enne praeguse metsa tekkimist põld. On tõenäoline, et seda maad kasustati põlluna ainult ajutiselt (kütisemaana). Põllul on kasvanud vanu mändi ja kuuski, millest osa on alles püsinud veel praegugi noore metsa hulgas.

Katsealade hulgas on üks (5), kus enne põimendust oli üle 12% teisi puuliike. Kõikidel teistel katsealadel esines päälle kuuse väga vähe teisi puuliike. Üldiselt võttes on seega tegemist enam-vähem puhtate kuusemetsadega.

Arvesse võttes, et metsad on tekkinud loomuliku uuenduse teel, on loomulik, et nad ei ole tasavanused. Kõikumised puude vanuses on mõnel katsealal õige tunduvad, nagu näiteks 1, 2, 63 ja 64 (vt. 3. joonis). Paljudel katsealadel on valitseva rinde puud enam-vähem ühevanused (3, 4, 5, 6, 12, 14 ja 61), kuid rõhutatud rindes esineb rohkesti nooremaid, hiljem kasvama hakanud puid.

Metsa keskmise vanuse määramine oli selle tõttu võrdlemisi raske ülesanne, eriti aga neil katsealadel, kus valitseva rinde puude vanuses oli suuri erinevusi. Oli ilmne, et osa puudest on tärganud emametsa varjus ja on enne tuulemurdu, mille tagajärjel mets pääasjalikult tekkinud, valguse puuduse all kannatanud. Säärastel juhtudel ei oleks õiglane metsa läbisegise vanuse arvutamisel anda ajale, millal puud kasvanud vana metsa varjus, sama kaalu nagu ajale, millal puud kasvasid vabalt. Sel põhjusel tuli katsealade 1, 2, 63 ja 64 metsa vanuse määramisel vanemate puude vanusest mahaarvamisi teha, püüdes kooskõlastada nende esialgset arenemist keskmisele vanusele vastavate puude arenemisega. 2. tabelis 5. lahtris nähakse puude vanuse andmeid, mis võeti aluseks metsa keskmise vanuse arvestamisel.

Arvestades seda, et rõhutud puud, mille hulgas oli teistega võrreldes noori puud, kõrvaldatakse ligemal ajal põimenduse teel ja



Joon. 3. Okslikud hundid 64-dal katsealal.  
Versuchsfläche Nr. 64.

et tulevikus neid enam üldse olemas ei ole, jäeti metsa vanuse arutamisel Krafft V klassi puude esindajad hoopis välja.

Metsa keskmise vanuse arutamisel tarvitati n. n. massivanuse (Massenalter) valemit, missuguse juures suuremate puude vanus

omab väiksemate puudega võrreldes suuremat kaalu<sup>1)</sup>. 1. tabelis 15. lahtris ongi sel teel saadud arvud näidatud. Need arvud on mõnel katsealal 1—3 aasta võrra kõrgemad mudelpuude aritmeetilisest keskmisest vanusest.

1. tabelis kirjeldatud katsealade hulgas on kuus esimest teis-tega võrreldes põhjalikumalt uuritud. Nendel mõõdeti (1929. a. sept.-kuul) puud rinnakõrguselt kahes suunas ristamisi mm täp-susega. Iga eraldatud arenemisklassi (Kraffi klassi) jaoks analüü-siti 2 mudelpuud 0,5 ha suuruse pinna kohta. Rinnaspind arvutati iga üksiku puu kohta ja rinnaspindade summa saadi üksikute puude rinnaspindade summeerimise teel. Massi arvutamiseks tarvitati massikurvi meetodit. Massikurv arvutati mudelpuude andmetel ühi-sena kõikidele Kraffi klassidele. Puude kännuhinna arvutamise aluseks võeti 1929./30. a. talvel Voltveti metskonna piirides raudtee ääres makstud materjalide hinnad, vähendades neid ülestöötamise, veo ja kapitali protsentide (20%) kulu võrra<sup>2)</sup>. Nende hindade alusel määrati kindlaks mudelpuude kännuhind ja koostati kõikidele klassidele ühine puu läbimõõdu suurusest olenev hinnakurv, mille põhjal teostati puude hindamist. Arvesse võttes, et katsealade kaugus raudteest ja sellest olenev veokulu ei ole võrdne, ei ole kännuhinna andmed kõikide katsealade vahel võrreldavad. Juurde-kasv määrati kindlaks eraldi iga klassi kohta proportsionaalselt

$$1) \text{ Valem on järgmine: Metsa vanus} = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + \dots}{\frac{m_1}{a_1} + \frac{m_2}{a_2} + \frac{m_3}{a_3} + \frac{m_4}{a_4} + \dots}, \text{ kusjuures } m_1$$

$m_2$  jne. tähendavad mudelpuude massi,  $a_1, a_2 \dots$  aga mudelpuude parandatud vanusi. Nagu valemist nähtub on siin tegemist massiga kaalutud harmoonilise keskmise kõrgusega.

2) 1930. a. kevadel Voltveti metskonna piirides Viljandi-Pärnu kitsaropa-lise raudtee ääres makstavad hinnad olid järgmised:

Kuusepalgid üle 25 sm	— 15,0 kr.	pro tm,	väiksem pikkus	4,3 m
"	20—25 sm	— 12,5 kr.	" " " "	4,3 m
"	15—20 sm	— 10,5 kr.	" " " "	4,3 m
Paberipuud	10—15 sm	— 7,5 kr.	" rm,	" "
Propsid	5— 10 sm	— 5,7 kr.	" " " "	1,0 m
Küttepuu- ku, v. lepp, mänd	4,0 kr.	" " " "	" " " "	0,50 m
Kase vineeripakud	— 18,0 kr.	" " " "	" " " "	2,50 m
Kase küttepuu	— 5,0 kr.	" " " "	" " " "	0,50 m
Haava tikupakud	— 24,0 kr.	" " " "	" " " "	2,30 m
Haava küttepuu	— 3,0 kr.	" " " "	" " " "	0,50 m
Mäda haava küttep. ja				
4—7 sm jämed. kaikad	— 2,2 kr.	" " " "	" " " "	0,50 m

2. tabel. Mudelpuude

Die Modellstämme

Katscala nr. Versuchsfläche Nr.	Puu nr. Stamm Nr	Krafti klass Entwicklungs-klasse	Aastaringide arv kännul Anzahl der Jahrringe am Stock	Puu vanuseks arvatud Stammalter	Kõrgus Höhe	Rinnasmõõli Brusthöhendurch- messer	Rinnaspind Grundfläche	Tüvepuu mass Stammholzmasse	Puu kännuhind Wert
					m	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kr.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1—2	9	I	80	73	24,1	30,2	0,0716	0,748	4,65
	1	II	70	70	22,3	21,0	0,0346	0,369	1,66
	6	III	62	65	18,6	14,4	0,0163	0,155	0,57
	7	IV	63	65	16,9	11,5	0,0104	0,098	0,31
	8	V	83	—	13,0	10,1	0,0080	0,058	0,14
3—4	1	I	56	59	24,3	26,6	0,0552	0,660	4,14
	2	II	63	63	23,3	22,6	0,0401	0,449	2,42
	9	II	58	61	24,4	22,1	0,0384	0,454	2,42
	3	III	60	62	21,6	16,8	0,0222	0,259	1,22
	6	III	59	62	21,4	14,8	0,0172	0,213	1,01
	7	IV	58	61	19,1	12,5	0,0123	0,134	0,61
	4	IV	52	55	17,3	10,7	0,0090	0,085	0,31
	8	V	44	—	15,0	10,8	0,0092	0,072	0,27
	10	V	56	—	14,4	10,2	0,0082	0,062	0,21
5—6	9	I	62	64	25,5	31,4	0,0776	0,921	6,48
	1	I	58	61	23,8	26,8	0,0564	0,705	4,12
	5	II	59	62	23,0	22,6	0,0401	0,491	2,67
	10	II	55	58	22,1	18,9	0,0281	0,329	1,58
	3a	III	56	59	20,8	18,2	0,0260	0,278	1,32
	3	III	60	62	20,8	14,5	0,0165	0,180	0,76
	2	IV	64	64	19,7	15,2	0,0182	0,185	0,81
	6	IV	66	65	18,8	14,1	0,0156	0,170	0,72
	12	V	56	—	15,0	10,3	0,0084	0,069	0,20
	11	V	53	—	14,4	11,2	0,0099	0,075	0,24
	8	V	47	—	12,2	10,6	0,0088	0,059	0,19

andmed (kuused).

(Fichten).

Jooksev aastane juurdekasv viimase 5 a. kohta Laufend-jährlicher Zuwachs für die letzten 5 Jahre								Vormiary Formzahl		Koores Rinden %
kõrguses an Höhe		rinnas- mõõdus am Brust- höhen- durch- messer		puumassis an Masse		kännuhinnas an Wert		koores mit Rinde	koores ohne Rinde	
m	%	cm	%	m <sup>3</sup>	%	Kr.	%			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
0,22	0,93	0,35	1,24	0,0204	3,25	0,180	4,65	0,435	0,423	8,9
0,25	1,15	0,25	1,27	0,0110	3,08	0,058	3,78	0,477	0,477	5,9
0,17	0,94	0,09	0,66	0,0022	1,64	0,012	2,22	0,506	0,505	8,9
0,15	0,78	0,04	0,37	0,0015	1,57	0,006	2,04	0,549	0,565	7,0
0,06	0,47	0,02	0,21	0,0004	0,73	0,001	0,76	6,548	0,570	7,6
0,20	0,84	0,26	1,02	0,0184	3,17	0,126	3,30	0,480	0,482	5,0
0,22	0,97	0,12	0,55	0,0072	1,76	0,041	1,77	0,480	0,475	5,5
0,24	1,01	0,15	0,71	0,0095	2,35	0,058	2,55	0,485	0,482	5,8
0,18	0,85	0,05	0,31	0,0038	1,55	0,026	2,19	0,540	0,540	5,9
0,16	0,76	0,07	0,50	0,0037	1,92	0,020	2,07	0,580	0,585	5,2
0,14	0,75	0,03	0,25	0,0017	1,37	0,010	1,70	0,570	0,573	4,3
0,08	0,47	0,02	0,19	0,0008	1,03	0,004	1,33	0,545	0,544	5,9
0,10	0,68	0,03	0,29	0,0006	0,90	0,002	0,90	0,521	0,521	5,8
0,14	1,00	0,03	0,30	0,0006	1,05	0,002	1,05	0,525	0,530	4,9
0,24	0,96	0,28	0,96	0,0212	2,69	0,208	3,48	0,465	0,462	8,6
0,28	1,01	0,30	1,21	0,0186	3,22	0,138	3,66	0,524	0,523	6,2
0,24	1,07	0,29	1,37	0,0146	3,50	0,118	4,98	0,533	0,526	7,7
0,22	1,02	0,24	1,36	0,0102	3,73	0,060	4,20	0,531	0,525	9,2
0,20	0,99	0,18	1,05	0,0058	2,43	0,036	2,92	0,514	0,502	8,7
0,22	1,08	0,07	0,51	0,0029	1,83	0,012	1,85	0,525	0,522	8,2
0,08	0,42	0,05	0,34	0,0017	1,02	0,009	1,20	0,515	0,513	6,3
0,08	0,44	0,05	0,39	0,0012	0,80	0,006	0,80	0,583	0,570	9,3
0,12	0,82	0,04	0,41	0,0008	1,27	—	1,30	0,545	0,548	7,9
0,10	0,71	0,04	0,37	0,0007	0,98	—	1,00	0,525	0,520	7,1
0,12	1,02	0,02	0,20	0,0007	1,14	—	1,15	0,545	0,552	7,2

klassi ja mudelpuude rinnaspinnale.<sup>1)</sup> Samuti määrati väärtuse juurdekasv.

Keskmise kõrguse arvutamiseks konstrueeriti kõigile klassidele ühine kõrguse ja läbimõõtude vahekorda kujutav kõrgusekurv ja otsiti keskmise puu läbimõõdule vastav kõrgus seda kurvi kujutavast graafikast.

Katsealadel 11—14 ja 61—64 teostati hindamine hariliku kluppimise andmeil ametlike massitabelite ja taksitabelite (kännuhinna arvutamisel) alusel, käsitledes puid Krafti klasside kaupa.<sup>2)</sup>

Keskmise puu läbimõõdu ja kõrguse määramine teostati neil katsealadel analoogiliselt eelmiste katsealadega.

Katsealad on väliselt metsailmelt ja kasvupaiga tingimustelt võrdlemisi sarnased, välja arvatud ainult kaks esimest ja kaks viimast. Kaks esimest kujutavad teistega võrreldes halvemat kasvupaika, nagu seda juba mainiti mullaolude ja taimkatte kirjeldamisel. Kuna teised katsealad Vargas de Bedemar'i toogitabelitega võrreldes kuuluvad I-sse ja sellest kõrgemasse boniteeti, vastavad kaks esimest enam-vähem teisele boniteedile. Kaks viimast erinevad teistest katsealadest kõigepäält selle poolest, et nendel kasvab palju tüsedaid keskmisest puude vanusest märksa vanemaid puid ja mets on oma tekkimisest alates arenenud teistest hõredamana. Need katsealad asuvad kõrvuti, kuid kasvutingimustelt on 63. katseala halvem kui 64. See nähtus selgub ka andmeist.

Ka metsa vanuse suhtes erinevad katsealad üksteisest võrdlemisi vähe. Kasvupaikade erinevusega ja vanuse tõusuga ühenduses olevate küsimuste käsitlemiseks on aineistik seega puudulik, ja neid küsimusi ei ole seetõttu ka käesoleva töö ülesannete hulka võetud.

