

IZDAVAČ — EDITOR:

KR. UNIVERZITETA U ZAGREBU INSTITUT ZA ŠUMSKE POKUSE
REG. UNIVERSITATIS IN ZAGREB INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

GLASNIK

ZA

ŠUMSKE POKUSE

ANNALES
PRO
EXPERIMENTIS FORESTICIS

3



DIGITALNI REPOZITORIJ ŠUMARSKOG FAKULTETA

OŽUJAK, 2017.

ZAGREB IN JUGOSLAVIA
1931

ŠTAMPARIJA GUTENBERG

IZDAVAČ — EDITOR:
KR. UNIVERZITETA U ZAGREBU INSTITUT ZA ŠUMSKE POKUSE
REG. UNIVERSITATIS IN ZAGREB INSTITUTUM PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS

GLASNIK

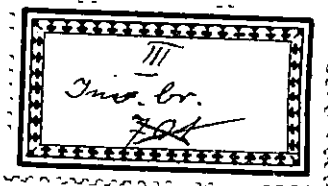
ZA

ŠUMSKE POKUSE

ANNALES
PRO
EXPERIMENTIS FORESTICIS



3



ZAGREB IN JUGOSLAVIA
1931
ŠTAMPARIJA GUTENBERG

GLAVNI REGISTAR

PAG.

I. *Prof. dr Đuro Nenadić:*

Istraživanje prirasta hrasta lužnjaka u šumi Žutici	1
[Recherches sur l'accroissement du chêne pédonculé dans la forêt de Žutica.]	14

II. *Dr Aleks. Ugrenović — dr Bogdan Šolaja:*

Istraživanja o specifičnoj težini drveta i količini sirove smole vrsti pinus nigra Arn. i pinus silvestris L.	29
[Recherches sur le poids spécifique du bois et sur la quantité de la résine brute des essences Pinus nigra Arn. et Pinus silvestris L.	86
[Untersuchungen über das spezifische Gewicht des Holzes und den Rohharzgehalt der Kiefernarten Pinus nigra Arn. und Pinus silvestris L.)	88

III. *Prof. dr Mihovil Gračanin:*

Pedološka istraživanja Senja i bliže okolice	91
[Les recherches pédologiques de Senj et de ses proches environs.]	137

IV. *Prof. dr Mihovil Gračanin:*

Aparatura za određivanje glinenih čestica pipetmetodom . . .	143
[Eine Apparatur für die Bestimmung des Rohtones mittels Pipetmethode]	149

V. *Prof. dr Mihovil Gračanin:*

Istraživanje tla šumskog rasadnika u Crikvenici	151
[Un examen pédologique dans la pépinière de Crikvenica] . . .	156

VI. *Prof. ing. Stanko Flögl:*

O putoklizini u krivulji	158
[Über den Riesweg in der Krümmung]	272

VII. *Prof. dr A. Levaković:*

K pitanju raspoređivanja primjernih stabala među pojedine debljinske skupine	281
[Zur Frage der Probestammverteilung auf einzelne Stammgruppen]	303

VIII. *Prof. dr A. Levaković:*

Zur Frage der Kombination von Massentafel- und Probestammverfahren bei Bestandesmassenaufnahme	314
[K pitanju kombinovane upotrebe konkretnih i apstraktnih primjernih stabala pri kubisanju sastojine]	324

PROF. Dr. ĐURO NENADIĆ:

ISTRAŽIVANJE PRIRASTA HRASTA LUŽNJAKA U ŠUMI ŽUTICI.

(Recherches sur l' accroissement du chêne pédonculé
dans la forêt de Žutica.)

1. Historijski prikaz sušenja hrastovih šuma u Posavini.

Šuma Žutica zaprema jedan dio prostranog kompleksa hrastovih šuma, koje se prostiru jugoistočno od Ivanić-grada na lijevoj strani rijeke Save. One predstavljaju početak posavskih šuma zastirući veliki dio glasovitog Lonjskog polja, koje je u glavnom ravnica izložena čestim poplavama rijeke Save i Lonje. Visina vode za vrijeme poplave doseže do 2 metra, što se vidi po mahovini na stablima. U našoj je stručnoj javnosti pobudila ta šuma velik interes zbog svog sušenja, a po tom i zbog prekoredne prodaje starih hrastovih stabala. Početak sušenja hrastovih stabala u šumi Žutici datira još od 1910. godine. Svoju je kulminaciju postiglo to sušenje u 1925. god. Da se prouče uzroci toga katastrofalnog sušenja, a ujedno da se time pronađu obrambena sredstva, odnosno da se opravda prekoredna sječa hrastovih stabala, bilo je u toj stvari izaslano od strane Ministarstva šuma i rudnika nekoliko stručnih komisija. Ogromna šteta, koja je nastala sušenjem starih hrastovih stabala, porasla je u velikoj mjeri sušenjem i srednjedobnih sastojina. Ta šteta, koja sigurno prelazi i desetke milijuna dinara, nije se još do danas počela određivati.

U šumi se Žutici nalaze prostrane šume državnog erara, a osim toga šume Križevačke imovne općine i bivše šume nadarbine nadbiskupije zagrebačke, te šume zemljišnih zajednica. Površine šuma zemljišnih zajednica znatno su proširene kupom šuma nadarbine nadbiskupije zagrebačke. Sve su te šume uslijed sušenja mnogo izgubile na svojoj vrijednosti, a za valjano je njihovo gospodarenje u budućnosti od značajne važnosti ispitivanje prirasta starih sastojina.

O sušenju hrastovih šuma kod nas pisano je u »Šumarskom listu« već god. 1878. Dakle prije 50 godina javljalo se — iako sporadički — sušenje hrastovih šuma u Posavini. Ono tada nije u tolikoj mjeri zabrinjavalo našu stručnu javnost kao katastrofalno sušenje zadnjih godina, koje je zauzelo tako ve-

like dimenzije, da je to najveće narodno zlo, koje se zadnjih godina na ekonomskom polju kod nas dogodilo. Od strane nadležnih faktora bili su pozvani najbolji naši stručnjaci, entomolozi, botaničari, pedolozi, da nađu pravi uzrok sušenja, a po tom, da se preduzmu odgovarajuće preventivne mjere, kako ba se ogromna šteta, koja je sušenjem ugrožavala opstanak hrastovih šuma, mogla otkloniti i daljne propadanje spriječiti.

U pogledu sušenja hrastovih šuma u Posavini izašlo je do sada više radova. U I. broju »Glasnika za šumske pokuse« od god. 1926. nalaze se stručni radovi profesora poljoprivredno-šumarškog fakulteta u Zagrebu gg. Petračića, Langhoffera, Seiwertha i Skorića, dok su profesori poljoprivredno-šumarškog fakulteta u Beogradu gg. Pera Đorđević i Mladen Josifović izdali posebne brošure o sušenju naših hrastovih šuma. U redakciji direktora šuma g. Petra Manojlovića izdalo je u toj stvari Ministarstvo šuma i rudnika posebno djelo sa mnogo slika i grafikona pod naslovom »Sušenje posavskih hrastovih šuma« Beograd 1926. Najposlije valja spomenuti, da su gg. Ing. Ljuba Marković i Ing. P. Manojlović izdali u vlastitom trošku brošuru »Sušenje hrasta lužnjaka u šumama Hrvatske i Slavonije«, Beograd 1929. Iz navedenih se dakle stručnih djela može razabrati, da je pitanju sušenja hrastovih šuma bila poklanjana velika pažnja, kako ono po svojoj važnosti za naše narodno gospodarstvo i zaslužuje. Po mišljenju većine gore spomenutih stručnjaka glavni je uzrok sušenju hrastovih šuma brštenje gusjenica gubara (*Lymantria dispar*), zatim medljika ili pepelnica (*Microsphaera Quercina*). Uslijed brštenja po gusjenicama te ubijanja novog lišća pepelnicom oslabljena su hrastova stabla bila podesna za napadanje raznih gljiva (*Armillaria mellea*) i kukaca (*Agrillus biguttatus*, *Xyleborus monographus*), koji su njihovo propadanje privodili kraju. Drugi stručnjaci nalaze uzrok sušenju posavskih hrastovih šuma u tlu (opodzolivanje), koje je — navodno — zbog čestih i dugotrajnih poplava isprano u gornjim slojevima i zbog toga u tolikoj mjeri oslabljeno, da drveta nemaju dovoljno mineralne hrane u donjem sloju podzola, zbog čega korijenje trune, drveta slabe i propadaju. To mišljenje zastupa g. prof. A. Stebut.¹ Gg. Marković i Manojlović drže, da je uzrok sušenju loš način njegovanja šuma u prošlosti, odnosno slabe prorede, zbog kojih stabla nisu imala dosta svjetla, tog vječnog izvora snage i života na zemlji.

¹ »Jedan prilog ispitivanju uzroka sušenja slavonskog hrastika s pedološkoga gledišta.«

»Još o uzrocima sušenja hrasta u Slavoniji« (Glasnik Ministarstva poljoprivrede i voda br. 9. i 10., Beograd 1925.)

2. Prikaz posljedica sušenja hrastovih stabala u šum. predjelu Mlada Oštra.

Ne upuštajući se u pobliza razmatranja uzroka sušenja navedenih po gore spomenutim stručnjacima, odlučio sam, da na ostacima tih glasovitih i mnogo vrijednih stabala ispitam razvitak njihova prirasta, te za buduće generacije ostavim približnu sliku o njihovoj veličini, načinu njegovanja i posljedicama sušenja. U tu sam svrhu odabrao šumski predjel državne šume Žutice zvan Mlada Oštra, koja je čista sastojina hrasta lužnjaka u dobi od 120 godina. Površina tog šumskog predjela iznosi 13,432 ha. Stabla te sastojine su dosta visoka, jer dosižu visinu od 30 m, a odlikuju se ravnim i upravnim deblom, koje je po 20 m čisto od grana. O visokoj kvaliteti drva ove sastojine najbolji je dokaz uspjeh licitacije njenih stabala držane 20. marta 1930. kod Direkcije šuma u Zagrebu. Tom su prilikom iznesena na prodaju sva stabla te sastojine sa masom od 3.407 m³. Od te mase otpada u tehničke svrhe 1.672 m³, na pragove 949 m³, i na ogrijev 1.486 m³. Sve je procijenjeno na 653.430 Din, a postignuto je 954.007 Din ili za 46% više. To je svakako lijep dokaz o velikoj vrijednosti drva ove sastojine, a za visoki kvalitet njenog drva najbolje dokazuje ponuda za pojedine sortimente drvene mase. Tako je na isključnu cijenu za trupce od 360.17 Din po m³ ponudeno 524.10 Din ili 40% više; za pragove na cijenu od 70.25 Din po m³ ponudeno je 109.08 Din ili 50% više; za ogrijev na cijenu od 22.31 po m³ ponudeno je 32.28 Din ili 28% više. Najposlije valja istaći, da je od g. 1924. do 1929. prodano u državnoj šumi Žutici tehričkog drva 85.328 m³ i ogrijeva 105.359 m³ ili u svemu 190.687 m³ za svotu od 19,531.977.12 Din. Ako se tomu pribroji zadnja gore opisana prodaja od 20. III. 1930., to je u kratkom odlomku vremena od 5 godina u državnoj šumi Žutici posječeno 194.094 m³ hrastovog drva u vrijednosti od 20,485.984 Din.

Prije zadnje sječe tih hrastovih stabala preduzeo sam u mjesecu septembru 1930. god. istraživanja o razvitku njihovog prirasta. U tu sam svrhu površinu šumskog predjela Mlada Oštra u naravi točno izmjerio i nacrtao njen nacrt u mjerilu 1 : 2.000 (sl. 1. str. 23).

Promatrajući hrastova stabla ove sastojine upalo mi je u oči, da su ona mjestimice vrlo gusta, tako da grane krošnje jednog stabla zadiru u krošnje drugog stabla. Zbog te se gustoće krošnje kod velikog broja stabala vrlo nepravilno razvijene. Ta nepravilnost ide često tako daleko, da se debla velikoga broja stabala na vrhu završuju deformiranom krošnjom od nekoliko grana, pa imaju više izgled smrekovih nego hrastovih stabala sa pravilno razvijenom krošnjom. Osim toga ta su abnormalno razvita hrastova stabla obrasla po deblu sa

velikim brojem tanjih grana, koje su isto tako dokaz nepravilna razvitka stabala u njihovoj prošlosti. Naprotiv tome stabla pravilno razvijene krošnje imaju mnogo jači promjer u prsnoj visini, a uzrast im je ravan i debljina čisto od grana. Najposlije valja istaći i to, da su stabla prosječno međusobno vrlo blizu, t. j. tek po par metara jedno od drugoga udaljeno, i da nije postojala samo borba među krošnjama za svijetlo, nego da je jednako postojala borba između žilja i korijenja, koje se međusobno plete i prepliće. O međusobnoj udaljenosti stabala u sastojini biće kasnije više govora.

Dugotrajna se međusobna borba stabala ove sastojine odražuje na njihovom prirastu u debljini, jer su stabla većinom tanka, visoka i valjkasta oblika. Malo se može naći stabala, koja bi imala pravilan omjer između dubljine debla i krošnje. Od cjelokupne visine stabla ide na duljinu krošnje $1/4$ — $1/5$, dok bi u hrastovoj sastojini ove dobi moralo normalno otpadati na duljinu krošnje najmanje $1/3$ cjelokupne visine. Svi ti nedostaci i nepravilnosti dovode do zaključka, da se stabla ove sastojine nisu u mladosti pravilno razvijala. Nije dakle bila pružena prilika izabranim i vladajućim stablima glavne sastojine da razviju pravilnu krošnju i da stvore približno normalan omjer između duljine debla i krošnje, kako se to u valjano vođenom šumskom gospodarenju provodi. S takvim naime osobinama snabdjevena stabla posjedovala bi sve uslove valjana razvitka. U životnoj bi borbi za opstanak pravilno razvita stabla posjedovala više otpornosti protiv svih nepovoljnih utjecaja, koji dolaze od brštenja lišća po gusjenicama, medljike, kukaca i sl.

3. Razvrstavanje stabala u razrede krošnji.

Promatrajući sliku stabala ove sastojine odlučio sam, da ih prigodom klupovanja razvrstam u razrede sa $4/4$, $3/4$, $2/4$, i $1/4$ normalno razvite krošnje (tabela I. str. 15). Prije nego prijedem na prikaz krošanja razvrstanih u te razrede, valja mi spomenuti, da se tlo šume Žutice ubraja u veoma dobra tla posavskih šuma. Kroz sredinu šumskog predjela Mlada Oštra proteže se široka jaruga do 20 m široka, koja je vjerojatno korito nekadanjeg potoka, te koja dalje na svom putu prema zapadu prelazi u mladu hrastovu sastojinu i u udaljenosti odatle od 2 km utječe u korito stare rijeke Česme. Stabla su na rubovima te jaruge granata, jačeg prsnog promjera, ali je i među njima bilo sušaca. Jednako je tako bilo sušaca i među rubnim stablima uz livade, koje ovom sastojinom graniče sa sjeverne, istočne i južne strane. Sa zapadne strane graniči ovaj šumski predjel sa 30-godišnjom mladom hrastovom sastojinom. Na sjevernoj je strani samog šumskog predjela jedan dio tla nešto niži i vidljivo zamočvaren, te je zbog toga suše-

nje stabala na toj površini najprije započelo. Tu površinu od 1,2410 ha valjalo je najprije izlučiti i stabla na njoj izbrojiti i izmjeriti. Izbrojena su 44 stabla, od kojih su 32 zdrava i 12 polusuhih, dok je broj panjeva posječenih stabala od početka jakog sušenja (1925.) pa naprijed iznosio 271. U svemu je daleko na toj jače zamočvarenoj površini bilo 315 hrastovih stabala u debljini od 28—80 cm, što iznosi po ha 282 stabla, dok prihodne tablice za I. bon. razred u dobi od 120 godina iskazuju normalni broj stabala 159. Na preostalom su velikom dijelu površine od 11,3532 ha sva stabla izbrojana, izmjerena i razvrstana u debljinske razrede prema stepenu razvitka njihovih krošanja. Osim toga su posebno razvrstana polusuha, suha, posve abnormalna i rubna stabla (tabela 1 strana nn).

Prigodom razmatranja razvitka prirasta ove sastojine izlučena su iz tog posla rubna stabla kao i stabla najjačeg debljinskog razreda iznad 60—80 cm, koja pretstavljaju stare sjemenjake, te koja uglavnom nemaju ništa zajedničkog sa životom stabala u unutrašnjosti sastojine. Ostala su stabla razvrstana u tabeli br. 2. (strana 16.).

Kako se iz te tabele vidi, vodila su stabla u prošlosti žestoku i nesmiljenu borbu za život, iz koje je izašao veoma malen broj stabala od veće vrijednosti. Ta je međutim vrijednost danas znatno manja, nego što bi bila, da su se stabla pravilno razvijala. U svemu je bilo izbrojano 1675 stabala. Da međusobna borba među stablima bude što jasnije prikazana, valja gornjem broju stojećih stabala pribrojiti još i onaj broj stabala, koja su kao sušci od god. 1925. pa dalje bila vadena. Po panjevima tih sušaca ustanovio sam, da ih je bilo 1810. Prema tome je do početka katastrofalnog sušenja hrastovih stabala u šumi Žutici bilo u ovoj sastojini 3.485 stabala ili 307 po ha. Taj velik broj stabala jasno pokazuje, da je na potpuno obrasloj površini (gdje se ne uzima obzir na jarugu i zamočvareni dio) bilo po ha otprilike dvaput više stabala nego što bi po prihodnim tabelama u toj dobi trebalo da bude. Po prihodnim tablicama za hrast u 120 god. na I. bon. raz. može biti 159 stabala. Kako sam gore spomenuo u vrijeme istraživanja bilo je na toj površini 1675 stojećih tabala ili 48% od svih, dok je zbog zadnjeg sušenja (1925.) izlučeno 1810 stabala ili 52%. Ta brzina sušenja hrastovih stabala u kratkom vremenu od nekoliko godina najbolje dokazuje, kako je navala uzročnika sušenja na njihov oslabljeni organizam bila jaka, a njihova otporna snaga veoma slaba, te kako su ta stabla provodila kroz cio svoj vijek veoma tegotan život u vrlo gustom sklopu.