3-dal ja 4-dal katsealal on varemalt mitmel korral teostatud nõrku põimendusi, kus raiumine on piirdunud pääasjalikult V klassi puude kõrvaldamisega. Viimane põimendus teostati 1927./28. a., s. o. 2 aastat enne katsealade rajamist. Teistel katsealadel ei ole viimase 15 a. kestes kasvavaid puid raiutud ja neid võib lugeda loodusnormaalseiks.

2. tabelis on toodud tähtsamad andmed analüüsitud mudelpuude uurimisest. 1-ses tabelist nähtub, et mudelpuid on roh-

1) Massiandmed tähendavad tiivepuud ühes koorega, juurdekasvuandmed aga puud ilma kooreta.

2) Massitabelite najal hinnatud katsealadel tähendavad massiandmed tiivepuud ilma kooreta.

kem langetatud kui analüüsitud. Osa mudelpuid oli kavatsetud tarvitada ainult massi kindlakstegemiseks Huberi liitvalemi järgi 2 m pakupikkusega. Tegelikult selgus aga, et klupiga läbimõõtude mõõtmise ja analüüsi juures mõõdupulgaga läbimõõtude mõõtmise tulemustes esinesid erinevused ja kahel teel saadud andmed ei oleks olnud võrreldavad. Seepärast loobuti mitteanalüüsitud mudelpuude andmete kasustamisest.

Analüüsitud mudelpuudel saeti kettad iga 2 m tagant (esimene ketas 1 m kõrguselt). Rinnakõrguse kohaks kõikidel klupitud puudel ja ka mudelpuudel loeti 1,3 m kõrgus mitte juurte hargnemise kohalt, vaid maapinnast, s. o. kohalt, kus puu telg lõikab ümbritsevat maad.

Analüüsi juures tehti uurimised puu arenemise selgitamiseks kõikidele puudele ühtlaselt määratud ajajärgudel. Selgitati nimelt puu seisukord 1929, 1924, 1919, 1909, 1899, 1889, 1879 jne. kümne aasta kaupa võetud vahedega. Harilik mudelpuude uurimise viis, kus puu seisukord selgitatakse seotult puu vanusega, s. o. määratakse kindlaks puu seisukord 10, 20, 50 jne. aasta vanuselt, ei olnud põimendusraiate otstarbekohasuse uurimisel kõlblik sel põhjusel, et selle juures oleks tulnud igale puule isesugused, võib olla vägagi erineva ilmastiku ja ümbruse tingimustega ajajärgud ja ei oleks võimalik olnud puude kasvuavaldusi võrrelda teatud aja kohta.

Juurdekasvu protsendid mudelpuudel määrati kindlaks Pressler'i valemi järgi.

### Kuusemetsade arenemisbioloogiline koostis.

Krahti klassifikatsioonis jaotatakse kõik metsas kasvavad puud nende kroonide arenemise astme järgi viieks arenemisklassiks, mis-suguste kindlaksmääramine toimub järgmiste juhtnõõride najal (K r a f t 1884, lk. 22):

- I. Ülevahtitavad puud erakordselt tugevalt arenenud kroonidega.
- II. Valitavad, pääasjalikult pärinnet moodustavad puud võrdlemisi hästi arenenud kroonidega.
- III. Vähe kaasavalitavad puud. Kroonid veel kaunis normaalselt kujundatud ja ses suhtes teisele klassile sarnanevad, kuid võrdlemisi nõrgalt arenenud ja kokku surutud, sagedasti algava degeneratsiooni tunnustega (näiteks osaliselt kuivatipulised krooniservad,

3. tabel. Metsa koostis katsealadel.

Die innere Struktur der Fichtenbestände.

Katseala nr. Versuchsfläche Nr.	Metsa vanus Bestandesalter	Krafti klass Entwicklungsklasse	Üksiku klassi protsentuaalne osa üldisest katseala Klassenanteil					
			puudearvust von der Stamm- zahl	rinnaspinnast von d. Grundfläche	puumassist von der Masse	kännuhinnast vom Wert	massi juurdekas- vust vom Massenzu- wachs	väärtuse juurde- kasvust vom Wertzuwachs
1	70	I	19,7	40,8	43,6	49,1	47,2	60,3
		II	25,7	31,2	31,8	31,8	40,3	30,8
		III	18,1	13,4	12,6	11,1	7,4	5,8
		IV	13,2	7,2	6,7	5,3	3,7	2,5
		V	23,3	7,4	5,3	2,7	1,4	0,6
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	70	I	23,9	47,3	49,8	54,3	55,0	67,7
		II	21,8	24,6	24,8	25,0	31,8	23,5
		III	16,7	12,7	12,4	11,4	7,2	5,4
		IV	15,8	8,9	8,2	6,8	4,8	2,9
		V	21,8	6,5	4,8	2,5	1,2	0,5
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
11	70	I	22,2	42,0	47,9	54,2		
		II	20,5	24,3	24,2	23,0		
		III	26,6	20,4	18,0	15,4		
		IV	16,2	8,6	6,8	5,0		
		V	14,5	4,7	3,1	2,4		
			100,0	100,0	100,0	100,0		
12	60	I	17,6	34,7	39,9	44,5		
		II	25,2	31,6	32,2	32,0		
		III	25,3	20,0	17,9	15,5		
		IV	15,8	8,5	6,7	5,3		
		V	16,1	5,2	3,3	2,7		
			100,0	100,0	100,0	100,0		

3	61	I	15,8	29,6	30,6	33,6	41,4	44,5	13	62	I	15,9	30,6	35,5	40,0
		II	41,7	48,9	49,6	49,3	44,1	42,4			II	23,6	31,0	32,0	32,4
		III	20,2	12,9	12,5	11,3	10,3	9,6			III	23,7	20,0	18,4	16,0
		IV	19,8	8,0	6,9	5,6	4,0	3,4			IV	18,5	10,7	8,7	7,1
		V	2,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,1			V	18,3	7,7	5,4	4,5
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				100,0	100,0	100,0	100,0
4	61	I	15,7	29,5	30,9	33,8	42,1	45,6	14	62	I	15,0	33,7	38,2	44,3
		II	30,9	38,6	39,7	39,7	35,3	32,8			II	18,0	22,7	23,3	22,1
		III	29,0	21,5	20,5	19,2	17,5	17,1			III	28,6	25,0	24,1	21,2
		IV	22,2	10,0	8,7	7,2	5,0	4,4			IV	23,2	12,5	10,2	8,5
		V	2,2	0,4	0,2	0,1	0,1	0,1			V	15,2	6,1	4,2	3,9
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				100,0	100,0	100,0	100,0
5	62	I	14,9	32,1	33,3	38,2	36,4	43,1	61	54	I	19,2	36,3	41,5	49,6
		II	24,7	32,9	34,5	36,0	45,5	44,4			II	26,7	31,0	30,5	29,4
		III	18,6	15,2	14,9	13,0	11,8	8,9			III	24,6	19,4	18,7	15,0
		IV	20,9	12,4	11,4	9,0	4,0	2,8			IV	15,6	7,9	5,8	4,3
		V	20,9	7,4	5,9	3,8	2,3	0,8			V	13,9	5,4	3,5	2,7
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				100,0	100,0	100,0	100,0
6	62	I	13,6	27,0	28,4	33,0	29,0	34,7	62	62	I	17,9	35,6	41,2	48,5
		II	31,8	39,7	41,3	42,2	52,5	51,8			II	29,3	33,5	33,3	31,6
		III	24,0	19,2	18,5	16,4	14,2	10,8			III	22,1	17,5	15,8	12,4
		IV	18,5	10,1	9,1	6,8	3,1	2,3			IV	23,1	10,7	8,0	6,1
		V	12,1	4,0	2,7	1,6	1,2	0,4			V	7,6	2,7	1,7	1,4
			100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0				100,0	100,0	100,0	100,0

EX BIBLI. UNIV. TARTU

tamme juures sagedasti ka kõverakasvulised (knickige) kõrvalok-sad). 3. klass moodustab alumise piiristme valitsevas rindes.

IV. Alluvad puud (beherrsichte Stämme). Kroonid enam või vähem rõhufud (verkümmert), kas kõigilt poolt või ainult kahest küljest kokku surutud, või ühekülgselt (lipusarnaselt) arenenud, tamme juures väga kõverad (knickige) külgoksad.

a) vahelseisvad (zwischenständige), üldiselt ülevalt varja-mata, suuremalt jaolt kokkusurutud puud.

b) osaliselt rõhufud (unterständige) kroonid. Ülemine krooni osa varjamata, alumine varjatud või varju tõttu surnud.

V. Täiesti rõhufud puud

a) elujõulise krooniga

b) sureva või surnud krooniga.

Puude liigitamisel selle klassifikatsiooni alusel eraldati uurimi-sel ainult pääklassid ja kahes viimases klassis ette nähtud alajao-tusi üksteisest ei eraldatud. Jaotusele võeti ainult elavate krooni-dega puud. Surnud puud, mille hulgas sagedasti leidus tugevaid, enne suremist 4-dasse ja 3-dasse klassi kuulunud puud, jäeti liigi-tusest välja.

Nagu 3. tabelist nähtub, on Kraffi klasside vahekord p u u d e - a r v u suhtes väga mitmekesine. Mõnel katsealal on puud võrd-lemisi ühtlaselt klasside vahel jaotatud (näit. 2-sel) ja iga klassi arvele langeb umbes  $\frac{1}{5}$  üldisest puudearvust. Mõnel teisel katse-alal on aga üks klass teistega võrreldes silmapaistvas enamuses. Nii näiteks kuulub 3-dal katsealal 41,7% puudest II klassi.

I klassi puud oli suhteliselt kõige vähem 6-ndal (13,6%) ja kõige rohkem 2-sel (23,9%) katsealal. Üldiselt on I klassi puude suhteline hulk tihedais metsades väiksem kui harvemais metsades ja vanemais metsades suurem kui nooremais.

Selle vastu on aga II klassi puud tihedais metsades suhteliselt rohkem kui hõredais. Üldiselt on nende arv I klassi puudega võr-reldes suurem. Suhteliselt kõige vähem oli II kl. puud 14-dal katse-alal (18% üldisest puudearvust) ja kõige rohkem 3-dal katsealal (41,7%). Andmed lasevad oletada, et põimendusraietega saab mõ-justada I ja II klassi puude arvu vahekorda ja et ümberpöörduvalt I ja II klassi puude arvu vahekorra alusel võib järeldusi teha metsa mineviku kohta.

Kaks esimest klassi kokku moodustavad läbisegi 45% üldi-sest puudearvust. Kõige väiksem suhteline puude hulk langeb nende

4. tabel. Puude jämeduseklasside vahekord üksikuis arenemis-  
klassides.

Frequenz-Zahlen für Durchmesserklassen.

Jämeduseklass Durchmesser	6. katseala. 6. Versuchsfläche.						12. katseala. 12. Versuchsfläche.					
	I	II	III	IV	V	kokku Zusam- men	I	II	III	IV	V	kokku Zusam- men
cm	Puude arv. Stammzahl.											
8					9	9					7	7
10				2	23	25					14	14
12			4	27	14	45			1	12	23	36
14		2	23	32	1	58			5	16	9	30
16		13	32	10		55		1	27	19		47
18	1	30	27	1		59		2	28	4		34
20	3	29	7			39		26	14	1		41
22	9	30				39	1	20	6			27
24	12	10				22	12	19	2			33
26	11	4				15	12	12				24
28	11	3				14	13	3				16
30	2	2				4	11					11
32	3					3	3					3
34							3					3
36							1					1
38	1					1	1					1
40							1					1

kahe klassi arvele 14-dal (33%) ja kõige suurem 3-dal (56,5%) katsealal.

III klassi puude hulk täiendab teatud määral kahe esimese klassi puid. Katsealadel, kus kahe esimese klassi puude arvele (kokku) langev osa on võrdlemisi väike, sääl näeme rikkalikumalt esinemas III-dat klassi. Kahe viimase klassi puude hulk on juhusliku ilmega.

3-dal ja 4-dal katsealal, kus varematal aegadel on teostatud nõrku põimendusi, leiti ainult üksikuid V klassi puid.

Üldiselt ei ole klasside puudearvude vahel katsealadel järje-

kindlust. Üks selle nähtuse tähtis põhjus on metsa tekkimine loomuliku uuenduse teel. Võib ette kujutada, et loomuliku seemenduse teel tekkinud mets ei võinud juba algusest päale olla ühtlane kõikidel katsealadel ja metsa tekkimisel esinenud iseäraldused ei ole veel täiel määral tasandunud. Metsas on tunda puude grupeerumist tihedamate gruppide kaupa, mille vahel leidub auke. Kohtadel, kus kuused hõredamalt kasvama on hakanud, säääl on puud üldiselt tii-sedamad ja säääl on suhteliselt rohkem I klassi puid.

On huvitav võrrelda puude jämeduse vahekorda üksikuis klas-sides. Selleks pakub võimalust 4. tabel, kus andmed esitatud kahe katseala puude jagunemisest jämeduse ja Krafti klasside vahel. Andmeist nähtub, et igas klassis on väga mitmesuguse jämedusega puid ja teatud jämeduses puud võivad jaguneda mitme klassi vahel. Jämeduse varieerumise amplituud on seda suurem, mida kõrgem on klass. Krafti V klassi puud jagunevad päämiselt 2.—4. jämedus-klassi vahel, I klassi puud aga 8.—10. klassi vahel. Andmeist näh-tub veel, et keskmistes jämedusklassides on puid rohkem kui äär-mistes. Igas Krafti klassis puudejaotus jämedusklasside vahel sarnaneb enam või vähem normaalkurvile.

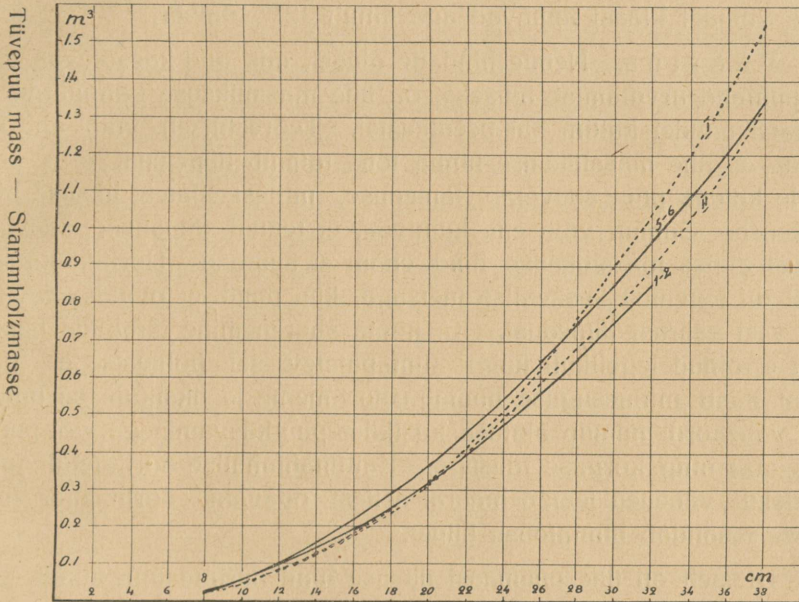
R i n n a s p i n d. Iga üksiku puu rinnaspind on proportsio-naalne tema rinnasmõõdu ruudule. Kuna kõrgematesse klassidesse kuuluvad üldiselt jämedamad puud, siis langeb ka üldisest rinnas-pindade summast kõrgemate klasside arvele palju suurem suhteline osa kui üldisest puudearvust. Hoolimata sellest, et esimesse klassi kuulub üldiselt vähem puid kui teistesse, on esimese klassi rinnaspindade summa enam-vähem sama suur nagu II klassil. Mõ-nel katsealal on ta suurem, teistel aga jälle väiksem. Kahe esimese klassi puude rinnaspindade summa moodustab läbisegi  $\frac{2}{3}$  üldisest katsealade rinnaspindade summast. Teised ülejäänud kolm klassi annavad kokku  $\frac{1}{3}$ . Kaks viimast klassi aga ainult 10—18% üldi-sest rinnaspindade summast.

P u u m a s s. Puumassi arvutamiseks tarvitati kõikidele klas-sidele ühist puumassi kurvi. Mudelpuude vähesuse tõttu ei olnud võimalik iga klassi jaoks oma massikurvi koostada. Selle tõttu võib pidada võimalikuks, et klasside vahekorras esineb väikesi lah-kuminekuid tegelikkude oludega võrreldes. Lahkuminekuud on mõel-davad eriti äärmistes klassides, kus teiste klassidega ühised jäme-dusastmed esinevad ainult ühel pool klassi keskmise puu jämedusest.

Puumassi hindamine sündis ühel osal katsealadest mudelpuude

andmeil saadud massikurve najal, teistel aga ametlike massitabelite najal.

4. joonises on näidatud graafiliselt, missugune on vahe ametlike massitabelite ja katsealadel saadud massikurve andmete vahel. Selgub, et massitabelid näevad ette jämedamaile puudele suhteliselt kõrgemat puumassi, kui tegelikult katsealadel saadud.



Rinnasmõõt — Brusthöhendurchmesser

Joon. 4. Katsealade 1—2 ja 5—6 massikurvid (—) ametlike massitabelite I ja II kõrgusejärgu massikurvega võrreldes.

Abb. 4. Das Vergleich der an der Versuchsflächen ermittelten Massenkurven mit amtlichen Massentafeln (I u. II).

Seetõttu on põhjust oletada, et massitabelite põhjal hinnatud katsealadel on I kl. puud üle hinnatud, III—IV kl. puude mass aga alla hinnatud.

Puumassi sisalduselt erinevad puud üksfeisest üldiselt rohkem kui rinnaspinna suuruselt, sest päale rinnaspinna suuruse oleneb iga üksiku puu mass veel vormiarvust ja puu kõrgusest. Massi sisalduse suhtes omavad valitseva rinde klassid rõhutatud rindega võrreldes suuremat tähtsust kui rinnaspinna suuruselt.

Kahe esimese klassi arvele langeb kogu puumassist umbes 70%. Kõikumised selle arvu suuruses olid katsealadel 67—73 vahel. I ja II klassi vahetõrge massi rohkuse poolest oli katsealadel võrdlemisi mitmekesine. Mõnel katsealal (näit. 3, 4, 5 ja 6) oli II klassi puude üldine mass suurem kui I klassil. 2-sel katsealal selle vastu sisaldas I klass umbes 2 korda nii palju puumassi kui II. III klassi arvele langeb üldisest puumassist läbisegi 18%, kaks viimast klassi annavad aga ainult 12% ümber.

V ä ä r t u s. Nende hindade alusel, mis olid käesolevas töös kännuhinna arvutamise aluseks, on ühe massiüksuse kännuhind jämedatel puudel kallim kui peenikestel. Teoreetiliselt võib ette kujutada, et ühe massiüksuse hinna tõus toimub hüpetena, s. o. selle järele kuidas puu saavutab jämeduse, millest alates üksuse hind suureneb. Samuti võib ette kujutada, et teatud jämeduse saavutamisest alates massiüksuse hind enam ei suurene. Uuritud katsealadel oli tegemist keskealise metsaga, kus puud ei olnud saavutanud veel säärast jämedust. Ka hinna suurenemine järskude hüpete näol ei olnud tegelikult kuigi silmapaistev sel põhjusel, et igast puust saab mitmesuguse hinnaga sortimente ja üksikute sortimentide vahetõrge muutub alatasa käsikäes puu kasvamisega, või puude jämeduse ning kõrguse tõusuga. Kallimahhinalise sortimendi juuretulekul väheneb teatud määral sellest odavamast sortimendi hulk ja see tasandab hinnatõusu hüpet.

Üldiselt on ühe puumassi üksuse hind uuritud ainesrikus seda suurem, mida suurem on puu ja selle tõttu langeb valitseva rinde arvele üldisest metsaväärtusest veelgi suurem osa kui üldisest puumassist. Ainesrikust selgus, et kahe esimese klassi arvele langeb metsa väärtusest 74—82%. Kolme viimase klassi arvele aga läbisegi ainult 22—24%.

P u u m a s s i j u u r d e k a s v. Juurdekasvu uuriti ainult kuuel alalisel katsealal ja kuna need asetused kahe kaupa, käivad uurimused tegelikult ainult kolme metsa kohta. Puumassi juurdekasv on üldiselt seda suurem, mida suurem on puu. Selle juures ei saa aga mitte öelda, et ta oleks proportsionaalne puumassi hulga. Andmestikust selgub, et valitseva rinde puude massi juurdekasvu protsent on tunduvalt suurem kui rõhutatud rinde puudel. Samuti selgub, et üldiselt on juurdekasvu protsent seda suurem, mida kõrgemasse klassi puu kuulub või mida suurem ta on. Kuid väga

sagedasti esineb ka erandeid ja ainestikust nähakse, et isegi I klassi puude juurdekasvu protsent on sagedasti sama suur kui II klassi puudel ja vahel isegi väiksem. Nii näiteks olid 5. ja 6. katseala kahe II klassi mudelpuu massi juurdekasvu protsendid 3,75 ja 3,50, kahel I klassi puul aga 2,69 ja 3,22.

Üldse langeb kahe esimese klassi juurdekasvu arvele 80–85% üldisest massi juurdekasvust. III klass annab umbes 7–15% ja kaks viimast klassi ainult 5–6% ümber.

Massi juurdekasvu käsitlemisel on huvitav võrrelda ka juurdekasvu suurust katsealade vahel ja oleks huvitav teada, kus ta on suurem, kus väiksem ja kas juurdekasvu suhtes ei paista silma erilisi jooni katsealade vahel. Nende järelduste tegemisel tuleb silmas pidada, et juurdekasvu määramine sündis 5–11 mudelpuu najal. Säärane mudelpuude hulk ei ole küllaldane selleks, et saadud tagajärgi võiks lugeda vabaks mudelpuude juhulistest individuaalsete iseäralduste mõjustustest. 1. tabelis näeme, et massi juurdekasv hektaari ja aasta kohta on katsealadel viimase 5 a. jooksul olnud 9,28–10,42 tm. Lahkuminekuud on võrdlemisi väikesed ja on igatahes võimalikkude vigade piirides. Nende väikeste lahkuminekute põhjal ei saa järeldusi teha metsade erinevusest juurdekasvu suhtes.

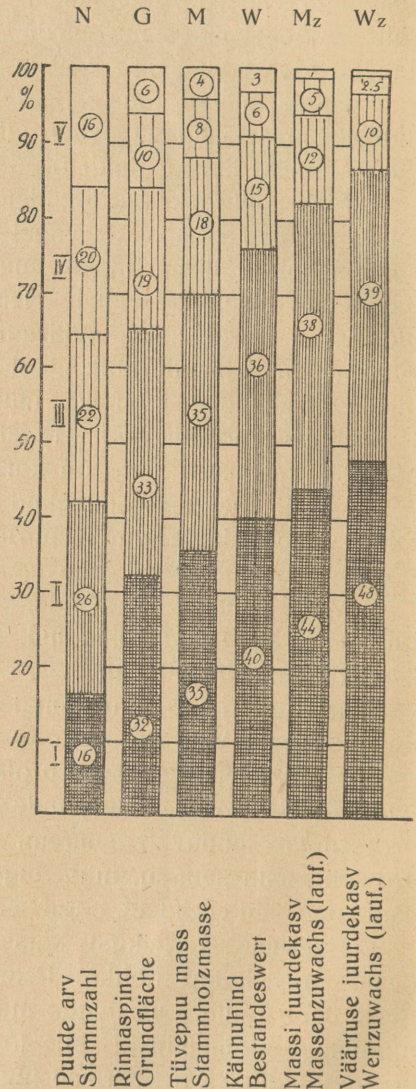
V ä ä r t u s e j u u r d e k a s v. Väärtuse juurdekasvu kohta on maksivad samad asjaolud, mis massi juurdekasvu juures. Eri-lise joonena ilmneb siin see, et massi juurdekasv on üldiselt seda väärtuslikum, mida jämedamate puudega on tegemist. Väiksemate puude juures (V kl.), kus kogu puu kuulub ühte sortimenti (propsid), on väärtuse juurdekasvu protsent umbes sama suur nagu massi juurdekasvul; suuremate puude juures on ta aga massi juurdekasvu protsendist tunduvalt suurem. Üldiselt on väärtuse juurdekasvu protsent seda suurem, mida tugevam on puu, kuid sagedasti esineb samasuguseid erandeid, nagu seda massi juurdekasvu puhul kirjeldati.

Väärtuse juurdekasv katsealadel kõigub 61,5 ja 81,8 kr. vahel aasta ja hektaari kohta. Peab tähendama, et andmed käivad viimase 5 a. kohta, kus puude mõõdud olid suhteliselt väiksemad kui mõõtmise momendil ja selle tõttu on need arvud oleviku jaoks tagasihoidlikud. Kui väärtuse juurdekasvu arvutada mudelpuude väärtuse juurdekasvu protsentide najal, siis saadaks 10–15% kõrgemad arvud. Üldiselt on väärtuse jooksev juurdekasv suurem kui keskmine puuvara juurdekasv ja metsad ei ole saavutanud veel finantsilist küpsust.

Väärtuse juurdekasvu suhtes ei ole katsealad omavahel võrrelduvad sel põhjusel, et kaugus raudteest ei ole kõigil võrdne. Raudteele ligemal olevail katsealadel on puuaine üksuse hind üldiselt kõrgem kui kaugemal ja sellele vastavalt suhtub ka väärtuse juurdekasv.

Kui kokkuvõttes võrrelda, missuguse osa iga üksik klass omab puudearvus, rinnaspinnas, puumassis, kännuhinnas ja juurdekasvus, näeme, et I klassi osa järjekindlalt suureneb puudearvust juurdekasvu sihis ja üldisest juurdekasvust langeb selle klassi arvele sagedasti ligikaudu pool. II klassi puude osal on samuti suurenemise tendents. Puudearvust langeb selle klassi arvele harilikult väiksem osa kui rinnaspinnast, puumassist ja juurdekasvust. Arvude suurenemine on aga selles klassis tunduvalt väiksem kui I klassi juures. 5. ja 6. katsealal langeb II klassi arvele suhteliselt suur juurdekasv. See on seletatav sellega, et nendel katsealadel on II klassi mudelpuude juurdekasv suhteliselt suurem I klassi puude juurdekasvust.

III, IV ja V klassi juures on seisukord eelmistega võrreldes vastupidine. Puudearvus langeb nende arvele õige suur osa (harilikult üle  $\frac{1}{2}$  üldisest puudearvust). Rinnaspinnas moodustavad nad kokku ainult  $\frac{1}{3}$  ja väärtuse juurdekasvus ainult  $\frac{1}{8}$ .



Joonis 5. Kraffi klasside osa 60-aas tase I bon. loodusnormaalse kuuse metsa koostises.

Abb. 5. Entwicklungsklassenanteil im 60-jährigen naturnormalen Fichtenbestande I Bonität.