Gustoću stabala u sastojini prikazuje doduše njihov veliki broj spram normalnog broja po prihodnim tablicama. Tu gustoću sastojine još jače ističe srednja udaljenost jednog stabla od drugog. Ona se može izračunati po formuli

$$x = \sqrt{\frac{\text{Površina}}{\text{Broj stabala}}}$$

$$\text{ili za 1 ha } x = 100 \sqrt{\frac{1}{\text{Broj stabala}}}$$

Pošto po prihodnim tablicama na I. bonit. razredu u 120-godini može biti 159 stabala po ha, to je srednja međusobna udaljenost stabala u normalno rasloj hrastovoj sastojini u toj dobi.

$$x = 100 \sqrt{\frac{1}{159}} = 7,9305 \text{ m.}$$

Do početka katastrofalnog sušenja (1925.) bilo je na većem dijelu površine od 11,3532 ha u svemu 3.485 stabala. Međusobna srednja udaljenost izračuna se, da je tada bila

$$\bar{x} = \sqrt{\frac{113532}{3485}} = \sqrt{32,577} = 5,7076 \text{ m,}$$

dok bi prema gornjem računu normalna udaljenost morala iznositi 7,9305 m. Razlika od 2,2229 m (39,10%) predočuje, da je srednja udaljenost stabala bila za toliko manja od normalne udaljenosti kroz dugi dio života sastojine.

U vrijeme istraživanja bilo je 1675 stabala, te je njihova međusobna srednja udaljenost iznosila tada

$$x = \sqrt{\frac{113532}{1675}} = 8,23 \text{ m,}$$

koja je približno jednaka normalnoj udaljenosti. Međusobna udaljenost stabala na manjem 1,2410 ha i močvarnom dijelu

u početku sušenja je iznosila $x = \sqrt{\frac{12410}{315}} = 6,2766 \text{ m}$, dakle

manje od 8,23 m, što je razumljivo, jer je to lošiji bonitet, a na lošijem bonitetu ima više stabala nego na bolijem bonitetu u istoj dobi.

Šumska uprava nije u prošlosti šumu Žuticu proredivala i tom važnom uzgojnom faktorom poklanjala nužnu pažnju. Nije se međutim tome ni čuditi, jer bivša mađarska šumska uprava nije imala za to razumijevanja, a ni patriotskog osjećaja, da se mnogovrijednim međuprihodima od proreda pomogne materijalno našem seljačkom svijetu. Tek se poslije našeg narodnog oslobođenja otpočelo sa proredivanjem sastojina u šumi Žutici. Prema tome su se stabla u sastojini posve samostalno i bez pomoći čovjeka kroz cio život prirodnim procesom izlučivala i grupisala u razrede, kako sam ih razvrstao prema kvaliteti njihovih krošanja. Ako u svrhu prosuđivanja procesa izlučivanja uzmemo za promatranje 3 srednja debljinska razreda, dok najtanji i najdeblji debljinski razred, te suha i polu-

suha stabla ispustimo iz računa, to nam tabela 2. (str. 16) pokazuje, da u razred sa $4/4$ krošnje ide 249 stabala ili 20%; u razred sa $3/4$ krošnje 447 stabala ili 36%; u razred sa $2/4$ krošnje 250 stabala ili 29%, te najposlije u razred sa $1/4$ krošnje 180 stabala ili 15%. Kako vidimo stabala sa najbolje razvitem krošnjom ($4/4$) ima mnogo manje nego stabala sa $3/4$ krošnje, kojih ima najviše. Druga dva razreda stabala sa $2/4$ i $1/4$ krošnje jesu zastupana s razmjerno velikim brojem stabala 530 ($350 + 180$) ili 44%. Taj velik broj stabala sa slabo razvitem krošnjom, kojih ima blizu polovine svih stabala u sastojini, najbolje dokazuje, da su u dugoj nesmiljenoj borbi za život kroz cio svoj vijek mnoga vrijedna stabla prelazila u razred lošijih stabala. To je dokaz da su ona izgubila mnogo otporne snage za život i zbog toga bila izvrgnuta jačem propadanju.

Promatrajući dublje tu tabelu razvrstanih stabala po krošnjama dolazim do zaključka da bi u slučaju valjanog njegovanja ovih sastojina bio broj stabala potpuno razvite krošnje daleko veći nego što zaista jest. Moglo bi se naime uzeti, da bi u najmanju ruku sva stabla razreda sa $3/4$ krošnje u broju od 447 prešla u razred s normalnom krošnjom $4/4$, te da bi u svemu moglo biti 696 ($447 + 249$) posve normalno razvitih stabala. Osim toga taj bi se broj vjerojatno povećao i jednim dijelom onih stabala, koja su nedavno kao sušci posječena, a imala su dobro razvitu krošnju. Nije potrebno napose isticati, da bi stabla sa normalnom krošnjom imala daleko veću debljinu nego što je danas imaju. Iz tab. 2 naime vidimo, da kod razreda stabala sa $4/4$ krošnje u najdeblji razred od 52—60 cm otpada 143 stabla ili 46%. U razred stabala sa $3/4$ krošnje ide u srednji debljinski razred od 42—50 cm najveći broj stabala, tj. 245 ili 45%. U procentualnom omjeru oba su ta debljinska razreda podjednako zastupana. I u razredu je stabala sa $2/4$ krošnje najjače zastupan srednji debljinski razred s 169 stabala ili 31%. Koračno je od razreda stabala sa najslabijom krošnjom ($1/4$) najjače zastupan najtanji debljinski razred od 32—40 cm sa 130 stabala ili 35%. Kako vidimo, utjecaj je veličine krošnje na grupisanje stabala u debljinske razrede dosta intenzivan, te bi sigurno u slučaju valjanog njegovanja sastojine u ovom šumskom predjelu bilo daleko više stabala sa normalno razvitem krošnjom i jačom debljinom u prsnoj visini nego što to uistinu jest.

Uz dobro razvitu krošnju imaju svakako stabla i jače razvito korenje. Stabla snabdjevena sa ta dva normalno razvita životna faktora bila bi sigurno otpornija protiv svih vanjskih napadaja, a posljedice sušenja ne bi u tom slučaju bile tako teške, kao što uistinu jesu. Zbog valjanog njegovanja sastojine porastao bi ne samo kvalitativni nego i kvantitativni prirast, koji bi zajedno doprinijeli, da bi financijski efekat kod

redavne prodaje njenih stabala bio daleko veći nego što je dražbom polučen.

Kako je naprijed spomenuto, uzeta su prigodom promatranja razvitka prirasta ove sastojine u obzir samo 3 srednja debljinska razreda. U izabranim razredima stabala izračunao sam primjerna stabla i prema kvaliteti njihove krošnje izabrao 8 stabala, te ih analizirao u sekcije od 2 m duljine. Zbog pomajkanja prostora donosim rezultate samo dvaju primjernih stabala, i to od stabla s najbolje i najlošije razvitem krošnjom. Prvo stablo sa posve (4/4) normalno razvitem krošnjom staro je 122 godine, visoko 29,5 m, a prsna mu debljina iznosi 576 mm, dok je drugo stablo sa najslabije (1/4) razvitem krošnjom staro 115 godina, visoko 28,20 m, a prsna mu je debljina 346 mm. Ostalih 6 stabala imalo je slijedeću starost, visinu i debljinu:

3. stablo	(4/4)	starost	122 g.,	visina	31,6 m,	debljina	530 mm
4. »	(4/4)	»	120 »	»	30,00 »	»	480
5. »	(3/4)	»	112 »	»	28,50 »	»	467
6. »	(3/4)	»	120 »	»	26,00 »	»	450
7. »	(1/2)	»	120 »	»	30,30 »	»	463
8. »	(1/2)	»	115 »	»	27,60 »	»	352

Kako se vidi šuma je bila podignuta prirodnim putem, što je razumljivo, jer u ono davno doba nije u nas bilo vještačkog podizanja šuma.

Napominjem, da je u opisu sastojina, koga su sastavili bivši mađarski šumari, starost ove sastojine iskazana sa 88 g.