5. joonis kujutab skemaatiliselt klasside vahekorda puudearvus, rinnaspinnas, puumassis, puumassi juurdekasvus ja väärtuse juurdekasvus 60. a. vanuste loodusnormaalsete kuusemetsade kohta — Voltveti katsealade läbisegiseil andmeil. Ta selgitab piltilikult üksikute klasside tähtsust metsa koostises ja juurdekasvus.

### Keskmete puude vahekord.

Metsa keskmine. Puistu puud erinevad üksteisest väga mitmete mõõdete, nagu läbimõõt, kõrgus, vormiarv, puumassi sisaldavus, juurdekasvu suurus, puuväärtus jne. suhtes. Kui tahtakse võrrelda ühe metsa puud teisega, peab tundma arvusid, mis iseloomustavad kogu seda kirjut puude kogumikku. Selleks pakuvad variatsioon-statistilised uurimismeetodid mitmekesiseid võimalusi, mille hulgas on esikohal keskmete variantide resp. keskmete puude võrdlemine. Kui meil läheb korda puude hulgast leida üht säärast, mis endas sisaldaks kõikide mõõdete suhtes läbisegiseid andmeid kõikide puude kohta, või teiste sõnadega, kui meil korda läheks puistus kindlaks teha puistu keskmist puud, siis sisaldaks see puu endas kogu puistu kohta väga palju iseloomustavaid jooni ja selle puu andmete teise puistu keskmise puu andmetega võrdlemine selgitaks meile juba mõndagi kahe puistu puude erinevusest ja iseäraldustest.

Variatsioon-statistika tunneb väga mitmesuguseid keskmisi, nagu aritmeetiline, kaalutud aritmeetiline, geomeetiline, ruutastmeline, harmooniline jne. Nende hulgast on tegelikult kõige rohkem tuntud ja kõige rohkem tarvitatav aritmeetiline keskmine.

Aritmeetilist keskmist võidakse arvutada puude läbimõõtudele, rinnaspindadele, puumassile, puude hinnale, üksikute puude juurdekasvule jne. Iga puu varieerub kõikides nendes mõõdetes, kuid samal ajal on need mõõted omavahel teatud ühenduses. Nii näiteks vastab teatud läbimõõdule metsas ka teatud läbisegine puude kõrgus, puumass, hind jne. Puumassi, pikkuse, hinna jne. olenevust puude jämedusest võidakse kujutada kurvi näol. Üksikute mõõdete jaoks on aga raske keskmisi nii arvutada, et saadud andmed omavahel suhtuks samuti nagu tegelikult metsas puude juures. Võib tulla ette, et arvutamise teel saadud keskmise jämedusega puude puumass on tegelikult metsas palju väiksem või suurem kui arvutamise teel saadud läbisegine ühe puu mass. Tüüpiliseks näiteks

sel alal on läbimõõtude ja rinnaspindade vahekord. Kui meie puude läbimõõtudele arvestame aritmeetilise keskmise ja seda võrdleme rinnaspindade aritmeetilise keskmisega, siis näeme, et nad ei ole kooskõlas. Puude läbimõõtude aritmeetilisele keskmisele vastab tegelikult palju väiksem rinnaspind kui seda on tegelik rinnaspindade aritmeetiline keskmine. Nähtuse põhjus seisab selles, et puude rinnaspinnad on proportsionaalsed mitte rinnasmõõtudele, vaid rinnasmõõtude ruutudele ja kui tahta läbimõõtude kohta leida säärast

5. tabel. Andmed metsa keskmiste puude mõõdetest.  
Die Resultate der Berechnung der arithmetischen Mittelstammdimensionen.

Katseala nr. Versuchsfläche Nr.	Aritmeetiline keskmine Arithmetische mittlere					Puu läbimõõt, millele vastab aritm. keskmine Brusthöhendurchmesser des Stammes, wel- chem entspricht d. arithmetische mittlere				
	rinnaspindadest Grundfläche m <sup>2</sup>	puude kõrgus- lest Höhe m	puumassist Stammholz- masse m <sup>3</sup>	puude hinnast Stammwert Kr.	puumassi juur- dekasvust laufende Mas- senzuwachs m <sup>3</sup>	rinnaspind Grundfläche cm	puude kõrgus Höhe cm	puumass Stammholz- masse cm	puude hind Stammwert cm	puumassi juur- dekasv laufende Mas- senzuwachs cm
1	0,0190	17,1	0,184	0,72	0,0047	15,5	13,2	15,6	15,6	16,6
2	0,0209	17,6	0,207	0,86	0,0051	16,3	13,7	16,4	16,6	17,0
3	0,0314	21,8	0,351	2,08	0,0074	20,0	17,3	20,0	20,3	21,2
4	0,0317	22,0	0,353	2,08	0,0074	20,1	17,6	20,1	20,3	21,2
5	0,0286	20,0	0,310	1,61	0,0075	19,1	16,2	18,8	19,1	19,0
6	0,0265	19,9	0,298	1,49	0,0072	18,4	16,0	18,3	18,6	18,7

keskmist, mille rinnaspind vastab rinnaspindade aritmeetilisele keskmisele, siis peame läbimõõtudele arvutama mitte aritmeetilise keskmise, vaid ruutastmelise keskmise.

Mitmete mõõdetega kohta saadud aritmeetiliste keskmiste võrdlemiseks on 5. tabelis antud mõningaid andmeid. Nimelt on tabelis vastatud küsimustele, missugune peab olema läbimõõt puul, millel on aritmeetiline keskmine rinnaspind, keskmine kõrgus, keskmine puumass, keskmine hind ja keskmine juurdekasv, kui oletada, et puude jämeduse ja nende mõõdetega vahel on teatud järjekindel vahekord. Nendele küsimustele vastuse saamiseks määrati katsealadel kindlaks (mudelpuude andmete najal) läbimõõdu vahekord üksikult

iga teise uuritud mõõtega: koostati kõrguse-, massi- ja hinnakurvid. Nende kurvide najal arvutati keskmine aritmeetiline puude kõrguste, puumassile ja hinnale. Samade kurvide najal määrati kindlaks, missugune läbimõõt vastab arvutamisel saadud keskmistele. Et selgitada, missugune jämedus vastab puule, millel on aritmeetiline keskmine juurdekasv, koostati mudelpuude andmete najal ka juurdekasvukurv, mis kujutas juurdekasvu sõltuvust puude läbimõõdust. Selle juures selgus aga, et kurvi lõppotsade kindlaksmääramine ei ole tarvitatud mudelpuude arvu juures võimalik. Punktide asetused võrdlemise laialipillatult ja lõppotsade tasandamisel oleks jäänud liiga suur voli uurija subjektiivsusele. Andmete najal oli võimalik määrata ainult kurvide keskosi. Puistu juurdekasvu arvutamist ei olnud seepärast võimalik juurdekasvu kurvi abil teostada ja aritmeetilise keskmise juurdekasvu saamiseks kasustati teisel teel määratud puistu juurdekasvu andmeid. Juurdekasvu kurvi tarvitati aga selleks, et kindlaks määrata missugune peaks olema puu läbimõõt, millel on keskmine juurdekasv.

Andmeist selgub, et mitmel teel arvutatud keskmised puud erinevad õige tunduvalt. Kõige väiksem on keskmine puu, mis arvutatud puude kõrguste alusel. Tema rinnasmõõt on umbes 15% väiksem kui rinnaspindade alusel arvutatud puul. Kui ümberpöörduvalt võrrelda puude kõrguste aritmeetilist keskmist selle puu kõrgusega, millel on keskmine rinnaspind, siis selgub, et viimase kõrgus on esimesest 1.—2. katsealal 10—11% ja 5.—6. katsealal 7—8% suurem. See oleks oletusel, et puude kõrguse tõus käsikäes jämeduse suurenemisega on järjekindel. Tegelikult ei ole võrdse jämedusega puud metsas mitte võrdse kõrgusega ja metsas võib leiduda ka puud, millel on ühel ja samal ajal aritmeetiline keskmine kõrgus ja rinnaspind. Tõenäolisus niisuguste puude leidumiseks on aga palju väiksem, kui säärase puude leidumiseks, mille rinnasmõõdu ja kõrguse vahekord vastab kõrgusekurvi andmeile. Saadud andmed kinnitavad tõsiasi, millele metsateaduslikus kirjanduses juba ammu tähelepanu juhitud, s. o.: metsa keskmise kõrguse iseloomustamiseks ei ole puude aritmeetiline keskmine kõrgus kohane, vaid selleks peab kasutama mõnd teist keskmist, mille juures kõrgematele puudele langeb suurem kaal. Sel põhjusel ei ole ka käesolevas töös metsa keskmise kõrguse iseloomustamiseks tarvitatud puude kõrguste aritmeetilist keskmist, vaid selleks on kasustatud keskmise rinnaspinnaga puu kõrgust, mis on määratud kõrgusekurvide najal.

6. tabel. Klassi keskmiste puude mõõdud.

Mittelstammdimensionen der Entwicklungsklassen (I—V) und des Bestandes (M)

Katsesala nr. Versuchsfläche Nr.	Metsa vanus Bestandesalter	Krafi klass Entwicklungsklasse	Keskmise puu mõõdud Mittelstammdimensionen						Keskmiste võrdlus I klassi keskmise puuga Vergleich mit dem Mittelstamm der I Entwicklungsklasse.						Klassi keskmiste võrdlus metsa keskmisega Vergleich mit dem Bestan- desmittelstamm					
			kõrgus Höhe	rinnasmõõt Brusthöhendurch- messer	rinnaspind Grundfläche	puumass Masse	kännuhind Wert	massi juurdekasv Laufender Massenzuwachs	kõrgus Höhe	rinnasmõõt Brusthöhendurch- messer	rinnaspind Grundfläche	puumass Masse	kännuhind Wert	massi juurdekasv Laufender Massen- zuwachs	kõrgus Höhe	rinnasmõõt Brusthöhendurch- messer	rinnaspind Grundfläche	puumass Masse	kännuhind Wert	massi juurdekasv Laufender Massen- zuwachs
			m	cm	m <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	Kr.	m <sup>3</sup>	0/0 0/0						0/0 0/0					
1	70	I	22,2	22,4	0,0394	0,407	1,90	0,0112	100	100	100	100	100	100	117	144	207	221	250	238
		II	20,0	17,2	0,0231	0,228	0,94	0,0073	90	77	59	56	49	65	106	111	121	124	124	155
		III	17,1	13,3	0,0141	0,128	0,47	0,0019	77	64	36	31	25	17	90	86	74	70	62	40
		IV	15,0	11,4	0,0103	0,093	0,30	0,0013	68	51	26	23	16	12	79	73	54	50	40	28
		V	11,0	8,8	0,0061	0,042	0,09	0,0003	50	39	15	10	5	3	58	57	32	23	12	6
		M	18,9	15,5	0,0190	0,184	0,76	0,0047	85	69	48	45	40	42	100	100	100	100	100	100
2	70	I	22,3	22,9	0,0413	0,432	1,95	0,0118	100	100	100	100	100	100	114	140	198	209	227	232
		II	20,3	17,3	0,0236	0,236	0,99	0,0075	91	76	57	55	51	64	104	106	113	114	115	147
		III	18,3	14,2	0,0159	0,155	0,59	0,0022	82	62	38	36	30	19	94	97	76	75	69	43
		IV	16,4	12,2	0,0117	0,107	0,37	0,0016	74	53	28	25	19	14	84	75	56	52	43	31
		V	11,2	9,0	0,0063	0,045	0,10	0,0003	50	39	15	10	5	3	57	55	30	22	12	6
		M	19,5	16,3	0,0209	0,207	0,86	0,0051	87	71	51	46	44	43	100	100	100	100	100	100

3	61	I	25,4	27,4	0,0590	0,680	4,42	0,0193	100	100	100	100	100	100	110	137	188	194	213	261
		II	23,8	21,7	0,0369	0,418	2,45	0,0078	90	79	63	61	55	40	103	108	117	119	118	105
		III	21,1	16,0	0,0200	0,216	1,16	0,0038	83	58	34	32	26	20	91	80	64	62	56	51
		IV	18,2	12,6	0,0126	0,122	0,58	0,0015	72	46	21	18	13	8	79	63	40	35	28	20
		V	13,5	9,4	0,0070	0,054	0,18	0,0005	49	34	12	8	4	3	58	47	22	15	9	7
		M	23,1	20,0	0,0314	0,351	2,07	0,0074	91	73	53	52	47	38	100	100	100	100	100	100
4	61	I	25,4	27,5	0,0596	0,692	4,47	0,0197	100	100	100	100	100	100	110	137	188	196	215	267
		II	24,0	22,4	0,0396	0,453	2,68	0,0084	94	81	66	67	60	43	104	111	125	128	129	114
		III	21,9	17,3	0,0234	0,250	1,37	0,0045	86	63	39	36	31	23	94	86	74	71	66	61
		IV	19,1	13,5	0,0142	0,138	0,67	0,0017	76	50	24	20	15	9	82	67	45	39	31	23
		V	12,8	8,9	0,0062	0,036	0,10	0,0004	50	32	10	5	2	2	55	44	20	10	5	5
		M	23,2	20,1	0,0317	0,353	2,08	0,0074	91	74	53	51	47	37	100	100	100	100	100	100
5	62	I	24,6	28,1	0,0620	0,720	4,16	0,0184	100	100	100	100	100	100	114	147	224	228	258	256
		II	22,8	22,0	0,0380	0,441	2,36	0,0138	93	78	61	61	57	70	105	115	143	140	146	184
		III	20,7	17,3	0,0234	0,252	1,12	0,0048	84	62	38	35	27	26	96	90	82	80	70	64
		IV	19,0	14,7	0,0169	0,172	0,68	0,0014	77	52	27	24	16	8	88	77	59	55	42	19
		V	15,2	11,3	0,0101	0,090	0,29	0,0008	62	40	16	13	7	4	70	59	35	29	18	11
		M	21,6	19,1	0,0286	0,316	1,61	0,0075	88	68	46	44	39	41	100	100	100	100	100	100
6	62	I	24,1	25,7	0,0519	0,620	3,61	0,0154	100	100	100	100	100	100	113	140	196	208	233	213
		II	22,2	20,5	0,0330	0,388	1,98	0,0120	92	80	66	63	60	78	104	111	124	130	128	165
		III	19,5	16,3	0,0210	0,231	1,02	0,0043	81	63	40	37	28	28	91	89	79	78	66	59
		IV	18,0	13,5	0,0143	0,146	0,56	0,0012	75	53	28	24	15	7	84	73	54	49	36	17
		V	14,3	10,4	0,0086	0,066	0,20	0,0007	59	40	17	11	5	5	67	57	32	22	13	10
		M	21,3	18,4	0,0265	0,298	1,55	0,0072	88	72	51	48	43	47	100	100	100	100	100	100

Võrreldes sel teel saadud kõrgusi teiste keskmistega, mille juures tugevamate puude kõrgustele langeb suhteliselt suurem kaal, selgus, et saadud arvud on hääs kooskõlas n. n. massiga kaalutud puude kõrguste harmoonilise keskmisega, missuguse tarvitamist on soovitanud Lorey (1878) ja Lönroth (1926). Rinnaspinnaga kaalutud puude kõrguse aritmeetiline keskmine osutus sellest suuremaks ja massiga kaalutud aritmeetiline keskmine veelgi kõrgemaks.