Osim toga donosim fotografirane isječke prereza u prsnoj visini za svih 8 stabala. (str. 28). Iz tih fotografiranih prereza čita se historija ove šume. Na slici najbolje razvitog stabla sa 4/4 krošnje vidimo, da je prije 5 godina bio period slabog rasteanja u debljinu, koji je trajao 4—5 godina, a taj se period pokriva sa zadnjim katastrofalnim brštenjem gusjenica. Iz tih se slika vidi, da je prije 20 godina, dakle oko god. 1910. postojao također period slabog rasteanja u debljinu, koji je trajao 5—6 godina, a kome su bile uzrokom gusjenice gubara i pepelnica, koje su tada u velikoj invaziji napadale hrastove šume u Posavini, te koje se doba može označiti početkom katastrofalnog sušenja hrastovih šuma kod nas. Najposlije vidimo, da je pred 55 godina bio isto tako period slabog rasteanja u debljinu, koji je trajao 3—4 godine, a to se vrijeme pokriva sa prvim glasom o sušenju hrastovih šuma u »Šumarskom listu« od god. 1878. Jednako se tako na prerezima stabala sa sla razvitem krošnjom (1/2 i 1/4) (slike 2, 7, 8), mogu razabrati u isto doba periodi boljeg i slabog prirasta u debljinu, ali ne tako jasno kao na gore opisanim prerezima stabala sa normalno razvitem krošnjom, što je razumljivo, jer je širina godova kod tih zakržljalih stabala uzana. Najjasniji međutim pogled

na razvitak prirasta ove hrastove sastojeine pružaju tabele i grafikoni analiza stabala, pomoću kojih je prikazan visinski, debljinski, kružnoplošni i gromadni prirast. (tabele 3. i 4.) (strana 17 i 18).

4. Visinski prirast.

Kod stabla sa normalno razvatom krošnjom vidimo, da visinsko-prirasna krivulja pruža slijedeće pojedinosti: Iz tabele 5 odnosno grafikona slika 2 (str. 24) vidi se, da u periodu od 12—17. g. života sastojeine iznosi maksimalni visinski prirast 80 cm, koji zatim naglo pada, a u razdoblju između 17. i 22. g. iznosi 52 cm, što se ima pripisati nepovoljnim vanjskim utjecajima (možda mraz, gusjenice itd.). U razdoblju od 22.—27. godine visinski se prirast ponovno diže na iznos od 68 cm na godinu, što odgovara i prirodi hrasta, koj u ranoj mladosti brzo raste. Taj veliki prirast u visinu dokazuje veliku plodnost tla i obilje drugih faktora za valjano rastenje hrastovih šuma u Posavini. Prvo se međutim padanje visinskog prirasta u normalnim prilikama nije smjelo dogoditi, jer u toj dobi još ne nastupa jače prirodno izlučivanje stabala u hrastovoj sastojini. Od 27.—47. g. raste konstantno visinski prirast sa iznosom od 26 cm, te poslije toga uzima više manje stalan iznos, koji je prekidan povremenim slabijim dizanjem i padanjem, i to sve do konca 107. godine, kad se visinsko prirasna krivulja opet naglo diže. To je rastenje zaista malo čudno, jer baš u to doba nastupa invazija gusjenice gubara. Ono međutim može služiti kao dokaz, da na ondješnjem prvoklasnom tlu stabla sa dobro razvijenom krošnjom posjeduju još u toj starosti veliku snagu reagovanja protiv napadaja vanjskih štetoinja.

Posve je drugačije — uz inače jednake prilike — raslo u visinu stablo najslabije krošnje, kako se to vidi upoređivanjem toka visinsko prirasnih krivulja jednog i drugog stabla na slici 1. Iz tabele visinske analize 5, odnosno visinsko prirasne krivulje (slika 2.) vidimo, da je maksimalni prirast stabla sa najslabijom krošnjom nastupio u razdoblju između 20.—25. g. sa iznosom od 80 cm. Na svom daljnjem putu pokazuje prirast u visinu veoma nepravilan tok. Između 65. i 70. godine pao je taj prirast na minimalan iznos od 8 cm. Nakon toga vremena prirast u visinu opet raste, te između 75. i 80. godine života postizava visinu od 24 cm na godinu. I taj nagli porast prirasta u visinu može služiti kao dokaz, da je ondješnja hrastova sastojina, uzrasla na prvoklasnom tlu, posjedovala sve uslove valjanog rasteња. Često dizanje i padanje visinsko-prirasne krivulje upućuje naš na veliku životnu sposobnost one sastojine, koja je u svom samostalnom razvitku nastojala da iskoristi tokom svoga rasta sve prirodne uslove, kako bi se održala na životu. Da ju je pri tom pomagao čovjek, to bi se ona vje-

rojatno bila tako razvila, da bi se mnogo jače odupirala napadaju vanjskih nepovoljnih utjecaja.

Ako usporedimo visinske krivulje i visinsko-prirasne krivulje obadvaju stabala (sl. 2. str. 24), to vidimo, da stablo s $4/4$ krošnje, iako je mnogo razvijenije i jače, ne nadmašuje mnogo sa rastom ni prirastom u visinu drugo stablo sa veoma slabom krošnjom ($1/4$), što više u pojedinim periodama, a naročito u periodu između 77. i 92. godine imade stablo slabe krošnje daleko veći prirast u visinu nego prvo stablo sa dobro razvatom krošnjom. U razdoblju između 75. i 80. godine je prirast stabla sa $1/4$ krošnje dvaput veći nego prirast sa potpunom krošnjom ($4/4$). Sve nepravilnosti visinskog prirasta stabla slabe krošnje dokazuju veliku gustoću sklopa cijelog šumskog predjela Mala Oštra kao i žestoku borbu stabala za svijetlom.

5. Debljinski prirast.

Kao što kod prirasta u visinu tako i kod prirasta u debljinu pokazuju analize obadvaju stabala zanimljivije pojedinosti. Kako se vidi iz tabele 6. (str. 20) debljinske analize i debljinsko-prirasne krivulje (sl. 3 str. 25), prvo stablo sa dobro razvatom krošnjom pokazuje da je maksimalni prirast u debljinu nastupio vrlo rano, a poslije toga da stalno pada, pokazujući pri tom dosta velikih nepravilnosti. Najveću nepravilnost pokazuje prvo stablo u razdoblju između 92. i 97. godine, kada postizava debljinski prirast od 5,6 mm, a poslije toga u vremenu između 97. i 102. godine života pada na najmanji iznos od 1,8 mm. To se međutim vrijeme pokriva sa početkom napadaja gusjenica i medljike god 1910. Drugo stablo sa slabom krošnjom pokazuje nešto drugačiji tok debljinsko-prirasne krivulje. Ova krivulja pokazuje, da prirast toga stabla u debljinu počevši od maksimalnog iznosa u ranoj mladosti stalno pada.

Ako uporedimo debljinsko-prirasne krivulje obadvaju stabala, to ćemo vidjeti, da prvo stablo dobre krošnje ($4/4$) imade u ranoj mladosti veći debljinski prirast nego drugo stablo slabe krošnje ($1/4$). Dok taj prirast kod prvog stabla naglo pada, to on kod drugog stabla pada mnogo polaganije, te je od 12—27. godine veći od debljinskog prirasta stabla s $4/4$ krošnje. Od tog je vremena debljinski prirast stabla s $4/4$ krošnje stalno veći od prirasta stabla s $1/4$ krošnje. Upada u oči, da debljinsko-prirasna krivulja stabla s $4/4$ krošnje pokazuje vrlo velikih nepravilnosti u svom toku za razliku od debljinsko-prirasne krivulje stabla s $1/4$ krošnje, koja nema tako izrazitih nepravilnosti. Ta se pravilnost u toku debljinskog prirasta stabla s $1/4$ krošnje spram nepravilnosti prvog stabla može tumačiti tako, da stablo slabe krošnje — uz svoje također slabije razvito korijenje — nije bilo u stanju, da što inten-

zivnije iskoristi povoljne faktore rastenja u odnosnim periodima života jačajući svoj prirast u debljinu, kako je to iskorišćivalo stablo pravilno razvite krošnje.

6. Plošni prirast.

Po prirodi bi se stvari plošno-prirasna krivulja morala podudarati s debljinsko-prirasnom krivuljom, kako se to iz odnosnih krivulja (sl. 4. i tab. 7. str. 26) razabire. Plošno-prirasna krivulja stabla s dobro razvitom krošnjom raste u početku sa slabom snagom čineći manje nepravilnosti. U razdoblju između 57.—62. god. postizava iznos od 24,00 cm². Poslije toga uz jače nepravilnosti pada, dok u periodu između 92.—97. godine ne postizava maksimalni iznos od 37,4 cm². Nakon toga pada na veoma mali iznos od 12,4 cm², a to doba pada baš u vrijeme napadaja gusjenica i medljike 1910. god. Po prestanku te invazije plošni prirast raste, a to služi kao dokaz, da je to stablo imalo dovoljne snage, da se odupre invaziji štetočinja i da snaga prirašćivanja takovih stabala ne slabi u tolikoj mjeri, kako se to vidi kod drugog stabla s veoma slabom krošnjom.

Upada u oči, da je plošni prirast u periodu između 112.—117. god. opet pao, a to se vrijeme podudara sa ponovnim napadanjem gusjenica i medljike 1925. god. Poslije toga napadaja plošni prirast opet raste.