Puumassi ja kännuhinna alusel arvatud aritmeetilise keskmise puu läbimõõdud on rinnaspinna alusel saadud omadest järjekindlalt suuremad, välja arvatud 5. katseala, kus metsa koostises esines suhteliselt palju lehtpuid (kaski), mille massisisaldus oli kuusega võrreldes väiksem. Vahed saadud arvude vahel on üldiselt siiski väikesed ja neil ei ole praktilist tähtsust. Ka teoreetiliselt jäävad nad võimalikkude arvestusvigade piiridesse.

Sellest nähtub, et tegelikult võrdlemisi kergelt ja täpselt arvatav ja kõige sagedamini metsa iseloomustamiseks tarvitav aritmeetilise keskmise rinnaspinnaga puu andmed kõlbavad praktiliselt küllalt hästi uuritud kuusemetsade iseloomustamiseks hinna ja puumassiga seotud küsimuste valgustamisel.

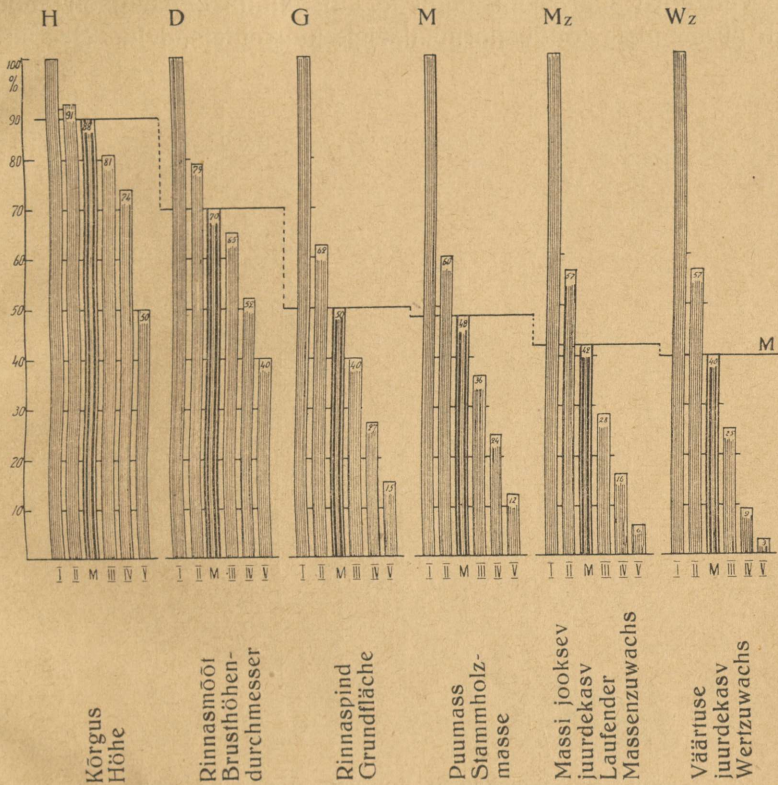
Juurdekasvu suhtes ei saa aga seda mitte öelda. 5. tabelist näeme, et aritmeetilise keskmise juurdekasvuga puu läbimõõt on järjekindlalt suurem<sup>1)</sup> kui juurdekasv keskmise rinnaspinnaga puul. 3-dal ja 4-dal katsealal, kus mudelpuude juurdekasvu andmed moodustasid võrdlemisi korrapärase kurvi, oli ühe puu aritmeetiline keskmine juurdekasv 14–17% suurem keskmise rinnaspinnaga puu juurdekasvust.

Üksikute klasside keskmised. 6. tabel pakub võimaluse üksikute klasside keskmiste puude võrdlemiseks. Keskmise puu all on siin mõeldud puud, millel on aritmeetiline keskmine rinnaspind, puumass, hind ja juurdekasv, kuid mille rinnasmõõt on arvatud rinnaspinnast ja mille kõrguseks on rinnasmõõdule kõrgusekurvides vastav kõrgus. See tabel selgitab põhjusi, miks üksikute arenemisklasside osa puudearvus, rinnaspinnas, puumassis, hinnas ja juurdekasvus on erinev. Näeme nimelt, et keskmiste puude andmeis on väga suured lahkuminekid.

1) 5. katseala kohta käivaid arvusi ei saa siin arvesse võtta, sest nagu tähendatud, oli sellel katsealal suhteliselt palju kaski.

Et võimalik oleks võrdlusi teha, selleks on tabelis absoluutsete arvude kõrval toodud ka suhtelised, mis näitavad teiste klasside puude mõõte I klassi ja kogu metsa keskmise puuga võrreldes.

Keskmise puu kõrguses on lahkuminekul suhteliselt väiksemad kui läbimõõtude juures. V klassi keskmise puu kõrgus moodustab



Joonis 6. Klassi keskmiste ja metsa keskmise (M) puu mõõdud 60-aastasest loodusnormaalses I bon. kuusemetsas.

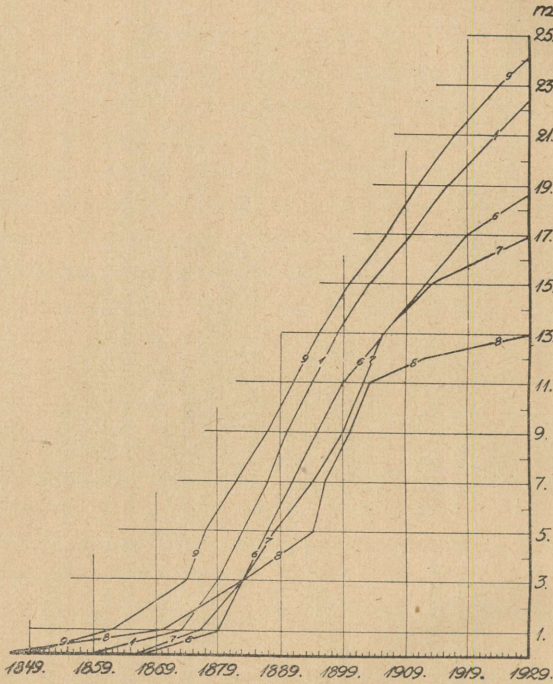
Abb. 6. Mittelstammdimensionen der Entwicklungsklassen verglichen mit dem Bestandesmittelstamm (M) in 60 jährigen naturnormalen Fichtenbestände I Bonität.

umbes 50% I klassi omast. Rinnaspinnalt ja puumassi sisalduselt on vahe äärmiste klasside vahel umbes 8-kordne, juurdekasvus aga kuni 50-kordne.

Klasside keskmisi metsa keskmise puu andmetega võrreldes selgub, et metsa keskmine puu langeb järjekindlalt II ja III klassi vahele. Kõrguse suhtes on ta võrdlemisi ligidal II klassile.

5. tabelis toodud keskmiste andmeid 6. tabeli andmetega võrreldes näeme, et puude aritmeetiline keskmine kõrgus võrdub enam-vähem III klassi puude kõrgusele. Teised keskmised langevad aga kõik II ja III klassi keskmise puu vahele.

6-ndas joonises on kujutatud skemaatiliselt klassi keskmiste puude vahakord säärasena, nagu ta katsealade läbisegiseil andmeil vastab 60-aastaste loodusnormaalsetele kuusemetsadele. See skeem



Joon 7. Mudelpuude kõrguse arenemine 1—2 katsealal.

Abb. 7. Die Höhenentwicklung der Modellstämme an den Versuchsflächen 1—2.

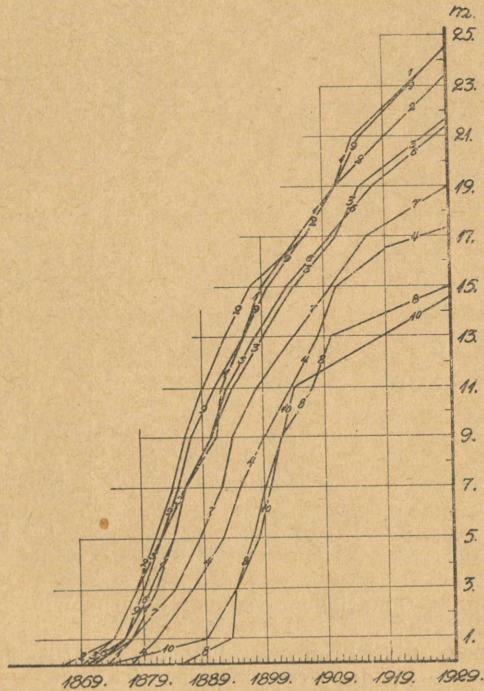
selgitab piltlikult esimeste klasside puude tähtsuse suurenemist kärsikäs sellega kui andmete jälgimisel siirdutakse puudearvult puude väärtusele ja juurdekasvule.

### Puude ümberasetumine ja puudearvu kahanemise protsess.

Loomulikud puudearvu kahanemise protsessis tasavanustes metsades kujutellakse, et surma ohvriks langevad kõige nõrgemad V klassi puud. Surnud puud asetavad aga nõrgemad IV klassi puud,

mis teiste alla jäänud ja teistega võrreldes järjest viletsamasse arenemisastmesse langevad. Nende asemele tõrjutakse III-st klassist jällegi osa nõrgemaid puud IV-dasse jne. Lühidalt öeldes, kujutatakse järjekindlat puude ümberasetumist kõrgemaist klassidest nõrgemasse.

Sellele loomulikule puude ümberasetumisskeemile toetudes oletatakse, et keskealises ja vanas metsas kasvavad puud on kõik kord

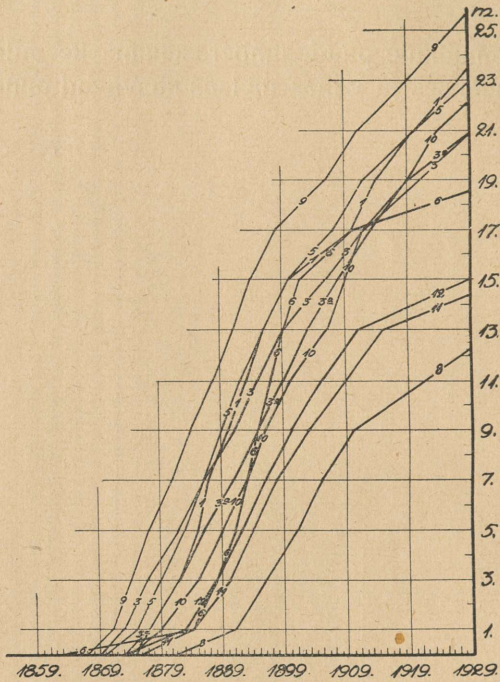


Joon. 8. Mudelpuude kõrguse arenemine 3.—4. katsealal.

Abb. 8. Die Höhenentwicklung der Modellstämme an den Versuchsflächen 3—4.

olnud valitsevad puud ja nõrgemate puude klassid on tugevamate puude klassidest ümberasetumise teel välja kasvanud. Metsateaduslikus kirjanduses (v. Busse 1930) on konstateeritud aga ka vastupidist nähtust, s. o. et vahel arenevad metsas ka nõrgemad puud kiiremini kui neist tugevamad puud ja et nõrgema klassi puud vahel järele jõuavad tugevamaile ja nii siis nõrgemast klassist tugevamaesse ümber asetuvad.

Minu poolt uuritud metsad ei ole tasavanused. Mudelpuude andmeis ei ole tugevamate puude ümberasetumine nõrgemaisse klassidesse nii korrapärane nagu seda teoreetilistel kaalutlustel oletama



Joon. 9. Mudelpuude kõrguse arenemine 5. ja 6. katsealal.

Abb. 9. Die Höhenentwicklung der Modellstämme an den Versuchsflächen 5—6.

peab. Joonistel 7—9 nähakse mudelpuude kõrgusekurve üksikute katsealade kaupa. Säält selgub, et pikemad puud on peaaegu kogu aeg olnud pikemad ja lühemad — lühemad. Puud, mis juba noorelt on teistega võrreldes kasvus maha jäänud, on kogu aeg kasvanud valitsevast rindest madalamatena ja puude kõrguse juurdekasv on olnud pikemat aega sama suur nagu kõrgetel puudel või vähemalt proportsionaalne puude kõrgusele. Ainult viimase 15 a. kohta võib märgata, et madalamate puude juurdekasv on suhteliselt aeglasem kui kõrgematel puudel ja selles võib näha nende puude ümberasetumist nõrgemaisse klassidesse. Varema aja kohta nä-

hakse joonistel aga rohkesti ka juhtumeid, kus madalamad puud on kasvanud kõrgeist kiiremini ja on neist ette jõudnud.

Huvitav on ka see, et puude kuulumine ühte või teise klassi ei ole mitte otsekoheses ühenduses puude vanusega. Uuritud puude andmeil võib üsna harilikuks lugeda nähtust, et Kraffi I klassi puud ei ole metsas mitte kõige vanemad, vaid kõige vanemad puud on sagedasti ümberasetunud nõrgemaisse klassidesse. Seda nähtust võib seletada sellega, et vanemad puud on vana metsa varjus enne tuulemurdu kaudu kasvanud ja üleliigse varju all kannatades kiratsema jäänud. Kui emamets hävines, sattusid nad järsku hoopis teistsugustesse tingimustesse ja ei suutnud enam nii kergesti toibuda kui väiksemad hiljem tärganud taimed. Huvitav on, et I katsealal puu nr. 8 ja III katsealal puu nr. 6 pärast toibumist on väga kiirelt kasvama hakanud, kuid hiljem on nende kõrgusekasv järsku seisma jäänud.

Puude vanuse suhtes on kõige huvitavam ja mitmekesisem Kraffi V klass. Selles leiame sagedasti kõrvuti kõige vanemaid ja kõige nooremaid puid. Ühed on sellesse ümberasetunud tugevamaist, teised on aga määratud teiste tugevamate puude varjus kasvama juba oma hilise tekkimisega.

Kõigist sellest järeldub, et mittetasavanuste metsade koostis on puude arenemise suhtes väga mitmekesine; üldjooneline oletus, et keskealises metsas kasvavad puud on noores eas kuulunud valitsevate puude hulka, ei pea paika. 60-aastane minevik on kuusemetsade jaoks igatahes lühike selleks, et selle aja jooksul võiksid tasanduda esialgsel tekkimisel esinenud ebatasasused ja et loomulik võistlus puude vahel suudaks surmata noores eas teiste suuremate puude alla jäänud puid.

Sellest ei saa aga järeldada, et uuritud metsades puude arvu kahanemisprotsess ei ole veel avaldunud. Kõikidel katsealadel leidis suuremal või vähemal arvul kuivi puid, mis viimase aasta keskes olid surnud. Lähemal jälgimisel selgus, et kõik surnud puud ei kuulu oma suuruselt mitte kõige nõrgemaisse klassidesse. Paistis silma, et kõige rohkem sureb uuritud metsades IV ja V klassi puid, kuid sagedasti nähakse ilma silmapaistva välise põhjuseta kuivamas ka tugevamaid puid. Sagedasti esineb juhtumeid, kus on hävinud ka kõige tugevamad I klassi puud. Nende surma põhjustajaks oli harilikult torm, mis neid ümber paiskas. Sellest järeldub, et pääleloomuliku puudevahelise võistluse esineb metsas palju teisi põhjusi,

mis mõjustavad puude enneaegset surma. Tegelik puudearvu kahanemisprotsess uuritud metsades on seega võrdlemisi mitmekesine ja paljudest kõrvuti esinevaist põhjustest tingitud nähtus.

### Põimendusraiate saak.

Põimendamise juures tarvitati kolme meetodit: C-kraadi, prantsuse ja taani põimendust.

C-kraadi põimenduse mõiste on metsateaduslikus kirjanduses üldiselt tuntud. Seda mõistet on tarvitatud väga paljude maade metsateaduslikus kirjanduses ja katsejaamades. Käesolevas töös on seda mõistet käsitletud säärase ulatuse ja tähendusega nagu see Bühleri (1922) käsiraamatus kindlaks on määratud. Viimase määratluse juures kuuluvad põimendamisel kõrvaldamisele kolme nõrgema klassi puud. Selle juures mõeldakse samas raamatus esitatud (Helveetsia katsejaama) klassifikatsiooni, mille juures puud jaotatakse nagu Kraffi klassifikatsiooniski viieks klassiks, kuid mis ei ole identne Kraffi klassifikatsiooniga. Lahkumineku klassifikatsioonide vahel esinevad peamiselt kolme esimese klassi määritlemises. Kraft tarvitab klassifikatsiooni aluseks peamiselt üht kriteeriumi: puukroonide arenemisastet. Kolmanda klassi puud loeb ta alumiseks astmeks valitsevas rindes. Bühleri poolt esitatud klassifikatsioonis eraldatakse kolmanda klassi puud aga rõhutatud rinde, mitte valitseva rinde puude hulgast.

C-kraadi põimenduse juures peetakse veel silmas, et kroonide võlvi ei tekiks aukusid. Hõredamais augukohtades ei saa selle meetodi juures kõrvaldada kõiki alluva rinde puud. Selle vastu on meetodi juures ette nähtud ka üksikute vigaste valitseva rinde puude kõrvaldamise võimalus.

Tegelikult selle meetodi järgi puude märkimist teostades osutuskki tarvilikuks ka I ja II klassi puude hulgast üksikute puude kõrvaldamine ja alati tuli III klassist, mis, nagu juba ülalpool tähendatud, Kraffi klassifikatsiooni juures on laiaulatuselikum kui Helveetsia katsejaama klassifikatsioonis, palju puud kasvama jätta; ka ei olnud võimalik IV klassi puud viimseni välja raiuda.

Prantsuse meetodi all mõeldakse käesolevas töös põimendust, mis alguse on saanud Prantsusmaa tammemetsades ja mis teistes maades *éclaircie par le haut* (ka ülalpõimendus — Hochdurchforstung) nime all üldiselt tuttavaks on saanud. Põimendusel selle meetodi nõuete kohaselt püütakse soodustada väärtuslikumate puude arene-

mist, kuid samal ajal hoolitsetakse selle eest, et metsaalune maapind oleks küllaldasel määral varjatud ja kaitstud päikese kiirte ja tuule halva mõju vastu, ning et metsas oleks küllaldasel määral väiksemaid puid, mis edendavad valitseva rinde puude laasumist. Metsa noores eas see meetod ei erine palju harilikkudest C- ja B-kraadi põimendustest, sest harilikult kõrvaldatakse ka nende meetodite juures vigaseid ja halbade tüveomadustega valitseva rinde puid. Lahkumineku tekivad metsa keskeas. 50—60 a. vanuses valitakse prantsuse meetodi juures välja teatud arv tulevikupuud, mille arenemise eest kantakse erilist hoolt. Teised puud metsas on ainult täitepuudeks, mis on tarvilikud pinna varjamiseks. Põimendamise juures kõrvaldatakse esijoones puud, mis võistlevad väljavalitud puudega, mis takistavad nende kroonide arenemist või mis neile võivad tuua otsust kahju. Alluva rinde puid püütakse esialgu võimalikult suuremal määral alles hoida ja nendest raiutakse päämiselt sääraseid, mis järgmise põimenduse ajaks võivad ära surra. Selle meetodi tarvitamisel Voltvetis valiti katsealadel välja kõigepäält kõige paremate tüveomadustega hästiarenenud krooniga, hästijuurdunud tulevikupuud umbes 300—320 tk.<sup>1)</sup> ühe hektari kohta. Neid püüti valida nii, et nad oleks pinnas enam-vähem ühtlaselt jaotatud ja nendeks osutusid päämiselt Kraffi I ja II klassi puud, kuid kohati tuli nendeks valida ka Kraffi III klassi puid. Väljaraiutavate puude märkimisele asudes määrati kõigepäält väljaraiumisele puud, mis takistavad tulevikupuude kroonide arenemist. Niisugusteks osutusid päämiselt Kraffi I, II ja III klassi puud, kuid ka IV ja V klassi puid tuli tulevikupuude läheduses mõnikord väljaraiumisele määrata. Puude hulgast, mis tulevikupuudest olid kaugel ja mis oma kroonidega nende arenemist ei saa mõjustada, määrati raiumisele haiged, vigased ja puud, mis välise kuju järgi otsustades ei suudaks elada kuni järgmise põimenduseni.

Taani põimenduse juures toimub puude märkimine üldiselt samal põhimõttel nagu prantsuse põimenduse juures. Siin jääb aga ära tulevikupuude väljavalimine ja teistest puudest eraldamiseks ära märkimine. Siin püütakse üldiselt soodustada hääde tüveomadustega puude arenemist ja selle võimaldamiseks tuleb sagedasti metsast kõrvaldada okslikke kõveratüvelisi I ja II klassi puid. Alluva või rõhutatud rinde puude hulgas teostatakse aga raiumist samuti nagu prantsuse põimenduse juures. Arvesse võttes, et siin ei olnud

1) Tammemetsades valitakse teatavasti ainult 120—150 puud.

puud säärase järjekindla hoole all nagu prantsuse põimenduse juures, osutus see meetod eelmisega võrreldes nõrgemaks.

Et kõike seda piltlikumalt esile tuua, esitatakse järgnevas tabelis andmed, mis selgitavad, missuguses ulatuses puid raiumisele määrati.

Tabelist selgub, et C-kraadi põimenduse juures kõrvaldati puid üldiselt rohkem kui prantsuse põimendusel, kuid kõrvaldatud puud kuuluvad päämiselt kolme viimasesse klassi. Prantsuse meetodi

7. tabel. Põimendusmeetodite võrdlus.  
Vergleich der gebrauchten Durchforstungsmethoden.

Katseala Versuchsfläche		Põimendus- meetod  Durchforst- ungsmethode	Puude arv Kraadi klassides enne põimendust Stammzahlen vor d. Durchforstung						Põimendamise puhul kõrvaldati Ausgeschieden bei der Durchforstung					
Nr.	Suurus ha		I	II	III	IV	V	kokku Zusam- men	I	II	III	IV	V	kokku Zusam.
1	0,125	C kraad	49	64	45	33	58	249	2	3	33	25	57	124
2	0,125	Prantsuse	56	51	39	37	51	234	14	18	22	24	40	118
3	0,24	C kraad	50	132	64	63	8	317	—	6	37	62	8	113
4	0,24	Prantsuse	51	100	94	72	7	324	3	22	28	54	5	112
5	0,25	Prantsuse	51	85	64	72	72	344	19	25	29	34	39	146
6	0,25	C kraad	53	123	93	72	47	388	2	13	52	66	47	180
62	0,20	Taani	52	85	64	67	22	290	3	14	24	41	17	99

juures aga kõrvaldati ka I ja II klassi puid kaunis silmapaistval arvul. Taani meetodi juures kõrvaldati üldiselt vähem puid kui kahe esimese meetodi juures ja kõrvaldatute hulgas on I ja II klassi puude hulk väiksem kui prantsuse põimendusel, kuid suurem kui C-kraadi juures.

3-das tabelis toodud näiteist selgub, et kõrvaldatud puude hulk moodustab  $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$  puude koguarvust. Sellest ei tule aga järeldada, et tarvitatud meetodite juures alati nii palju puid kuulub kõrvaldamisele. Tuleb arvesse võtta, et arvud kujutavad esimesel põimendusel kõrvaldatud puid. 3-dal ja 4-dal katsealal, kus ka varemalt on teostatud väiksemaulatuslikke põimendusi, on kõrvaldatud

puude hulk tunduvalt väiksem kui samade meetodite tarvitamisel põimendamata metsas (katsealad 1—2 ja 5—6).

8. tabelist nähtub, kui suure osa moodustavad kõrvaldatud puud üldises puumassis ja hinnas. Selgub, et C kraadi juures kõrvaldati 15,7% (3. katseala) kuni 25,8% (6. katseala) üldisest

8. tabel. Põimendusraiate saak.  
Durchforstungsertrag.

Katseala nr. Versuchsfläche Nr.	Metsa vanus Bestandesalter	Põimendus- meetod  Durch- forstungs- methode	Põimendamisel kõrval- datud Durchforstungsertrag pro ha				Kõrvaldatud puud moo- dustavad üldisest katseala Ausgeschieden			
			puude arv Stammzahl	rinnas- pind Grundfläche m <sup>2</sup>	puumass Masse m <sup>3</sup>	puude kännuhind an Wert Kr	puudearvust v. d. Stamm- zahl	rinnas- pinnast v. d. Grundfläche	puumassist v. d. Masse	kännu- hinnast vom Wert
%										
1	70	C-kraad	960	9,6	82,0	255.—	48,2	25,4	22,4	16,8
2	70	Prantsuse	944	15,2	145,5	533.—	50,4	38,9	37,8	33,0
3	61	C-kraad	471	7,2	72,6	366.—	35,6	17,3	15,7	13,3
4	61	Prantsuse	467	10,4	110,6	614.—	34,6	24,3	22,3	21,8
6	62	C-kraad	720	11,7	119,4	470.—	46,5	28,6	25,8	20,3
5	62	Prantsuse	584	14,9	152,5	709.—	42,5	37,8	35,2	32,0
62	62	Taani	495	10,2	85,0	199.—	34,1	23,4	21,1	18,1
12	60	Taani	452	—	81,5	270.—	34,2	—	20,1	13,9
13	62	Taani	538	—	84,0	304.—	36,1	—	22,0	17,1

puumassist. Prantsuse meetodi juures on vastavad arvud 22,3—37,5% ja taani meetodi juures umbes 21%.