Što se tiče plošnog prirasta stabla s veoma slabo razvatom krošnjom (1/4) valja istaći, da taj prirast kulminira između 25.—30. godine sa iznosom od 14,4 cm². Od važnosti je spomenuti, da u toj dobi i stablo dobro razvite krošnje pokazuje skoro jednak plošni prirast, što je dokaz, da su se u mladosti sva stabla ove sastojine podjednako razvijala. Tok plošnog prirasta stabla sa slabo razvatom krošnjom pokazuje nakon svoje kulminacije tendenciju spuštanja i dizanja sa većim i manjim nepravilnostima, zaostajući pri tom znatno spram plošnog prirasta stabla sa dobro razvatom krošnjom.

7. Gromadni prirast.

Gromadni prirast najbolje pokazuje ogromnu razliku između stabala s pravilno i dobro razvatom krošnjom od stabla sa slabo razvatom krošnjom. Razliku u prirastu mase najbolje pokazuju tabela 8. i krivulje (sl. 5.) jednog i drugog stabla (strana 22). Gromadno-prirasna krivulja stabla sa dobro razvatom krošnjom pokazuje, da je to stablo u masi veoma nepravilno prirašćivalo. Do 42. godine gromadni prirast stalno raste. Od tog vremena on pada i diže se dostignuvši u 60. godini iznos od 0,2904 m³. Poslije toga on opet pada, ali i raste u nešto jačem tempu i postizava u periodu između 107.—112. god. maksimalni iznos od 0,4376 m³. Nakon toga vremena analogno kao i kod plošnog prirasta pada gromadni prirast u raz-

deblju između 112.—117. god., a to se pak vrijeme poklapa s ponovnim brštenjem gusjenica i napadom medljike u zadnjem deceniju. Poslije toga gromadni prirast pokazuje tendenciju rasteinja, kao što smo to vidjeli kod visinskog, debljinskog i plošnog prirasta.

Gore istaknutu i analizom dokumentovanu nepravilnost gromadnog prirasta valja pripisati tome, što je sastojina u svom razvitku bila prepuštena posve sama sebi, odnosno što joj čovjek pri tome nije pružao nikakve pomoći. Nije potrebno napose isticati, da je kasnijoj nepravilnosti u najvećoj mjeri uzrok napadač po gusjenicama i medljici. Usljed svih tih nepovoljnih okolnosti i utjecaja bio je prirast šume veoma slab. Za debljinu se stabla dobro razvite krošnje od 576 mm u dobi od 122 god. na ondješnjem prvoklasnom tlu ne može kazati, da zadovoljava, a kamo li za debljinu stabla sa slabom krošnjom. Zbog toga nije potrebno, da se gromadni prirast toga stabla napose ističe.

Osim toga postotna krivulja najbolje prikazuje tok rasteinja i padanja gromadnog prirasta. Dok ta krivulja pokazuje kod stabla dobro razvite krošnje rasteinje i padanje, to je njezin tok kod stabla sa slabo razvatom krošnjom više manje pravičan, jer to stablo u svom životu nije imalo snage za akciju i reakciju, nego je u svom potištenom položaju jedva životario.

Gore predočenim prikazima prirasta dvaju spomenutih stabala, sa najboljom i najlošijom krošnjom, odgovaraju prikazi prirasta ostalih 6 primjernih stabala prema stepenu razvitka njihovih krošanja, kojih podatke zbog pomanjkanja prostora žalibože ne možemo donesti. Provedene analize tih stabala predočuju jasnu sliku o razvitku prirasta hrasta lužnjaka u svim starim sastojinama prostranog kompleksa šume Žutice. To se može tim prije ustvrditi, što šumski predjel Mlada Oštra, gdje su ova istraživanja vršena, nosi sve osobine starih hrastovih sastojina na području šume Žutice.

5. Zaključak.

Kako se na osnovu svih gore izvedenih prirasta razabire, pokazuju hrastova stabla sa dobro razvatom krošnjom u dobi od 120 god. još zadovoljavajući prirast u visinu i debljinu. Sudeći po tome ne može se reći, da je njihova nedavna sječa — iako je sastojina mjestimično progaljena — bila posve opravdana. Starost tih stabala u doba njihove sječe ne može predstavljati financijsku zrelost, budući da ta stabla još dobro prirastaju u debljinu. Financijski se naime efekat u hrastovim šumama prosuduje općenito po njihovoj debljini, a ta je funkcija krošnje. Što su hrastova stabla deblja, to su vrednija. Kao prosječna debljina hrastovih stabala u prsnoj visini, kod koje ona imaju visoku vrijednost, a koju debljinu trgovci

danas najbolje plaćaju, može se označiti sa 60 cm. Iz hrastovih stabala te debljine može se dobiti najfinija roba, koja se uopće iz hrasta može izraditi. Tu debljinu mogu hrastova stabla u šumi Žutici postići u starosti od 140.—150. godina, kako se to može zaključiti po snazi prirasta na osnovu izvedenih analiza. Iz tih se naime analiza vidi, da je prirast u debljinu zadnjeg decenija povoljan i da bi stabla dobro razvite krošnje u odlomku vremena od slijedećih 20 godina narasla u debljinu za najmanje 10 cm. Prema tome bi sadanja debljina bez kore od 516 mm od 122 godine starog stabla mogla u njegovoj dobi od 140 godina iznositi najmanje 600 mm bez kore, a ta se debljina u financijskom pogledu označuje kao najpovoljnija debljina posavskih hrastovih šuma.

Kako je poznato, dobrota je zemljišta najglavniji faktor valjanog rasteanja šuma. U šumarskoj je nauci utvrđeno, da proizvodna snaga šumskog zemljišta direktno zavisi od dobrog i valjanog gospodarenja sa šumama. Ta naime snaga raste i pada prema tome, da li se šumom dobro gospodari ili ne. Po tom ne pretstavlja dakle dobrota zemljišta u šumskoj proizvodnji samo jedan od prirodnih faktora, nego ona zavisi o načinu, kako se šumom gospodari i upravlja. Kao što se sastojine u Žutici nisu u prošlosti nikako negovale, nego su bile prepuštene u svom razvitku same sebi, tako se naravno nije poklanjala nikakva pažnja ni proizvodnoj snazi zemljišta tih šuma. Zbog čestih poplava voda je gotovo svake godine u njima stagnirala, a time su se sve to više pogoršavali u flurobiološki uslovi za rast sastojine, što je svakako u velikoj mjeri doprineslo slaboj otpornosti hrastovih stabala protiv mnogih vanjskih štetočina.

Da se u šumi Žutici nije u prošlosti dobro gospodarilo i da se nisu u toj šumi primjenjivala načela šumarske nauke, dovoljno smo naprijed istakli i jasno dokumentovali izvedenim analizama primjernih stabala. Suviše velika mokrina tla u šumi Žutici svakako je bila zapreka valjanom rasteanju hrastovih šuma, a donekle i uzrok njihovoj brznoj propasti zbog gusjenica, pepelnice i drugih štetočina. Tu je invaziju štetočina potpomagala bivša mađarska šumska uprava svojom nebrigom i nerazumijevanjem koristi valjanog negovanja šuma u pravo doba, kao i puštanjem iz vida prednosti, koje pruža uzgajanje mješovitih sastojina. Faktorima se valjane produkcije nije u ovoj šumi poklanjala uopće nikakva pažnja. Uslijed spomenutih okolnosti produktivni su faktori te šume bili ne samo periodički, nego svake godine, pa čak i svakodana sve to više slabljeni.

Posljedice su sušenja hrastovih stabala u šumi Žutici svakako ogromne. To katastrofalno sušenje šume potvrđuje riječi jednoga filozofa, koji je rekao, da se zlo ne javlja pojedinačno, nego u gomilama. Štete, koje uslijed toga sušenja pre-



stavljaju u našem narod. gospodarstvu velik gubitak, bile bi sigurno znatno manje, da se u tim šumama vodilo valjano šumsko gospodarjenje kako obzirom na sastojinu tako obzirom na zemljište. Materijalna šteta samo na prekodređnoj sječi starih sastojina iznosi na desetke milijuna dinara, dok je šteta na srednjedobnim sastojinama vjerojatno mnogo veća. Kasnijim istraživanjima na terenu nastojaćemo odrediti, koliko zapravo iznose te štete u srednjedobnim sastojinama, odnosno računom utvrditi putem prihodne vrijednosti sastojine odnosno postotka zrelosti, da li njihov prirast vrijednosti kod sadašnjeg, slabog obrasta, opravdava njihov daljni opstanak.

RÉSUMÉ.

Le dépérissement des chênaies en Yougoslavie a pris, depuis 1925, de telles dimensions qu'on peut bien le déterminer comme un des plus grands maux qui atteignent, en ce temps dernier, la vie économique de la Yougoslavie. D'après l'opinion de la plupart de nos spécialistes en sciences naturelles, les causes principales de ce dépérissement étaient la *Lymantria* dispar et la *Microsphaera quercina*. Les arbres, devenus ainsi malades, affaiblirent et succombèrent trop tôt aux assauts de l'*Armillaria mellea* et de divers insectes.

L'auteur de ce mémoire recherche les causes de ce dépérissement d'un autre côté. Il étudie la croissance des arbres, pendant le récent passé, dans une des chênaies qui ont été le plus endommagées par ce mal. C'est la forêt de Žutica qui, dans la vallée de la Save, occupe des complexes très étendus des peuplements appartenants à l'Etat, aux communes et aux particuliers. Pour ses recherches, l'auteur choisit un pur peuplement de chêne pédonculé, âgé de 120 ans et occupant une superficie de 134 hectares. Les arbres de ce peuplement se trouvent dans un état très serré, bien que ce ne soit que le reste du peuplement après la dernière catastrophe. Ils sont très élancés et leur hauteur moyenne est de 30 mètres. La longueur relative des houppes est de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{2}$ de la longueur entière des arbres ce qui est anormal, étant donné qu' à cet âge la longueur des houppes ne devrait pas être inférieure à $\frac{1}{3}$ de la hauteur des arbres. Aussi à l'égard de leur forme, les houppes sont très anormales.

Pendant le comptage des arbres, l'auteur les divisa, d'après leurs houppes, en des classes de $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ et $\frac{1}{2}$ de la houppe développée normalement. Sur une superficie de 113 ha, il trouva 1675 arbres debout. L'année 1925, il y en était 3485 ou 307 par 1 hectare ce qui est beaucoup plus qu'il n'en devrait être. Pour ses recherches de l'accroissement, l'auteur choisit 8 arbres-modèles, eu égard de la qualité de leurs houppes. Il analysa leurs tiges et photographia, sur une échelle de $\frac{2}{1}$, leurs sections transversales à la hauteur de 1 m 30 au-dessus de terre.

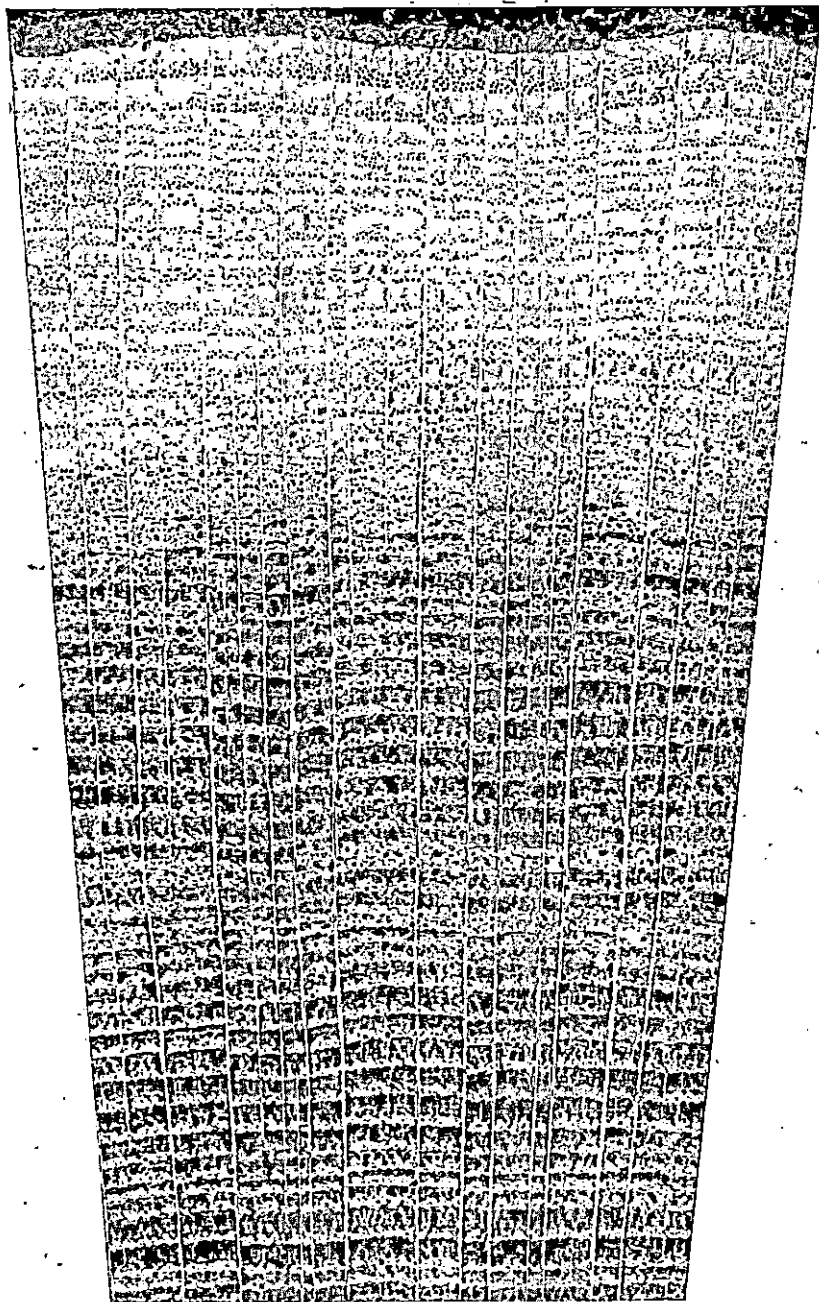
Ces photographies, de même que les résultats des analyses, montrent très instructivement que se ne sont seulement les insectes et les fungi qui ont causé la catastrophe dans nos chênaies, mais aussi le mode de leur traitement qui ne correspondait pas à la nature du chêne. L'auteur en vient à la conclusion que les conséquences des dégâts faits par les chenilles etc. seraient beaucoup plus moindres, si nos chênaies étaient, dans le passé, soignées (éclaircies) comme il convient à une essence qui exige beaucoup de soin et de lumière. Ces recherches montrent, en outre, qu'on peut bien facilement, dans les chênaies de la vallée de Save, eu égard naturellement, d'un bon traitement, jusqu'à un âge de 140 ans élever les arbres de 60 cm d'épaisseur; c'est-à-dire les arbres qui ont le plus bon prix.

1. Razvrstavanje stabala prema kvaliteti krošnje.

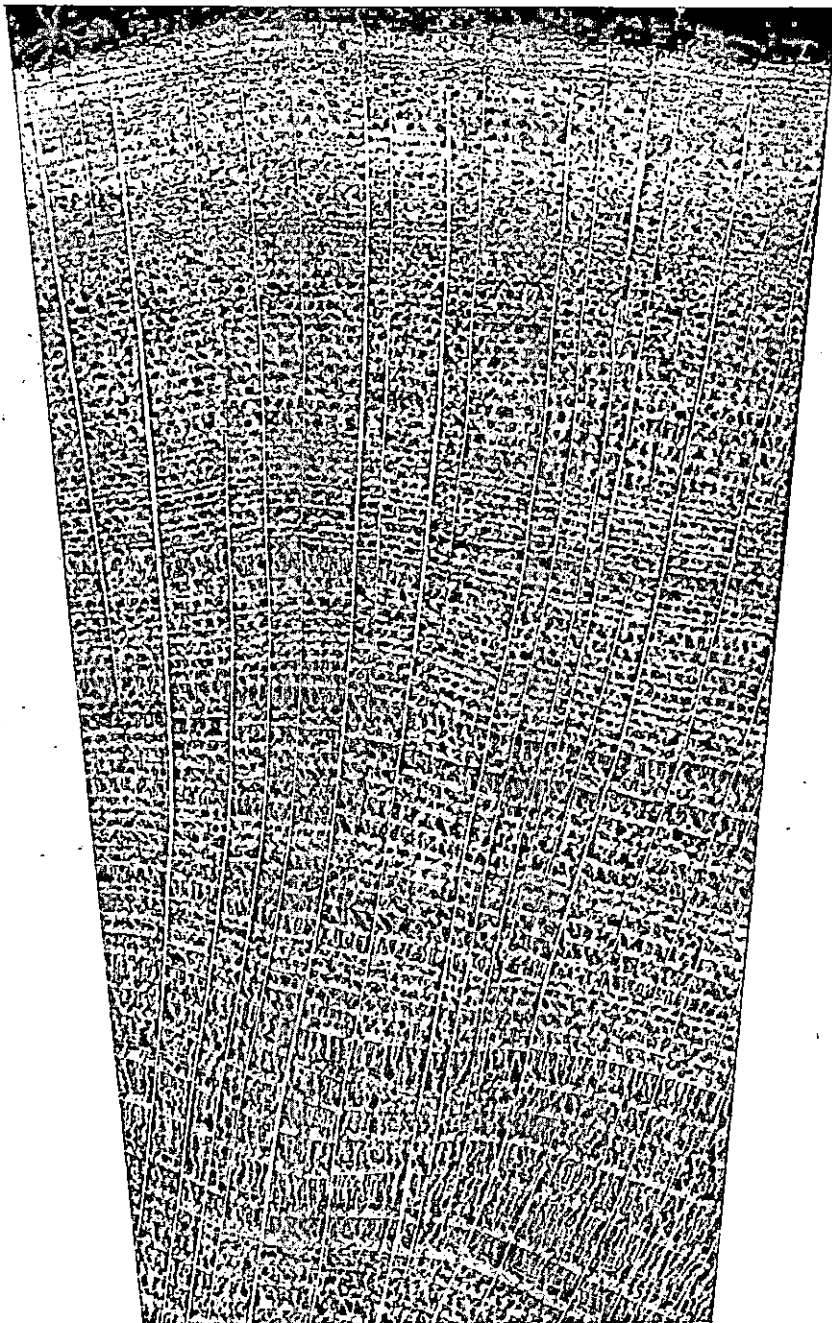
Debljinski razred	Zdrava stabla												Polusuha		Suba		Ukupno			Posve abnormalna stabla		Rubna stabla		Sveukupno					
	1/4		2/4		2/4		2/4																						
	Broj stabala		Temeljnica m ²		Broj stabala		Temeljnica m ²		Broj stabala		Temeljnica m ²		Broj stabala		Temeljnica m ²		Broj stabala		Temeljnica m ²		Broj stabala		Temeljnica m ²						
	% od ukupnog broja stabala	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²	Broj stabala	%	Temeljnica m ²			
28-30	2	4	0.1232	4	7	0.2646	9	16	0.5816	28	50	1.8790	1	2	0.0616	12	21	0.7753	56	100	3.6853	29	11	0.7047	—	—	67	4.3900	29
32-40	16	4	1.7872	76	18	8.6556	147	34	16.2100	130	50	12.9802	11	3	1.1699	46	11	4.5657	426	100	45.3696	37	28	2.7111	14	1.5696	468	49.6503	37
42-50	90	15	15.7626	245	41	40.9677	169	29	27.3944	46	8	7.1577	20	4	3.3756	17	3	2.7730	587	100	97.4310	46	12	2.0031	32	5.6175	631	105.0516	46
52-60	143	44	34.7237	126	39	29.6332	34	11	8.0968	4	1	1.0056	8	2	1.9927	11	3	2.5933	326	100	78.0653	55	5	1.2512	43	10.4754	374	89.7919	55
62-80	59	61	20.4891	24	25	8.5474	8	8	2.8504	—	—	—	2	2	0.6434	4	4	1.4322	97	100	33.9625	67	2	0.7320	36	13.2745	135	47.9690	67
Svega	310		72.8858	475		88.0895	367		55.1332	208		23.0225	42		7.2452	90		12.1395	1492		258.5137		58	7.4021	125	50.9370	1675	296.8528	