Üldisest metsa väärtusest on põimendamise teel realiseeritud C-kraadi juures 13,3—20,3%, prantsuse meetodi juures 21,8—32,5% ja taani meetodi juures 13,9—18,1%. Põimendusel saadud materjalide väärtus oli prantsuse meetodi juures 60—100% suurem kui C-kraadi juures.

Põimendusel saadud materjalide kättehinnad ühel hektaaril on 270—710 krooni. Saak on seega väga suur ja sellest tekib terve

rida küsimusi, nagu, kas niivõrt tunduv massi kõrvaldamine metsast on kasulik, kas see ei vähenda metsa juurdekasvu, kas selle läbi ei saa vähendatud pääkasustuse suurus. Et neid küsimusi üksikasjalikumalt valgustada, selleks ongi rajatud katsealad, kuid vastamine neile küsimustele on mõeldav alles tulevikus, kui korduvad mõõtmised on selleks tarvilikul määral andmeid andnud. On selge, et esimesil aastail pärast põimendust on puumassi juurdekasv väiksem kui enne põimendust, sel põhjusel, et hulk puid, mis produtseerisid puitu, kõrvaldati ja allesjäänud puud ei saa järsu hüppena

9. tabel. Jooksva juurdekasvu vähendamise ulatus põimendamisel. Der Eingriff der einzelnen Durchforstungsmethoden in den laufenden Zuwachs.

Katseala nr. Vetsuchfläche Nr.	Metsa vanus Bestandesalter	Põimendusmeetod Durchforstungsmethode	Põimendusel kõrvaldatud puude arvele langeb kogu katseala viimase 5 aasta Ausgeschiedene Bäume haben geliefert	
			puumassi juurdekasvust vom Massenzuwachs der letzten 5 Jahre	väärtuse juurdekasvust vom Wertzuwachs d. letzten 5 Jahre
			0/0	
1.	70	C-kraad.	13,2	10,5
2.	70	Prantsuse	33,8	31,7
3.	61	C-kraad.	11,0	10,5
4.	61	Prantsuse	19,2	18,4
5.	62	Prantsuse	35,4	35,6
6.	62	C-kraad.	18,3	15,2

hakata puitu vastaval määral rohkem produtseerima. Neil kulub teatud aeg assimilatsiooni ja juurte tegevuse kooskõlastamiseks uute olude kohaselt. Välismaail tehtud uurimused ei luba loota seda, et põimenduste teel suudetakse tunduvalt suurendada üldist puutoodangut teatud kasvupaigal. Kui välja jätta erakordselt liigtiheduse all kannatavad metsad, missuguseid ette tuleb võrdlemisi harva, siis ei ole põimenduste ülesandeks üldse massitoodangu suurendamine. Tähtsamateks ülesanneteks on: 1) puudearvu vähenemisprotsessi tõttu suremisele määratud puude õigeaegne kasustamine; 2) väärtuslikumate puude arenemise soodustamine ja 3) metsast juba enne pääkasustust sissetulekute saamise võimaldamine. Kuigi põimendustega ei saa esile kutsuda massitoodangu suurenemist, on nende abil

võimalik suurendada metsa rahalist tulu. Väärtuslike puude soodustamise läbi võib juurdekasvu kontsentreerida säärasele puudele, kus see juurdekasv esile kutsub suurema metsa väärtuse tõusu ja lõppkasustusel võib väiksem puude arv anda sama või isegi suurema tulu kui suur puude arv põimendamata metsas. Kuivõrt suurel määral tarvitatud meetodid selle eesmärgi saavutamiseks kaasa aitavad, seda näitab tulevik. Siinkohal on aga huvitav selgitada, kui palju langeb massi ja väärtuse juurdekasvust nendele puudele, mis kõrvaldatakse põimendamise juures.

Seda viimast küsimust on selgitatud ainult alatistel katsealadel, s. o. 1—6. Taani põimenduse kohta seda ei ole tehtud. Juurdekasvu uurimiseks kasustati samade mudelpuude andmeid, mille najal hinnati kogu metsa juurdekasv. Erilisi uurimusi raiutud puude kallal ette ei võetud. Arvesse võttes, et kõiki ühe klassi puud ei kõrvaldatud peaaegu kunagi viimseni ja et igast klassist esimeses järjekorras kõrvaldati viletsama välimusega puud, mille juurdekasv arvatavasti on suhteliselt väiksem klassi keskmistest puudest, on võimalik, et kõrvaldatud juurdekasvu suurus on teatud määral üle hinnatud. Saadud andmed on toodud 9. tabelis.

Arvud näitavad, et prantsuse põimenduse ja C-kraadi põimenduse juures on vahe väga suur. C-kraadi juures kõrvaldatud puud on andnud läbisegi ainult  $\frac{1}{10}$  kogu metsa väärtuse juurdekasvust. Prantsuse meetodi järgi kõrvaldatavate puude arvele langeb aga 2—3 korda rohkem.

Kui tagasi vaadata ja iga meetodit üksikshaaval käsitelles võrrelda, kui suur osa kuulub kõrvaldamisele puudearvust, rinnaspinnast, puumassist, kännuhinnast, puumassi juurdekasvust ja väärtuse juurdekasvust, näeme järjekindlat arvude kahanemist. Eriti silmapaistev on see C-kraadi põimenduse juures. Nii näiteks on selle meetodi tarvitamisel 1. kaisealal kõrvaldatud:

puudearvust	48,2 %
rinnaspinnast	25,3 %
puumassist	22,3 %
kännuhinnast	16,5 %
massi juurdekasvust	13,2 %
väärtuse juurdekasvust	10,5 %

See näitab omakorda, et kõrvaldatud puud on olnud tundvalt väiksemad metsa keskmistest puudest.

Prantsuse meetodi juures ei ole arvude kahanemine kõikidel

katsealadel mitte nii järjekindel ja ka mitte nii kiire. Näitena toon siin 4. katseala andmed, kus kõrvaldati :

puudearvust	34,6 %
rinnaspinnast	24,3 %
puumassist	22,3 %
kännuhinnast	21,8 %
massi juurdekasvust	19,2 %
väärtuse juurdekasvust	18,4 %

5. katsealal langeb kõrvaldatud puude juurdekasvu arvele suurem protsent kui moodustab samade puude mass üldisest metsa puumassist. Sellest peaks järeldama, et põimendamisel kõrvaldatud puude läbisegine juurdekasv on suurem kui allesjäänud puudel. Tuleb aga arvesse võtta seda, et arvutused on tehtud kõrvaldamisele määratud ja allesjäänud puudele ühiste mudelpuude andmeil ja on võimalik, et kõrvaldatud puude juurdekasv on siin üle hinnatud. Lahkumineku on igatahes võimaliku vea piirides.

### Metsa seisukord pärast põimendust.

1. tabel kirjeldab katsealade seisukorda säärasena nagu see oli enne põimendust. Põimenduse läbi saab metsa seisukord õige tunduvalt muudetud, olenedes sellest, missuguseid puid kõrvaldatakse. Kui raiutakse ainult lühemaid ja peenemaid puid, siis vähendab põimendus peamiselt puudearvu ja võrdlemisi vähe puumassi. Seetõttu tõstab ta märksa allesjääva metsa keskmise puu mõõtusid.

10. tabelis nähakse andmeid põimendamata, kõrvaldatud ja alles jäetud metsa keskmiste puude kohta seitsmelt katsealalt, mille hulgast 3 on põimendatud C-kraadi meetodil, 3 prantsuse meetodil ja 1 taani meetodil.

Arvudest nähtub, et kõrvaldatavate puude hulgas on C-kraadi juures puude mõõdud väiksemad kui teiste tarvitatud meetodite juures. Seetõttu tõstab aga see põimendusmeetod ka kõige suuremal määral allesjäävate puude keskmise mõõtusid. Näeme, et 1-sel katsealal tõstis see meetod keskmise puu rinnasmõõdu 15,5 sm päält 18,7 sm pääle, 3-dal katsealal 20 sm päält 22,7 pääle ja 6-dal katsealal 18,3 päält 21,1 pääle.

Prantsuse meetodi juures on kõrvaldatavate puude keskmise puu rinnasmõõt kõikidel võrreldatavatel katsealadel suurem kui C-kraadi juures, kuid ta on siiski väiksem põimendamata metsa kesk-

10. tabel. Keskmise puu mõõtu muutumine põimendamise juures.

Die Veränderung der Mittelstammdimensionen bei der Durchforstung.

Katsela nr. Versuchsfläche Nr.	Metsavanus Bestandesalter	Põimendus- meetod  Durchfor- stungsmethode	Keskmise puu mõõdud Mittelstammdimensionen											
			põimendamata metsas vor der Durchforstung				kõrvaldatud puudel ausscheidender Bestand				allesjätetud puudel verbleibender Bestand			
			rinnaspind Grundfläche	rinnasmõõt Durchmesser	kõrgus Höhe	puumass Masse	rinnaspind Grundfläche	rinnasmõõt Durchmesser	kõrgus Höhe	puumass Masse	rinnaspind Grundfläche	rinnasmõõt Durchmesser	kõrgus Höhe	puumass Masse
			m <sup>2</sup>	cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	cm	m	m <sup>3</sup>	m <sup>2</sup>	cm	m	m <sup>3</sup>
1	70	C-kraad	0,0190	15,5	18,9	0,184	0,0100	11,3	14,6	0,085	0,0274	18,7	20,6	0,276
2	70	Prantsuse	0,0210	16,3	19,5	0,207	0,0161	14,3	18,0	0,154	0,0260	18,2	20,4	0,261
3	61	C-kraad	0,0314	20,0	23,4	0,352	0,0152	13,9	20,2	0,154	0,0404	22,7	24,1	0,460
4	61	Prantsuse	0,0317	20,1	23,4	0,352	0,0223	16,8	22,1	0,237	0,0367	21,6	23,8	0,414
5	62	Prantsuse	0,0286	19,0	21,7	0,316	0,0255	18,0	21,2	0,261	0,0309	19,8	22,0	0,355
6	62	C-kraad	0,0264	18,3	21,3	0,298	0,0162	14,3	18,9	0,166	0,0350	21,1	22,6	0,412
62	62	Taani	0,0296	19,4	21,5	—	0,0206	16,2	19,8	—	0,0343	20,9	22,5	—

## 11. tabel. Metsa koostis pärastrüimendust.

Die innere Struktur der Bestände nach der Durchforstung.

Katsela nr. Versuchsfläche Nr.	Krafti klass. Entwicklungs-klasse.	C-kraadi järgi põimendatud. Nach C-Grad durchforstet.					
		puudearv Stammzahl	puumass Masse	väärtus Wert	Pärastrüimendust tühe ha kohta alles jäänd Nach der Durchforstung verblie- ben pro ha		
					%	%	
3.	I	208	24,5	142,2	36,4	920	38,8
	II	525	61,7	219,2	56,0	1289	54,3
	III	112	13,2	29,0	7,4	161	6,8
	IV	4	0,5	0,6	0,2	3	0,1
	V	—	—	—	—	—	—
Kokku	849	100,0	391,0	100,0	2373	100,0	
6.	I	204	24,5	124,0	36,2	751	40,7
	II	440	52,9	173,0	50,4	896	48,4
	III	164	19,7	41,0	11,9	182	9,8
	IV	24	2,9	5,0	1,5	20	1,1
	V	—	—	—	—	—	—
Kokku	832	100,0	343,0	100,0	1849	100,0	
Katsela nr. Versuchsfläche Nr.	Krafti klass. Entwicklungs-klasse.	Prantsuse meetodi järgi põimendatud. Nach französischer Methode durchforstet.					
		puudearv Stammzahl	puumass Masse	väärtus Wert	Pärastrüimendust tühe ha kohta alles jäänd Nach der Durchforstung verblie- ben pro ha		
					%	%	
4.	I	200	22,7	138,0	37,8	892	40,7
	II	525	36,8	147,0	40,3	866	39,5
	III	275	31,1	68,5	18,8	379	17,3
	IV	75	8,5	11,1	3,0	56	2,5
	V	8	0,9	0,4	0,1	1	0,0
Kokku	883	100,0	365,0	100,0	2194	100,0	
5.	I	128	16,1	86,0	30,6	523	34,7
	II	240	30,3	113,0	40,3	629	41,6
	III	140	17,7	40,0	14,2	190	12,6
	IV	152	19,2	29,0	10,3	122	8,1
	V	132	16,7	13,0	4,6	46	3,0
Kokku	792	100,0	276,0	100,0	1510	100,0	

mise puu rinnasmõõdust. Seetõttu on ka selle meetodi juures allesjätud puude keskmise puu rinnasmõõt suurem kui põimendamata metsas. Keskmise puu rinnasmõõt on tõusnud 2-sel katselal 16,3-elt — 18,2-le, 4-dal katselal 20,1-lt — 21,6-le ja 5-ndal katselal 19,0-lt — 19,8-le.

Taani põimenduse juures on keskmise puu mõõtude muutumine sarnane prantsuse põimendusele.

Puudearvu ja keskmise puu mõõtude muutumist selgitavate arvude najal võib juba mõningaid järeldusi teha sellest, missugune

on põimendusel allesjäänud metsa seisukord. Et sellest selgemat pilti saada, tuuakse 11. tabelis üksikasjalised andmed Kraffi klasside vahekorras katsealadel pärast põimendust.

Need arvud näitavad, et C-kraadi juures allesjäänud mets koosneb põhimõtteliselt kahe esimese klassi puudest. III ja IV klassi arvele langeb tähtsusetu osa. Prantsuse meetodi juures jääb III—V klasside puud rohkem alles ja puumassis moodustavad nad peaaegu sama suure osa nagu enne põimendust. Umbes samasugune on seisukord ka taani põimenduse juures.