2. Tabela zdravih stabala triju srednjih debljinskih razreda.

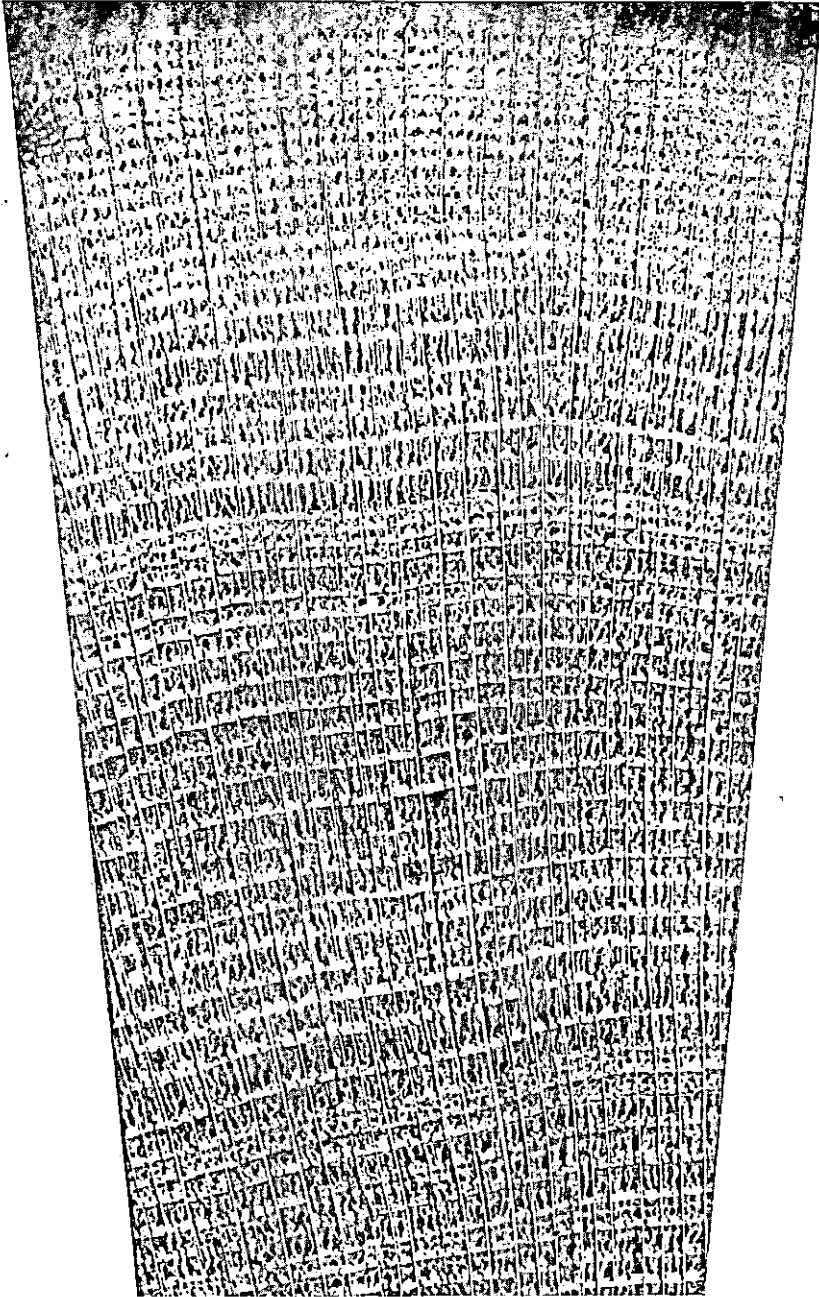
Debljin ski razredi	¹ / ₄			² / ₄			³ / ₄			⁴ / ₄			Ukupno		
	Broj stabala	Postotak br. stabala	Temeljnica	Broj stabala	Postotak br. stabala	Temeljnica	Broj stabala	Postotak br. stabala	Temeljnica	Broj stabala	Postotak br. stabala	Temeljnica	Broj stabala	Postotak br. stabala	Temeljnica
cm	n	%	m ²	n	%	m ²	n	%	m ²	n	%	m ²	n	%	m ²
32-40	16	4	1·7872	76	21	8·6566	147	40	16·2100	130	35	12·9802	369	100	39·6340
42-50	90	16	15·7626	245	45	40·9677	169	31	27·3944	46	8	7·1577	550	100	91·2824
52-60	143	46	34·7237	126	41	29·6532	34	12	8·0968	4	1	1·0056	307	100	73·4793
Svega	249	20	52·2735	447	36	79·2775	350	29	51·7012	180	15	21·1435	1226	100	204·3957



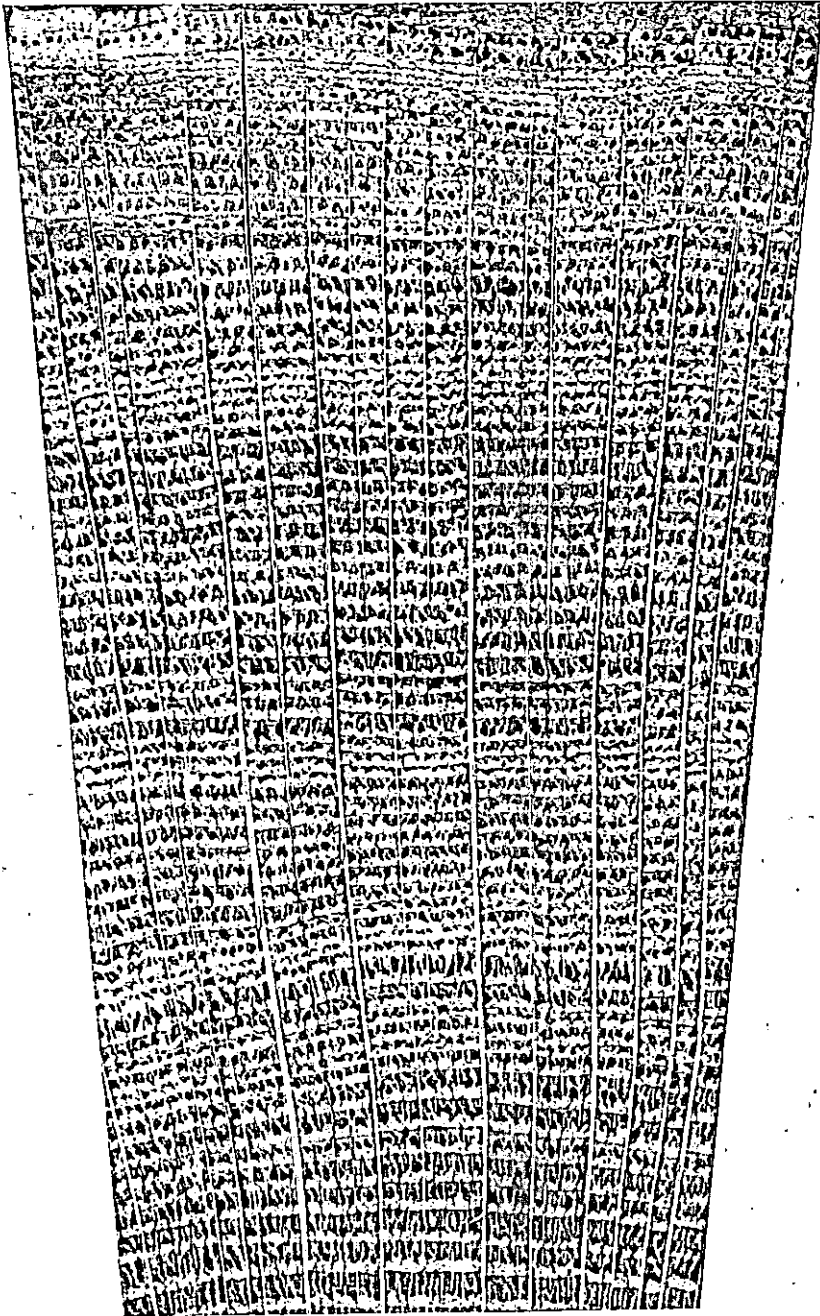
1. stablo sa $\frac{3}{4}$ krošnje, starost 122 god., visina 29.50 m, debljina 576 mm, početak krošnje u 20 m. Povećanje dva puta.