## Beiträge zur Kenntnis der inneren Struktur der Fichtenbestände.

(Zusammenfassung.)

P. Reim.

Die Kenntnis der Zergliederung des Bestandes in die verschiedenen bestimm- baren Entwicklungsklassen und deren Anteil an Bestandesmasse und laufendem Zuwachs ist sehr wichtig bei der Anlage der Durchforstungen. Die Aufgabe der vorliegenden Untersuchung ist die Beleuchtung der inneren Struktur der mittelaltrigen Fichtenbestände und der Veränderungen, welche bei der Durchforstung in den Beständen hervorgerufen werden.

Das Grundlagematerial besteht aus 14 Versuchsflächen, die in der Versuchsforstei Woltwei<sup>1)</sup> paarweise in 7 Beständen eingelegt sind. Die Tabelle 1. (Seite 6) enthält die Beschreibung der Versuchsflächen miteinander vergleichbar, ausgenommen die Versuchsflächen 1 u. 2, welche einer schlechteren Standorts- klasse angehören.

Die Bestände sind entstanden durch natürliche Verjüngung und sind nicht ganz gleichaltrig. Besonders grosse Altersunterschiede weisen die Versuchs- flächen 63—64 auf und sind deswegen mit den anderen nicht vergleichbar.

Der Bestand auf den Versuchsflächen 3 u. 4 ist früher mehrmals schwach durchforstet worden. Andere Bestände kann man als naturnormal nehmen.

Bei der Zergliederung des Bestandes wurde die bekannte Kraft'sche Klassi- fikation benutzt (jedoch ohne Unterabteilungen in den letzten Klassen). Die gestorbenen Bäume sind nicht mitgerechnet.

An der ersten 6 Versuchsflächen wurde ausser Grundfläche, Stammholz- masse und Bestandeswert auch den Massen- und Wertzuwachs für die letzten 5 Jahre untersucht. Die Massenermittlung (Holzmasse mit der Rinde) geschah auf Grund der analysierten Modellstämme nach Massenkurvenverfahren. Der Zu-

1) Die Forstei befindet sich in Süd-Eesti 40 km östlich vom Pernauschen Meerbusen.

wachs wurde getrennt für die einzelnen Entwicklungsklassen nach der Gleichung  $\frac{Z}{G} = \frac{z_1 + z_2}{g_1 + g_2}$  ermittelt wobei  $z_1$ ,  $z_2$  und  $g_1$ ,  $g_2$  den Zuwachs und die Grundfläche der Modellstämme, Z und G aber diejenige der Entwicklungsklassen angeben. Die Bestimmung des Bestandeswertes geschah mit Hilfe einer Stammwertkurve, die auf Grund der im Winter 1929/30 bezahlten Preise ermittelt wurde. Die Ermittlung des Wertzuwachses geschah analogisch derjenigen des Massenzuwachses.

An den anderen 8 Versuchsflächen wurde nur Grundfläche, Holzmasse (ohne Rinde) und Bestandeswert untersucht<sup>1)</sup>.

In der 3. Tabelle (Seite 16) sind die Ergebnisse der Strukturuntersuchung dargestellt. Man ersieht daraus, einen wie grossen Anteil vom ganzen Bestande jede Entwicklungsklasse an Grundfläche, Masse, Massenzuwachs etc. nimmt. Die Tabelle zeigt, dass der Anteil einer bestimmten Klasse an allen Versuchsflächen nicht gleich ist. Das ist hauptsächlich vom Unterschiede in der Bestandeseinstellung bedingt (Ungleichaltrigkeit). Auch das Alter und die Bestandespflege beeinflussen in gewissem Masse den Anteil der einzelnen Klassen. Der Anteil der I Klasse ist in dichten Beständen kleiner als in lückigen. Die II Klasse verhält sich in dieser Beziehung umgekehrt. In älteren Beständen ist der Anteil der I Klasse gewöhnlich grösser als in jüngeren.

Von der Stammzahl besitzt die II Klasse den grössten Anteil. In der Grundfläche und der Holzmasse sind die zwei ersten Klassen fast gleich vertreten. Vom Bestandeswert, Massenzuwachs und Wertzuwachs fällt gewöhnlich auf den Anteil der I Klasse mehr als der II. Die I Klasse gibt oft mehr als die Hälfte des Bestandeswertzuwachses. Auf den Anteil der V Klasse entfällt vom Gesamtzuwachs ungefähr 1%. Auf die zwei ersten Klassen entfallen von der Stammzahl gewöhnlich weniger als die Hälfte, von der Holzmasse mehr als  $\frac{2}{3}$  und vom Wertzuwachs bis 90%.

Die Ergebnisse der Strukturuntersuchungen sind in der 5. Abbildung schematisch dargestellt. Man ersieht daraus, wie grossen Anteil die einzelnen Entwicklungsklassen von der Stammzahl, Grundfläche, Stammholzmasse, vom Bestandeswert, laufendem Massenzuwachs und laufendem Wertzuwachs eines 60 jährigen Fichtenbestandes I Bonität besitzen.

Ausser der Struktur wurden an den Versuchsflächen auch die *Mitteldimensionen* der Entwicklungsklassen untersucht. Die 5. Tabelle (Seite 26) erklärt die Brauchbarkeit des berechneten arithmetischen Mittelstammes, für die Bestandescharakterisierung. Man hat auf Grund der Höhen-, Massenstammwert- und Zuwachskurven ermittelt wie gross der Brusthöhendurchmesser des Stammes, welchem die Dimensionen des arithmetischen Mittelstammes entsprechen, ist.

Man ersieht daraus, dass die arithmetische mittlere Höhe viel kleinerem Stamme gehört als die arithmetische mittlere Grundfläche. Der Unterschied zwischen der arithmetischen mittleren Höhe und der Höhe des Stammes, welcher

1) Die Ermittlung der Masse geschah an diesen Versuchsflächen mit Hilfe der Massentafeln, und die Ermittlung des Bestandeswertes auf Grund der Taxpreise.

die arithmetische mittlere Grundfläche hat, beträgt auf der 1—2 Versuchsfläche 10—11 ‰, auf der 3—4 Versuchsfläche 5—6 ‰ und auf der 5—6 Versuchsfläche 7—8 ‰. Die arithmetische mittlere Stammholzmasse und Stammwert entspricht fast einem ebenso dicken Stamme wie die arithmetische mittlere Grundfläche und praktisch genommen, kann man für die Charakterisierung der untersuchten Fichtenbestände die Masse und den Wert des Stammes mit der arithmetischen mittleren Grundfläche benutzen. Der arithmetische mittlere Zuwachs entspricht jedoch einem bedeutend grösserem Stamme und auf der 3—4 Versuchsfläche ist er um 14—17 ‰ grösser als der Zuwachs des Stammes mit arithmetischer mittlerer Grundfläche.

In der 6. Tabelle (Seite 28) sind die Dimensionen der Mittelstämme der Entwicklungsklassen miteinander und mit dem Bestandesmittelstamme verglichen. Unter dem Mittelstamme ist da den Stamm zu verstehen, welcher die arithmetisch mittlere Grundfläche, Stammholzmasse, Stammwert und den mittleren Zuwachs aufweist. Der Brusthöhendurchmesser der Mittelstämme wurde aus der Grundfläche berechnet und die Höhe mit Hilfe der Höhenkurve bestimmt. Man ersieht aus der genannten Tabelle, dass die Unterschiede zwischen den Mittelstämmen sehr verschieden sind. An der Höhe sind die Unterschiede viel kleiner als am Durchmesser und an der Grundfläche. Der Unterschied zwischen den äussersten Klassen steigt in der Reihenfolge: Höhe, Durchmesser, Grundfläche, Stammholzmasse, Stammwert, laufender Massenzuwachs und lauf. Wertzuwachs.

In der 6. Abbildung ist das Verhalten der Mittelstammdimensionen der Entwicklungsklassen schematisch dargestellt. Man ersieht daraus, dass der Unterschied zwischen den äussersten Klassen in der Höhe 2 malig, zu der Holzmasse 8 malig und im Wertzuwachs 30 malig ist. Bestandesmittelstamm befindet sich in der Regel zwischen den Mittelstämmen III und II Klasse.

In der Abbildungen 7—9 sind die Höhenentwicklungskurven der Modellstämme graphisch dargestellt. Diese und die Beobachtungen im Walde zeigen, dass die unterständigen Fichten unter dem Schirme des herrschenden Bestandes sehr lange vegetieren können. Eine Umsetzung der Stämme aus oberen Entwicklungsklassen in die unteren geschieht in den untersuchten Beständen sehr langsam und es kommt auch vor, dass die niedrigen Bäume einen grösseren Höhenzuwachs haben, als die höheren. Es kommt oft vor, dass die höchsten Bäume nicht die ältesten sind. Als Ursache des Sterbens der Bäume ist nicht immer die Überschirmung und dem Tode verfallen nicht nur die Bäume der untersten Klasse, sondern sehr oft auch die Stämme der IV und der III Klasse.

Bei der Durchforstung der Bestände benutzte man zwei Hochdurchforstungsverfahren, nämlich die französische<sup>1)</sup> éclaircie par le haut mit Auswahl und besonderer Begünstigung der 300—320 Zukunftstämme pro ha und die dänische<sup>2)</sup> Durchforstung ohne Auswahl der Zukunftstämme, und ein Niederdurchforstungsverfahren, nämlich die starke Niederdurchforstung (C-Grad).

Die Tabellen 7—8 (Seite 38 u. 39) zeigen den Eingriff ins Bestandesinnere und den Ertrag der benutzten Durchforstungsverfahren. Die französische

1) in der Tabellen estnisch: prantsuse.

2) " " " " : taani.

Hochdurchforstung greift in das Bestandesinnere am stärksten ein. Beim dänischen Verfahren ist der Eingriff an Stammzahl kleiner, an der Grundfläche und Masse fast ebenso gross, wie beim C-Grad.

Die Mittelstammdimensionen des ausscheidenden Bestandes sind bei der Hochdurchforstungen bedeutend grösser als beim C-Grad — und ein wenig kleiner als diejenige des Bestandesmittelstammes vor der Durchforstung. Bei allen angeführten Durchforstungsmethoden war der Mittelstamm des verbleibenden Bestandes grösser als vor der Durchforstung. Die Durchforstungen haben somit den Bestandesmittelstamm erhöht. Diese Erhöhung ist beim C-Grad grösser als bei den Hochdurchforstungen. Die Veränderungen der Mittelstammdimensionen sind in der 10. Tabelle (Seite 43) dargestellt.

Die französische Durchforstung liefert bei der erstmaligen Anlegung an Geldertrag 60—100% mehr als der C-Grad, sie entfernt aber aus dem Bestande sehr viele zuwachs-fähige Stämme. Aus der 9. Tabelle (Seite 40) ersieht man, dass der Wertzuwachs der ausgeschiedenen Stämme bei der französischen Durchforstung bis dreimal grösser ist als beim C-Grad und dass die französische Durchforstung in den laufenden Zuwachs mehr als 2 mal stärker eingreift als der C-Grad.

Die 11. Tabelle (Seite 44) erklärt uns die Struktur der Bestände nach der Durchforstung. Man ersieht davon, dass der C-Grad die Bestandeszusammensetzung ganz verändert. Die französische Durchforstung hat den Anteil der einzelnen Klassen im Bestande auch verändert, jedoch nicht viel.

## Kirjandus.

### Literatur.

- Bö h m e r l e, K. 1900: Bisherige Erfahrungen aus einigen Durchforstungs- und Lichtungsversuchsflächen der k. k. forstlichen Versuchsanstalt in Maria-brunn. *Centralbl. für d. ges. Forstwesen.*
- Bü h l e r, A. 1922: Der Waldbau. Stuttgart.
- C a j a n u s, W. 1914: Über die Entwicklung gleichaltriger Waldbestände. *Acta forestalia fennica* 3.
- F l u r y, P. 1903: Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf Zuwachs und Form der Fichte und Buche. *Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen.* B. VII.
- F l u r y, P. 1907: Ertragstabellen für die Fichte und Buche der Schweiz. *Mitt. d. Schweiz. Centralanst. f. d. forstl. Versuchswesen.* Bd. IX.
- K r a f t, G. 1884: Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellung und Lichtungshieben. Hannover.
- K u n z e, M. 1895: Über Einfluss verschiedener Durchforstungsgrade auf den Wachstumsgang der Waldbestände. *Thar. Forstl. Jahrbuch.*
- L a s c h k e, C. 1901: Ökonomik des Durchforstungsbetriebes. Nationalökonomische Studie eines Forstmannes. Neudamm.
- L a s c h k e, C. 1902: Geschichtliche Entwicklung des Durchforstungsbetriebes in Wissenschaft und Praxis bis zur Gründung der Deutschen Forstlichen Versuchsanstalten. Neudamm.

- Lönnroth, E. 1925: Untersuchungen über die innere Struktur und Entwicklung gleichaltriger naturnormaler Kiefernbestände. *Acta forestalia fennica* 30
- Lönnroth, E. 1926: Der stereometrische Bestandesmittelstamm. *Acta forestalia fennica* 30.
- Metzger, C. 1896: Dänische Reisebilder. *Münd. Forstl. Hefte*.
- Miettinen, L. 1950: Harvennusasteikoista ja niiden soveltamisesta. *Comm. ex inst. quaest. forsteliium Finlandiae editae* 16.
- Schiffel, A. 1904: Wuchsgesetze normaler Fichtenbestände. *Mitt. a. d. forstl. Versuchswesen Österr.* XXIX.
-