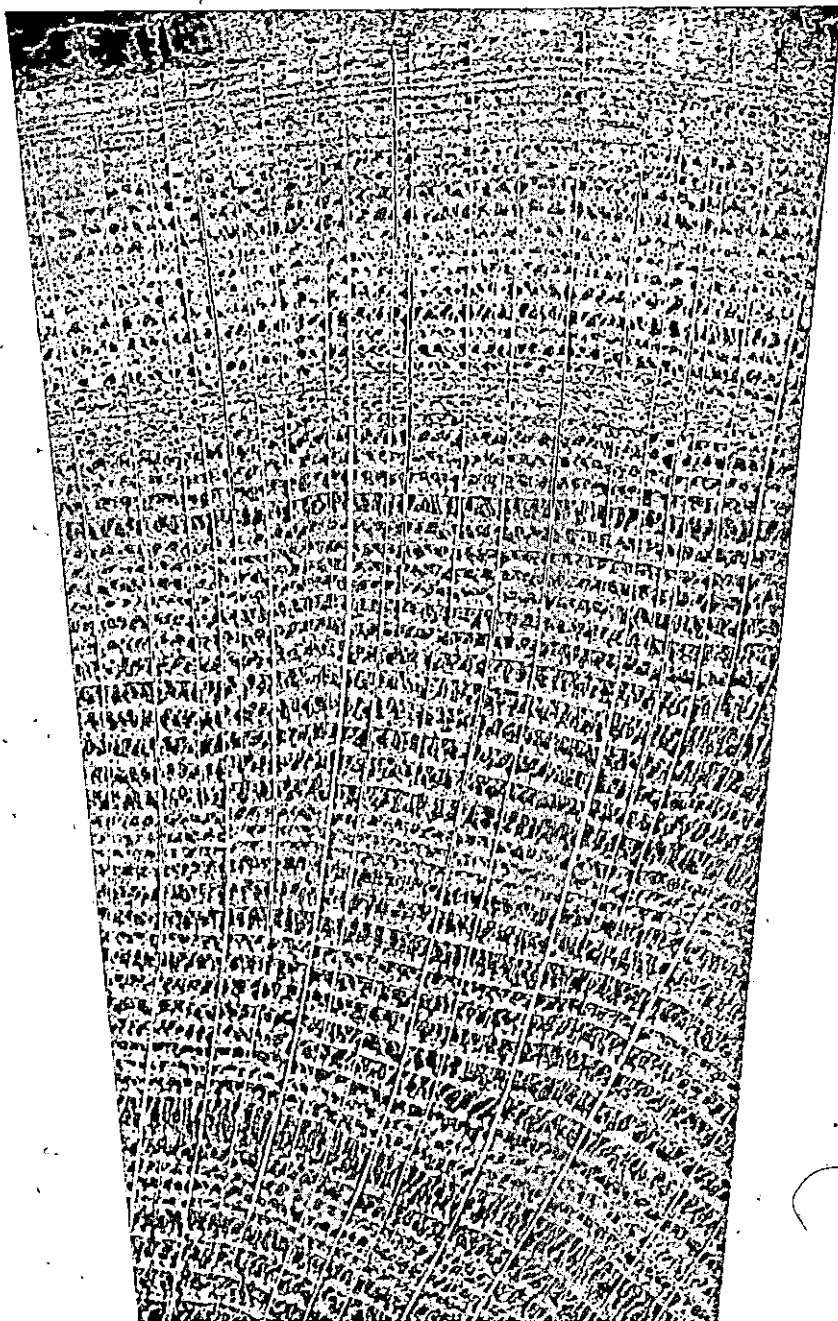
2. stablo sa $\frac{1}{4}$ krošnje, starost 115 god., visina 28,20 m, debljina 346 mm, početak krošnje u 20 m. Povećanje dva puta



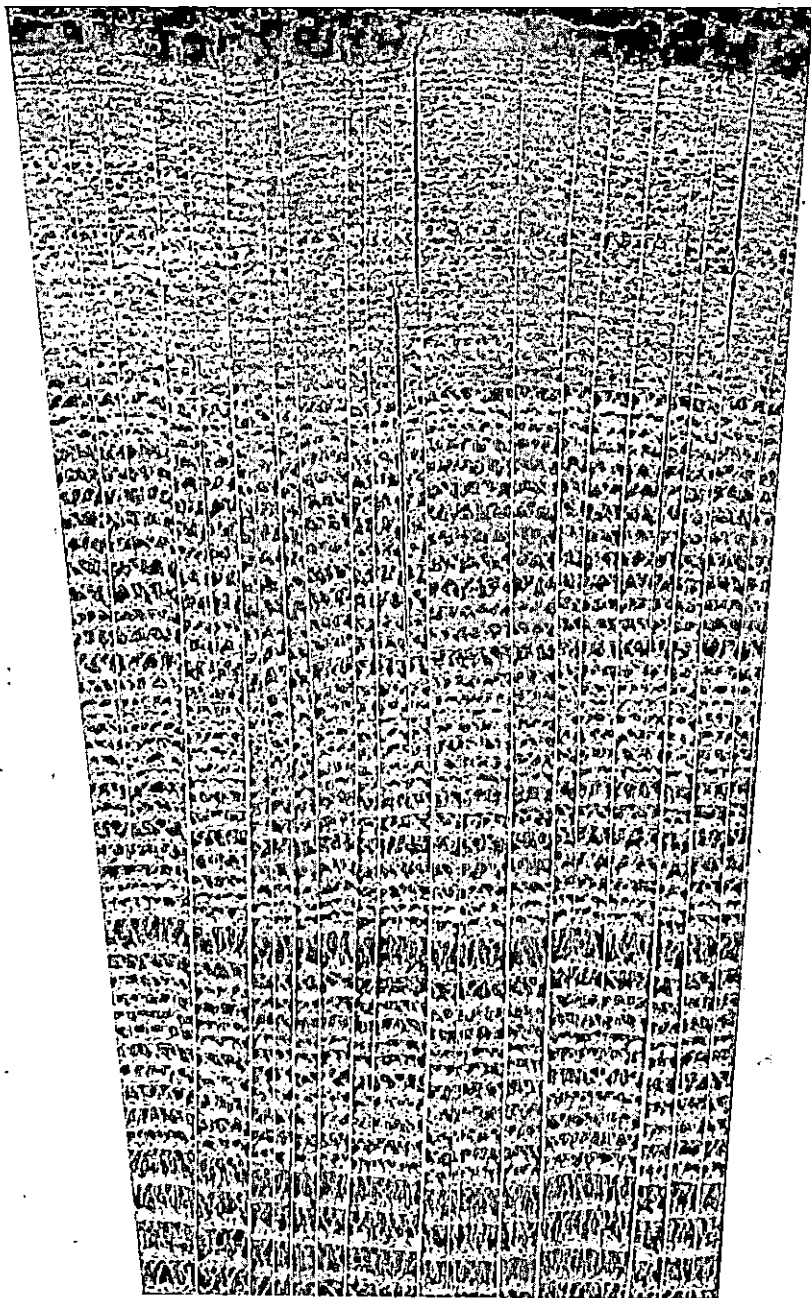
3. stablo sa $\frac{3}{4}$ krošnje, starost 122 god., visina 31.6 m, debljina 530 mm, početak krošnje u 21 m. Povećanje dva puta.



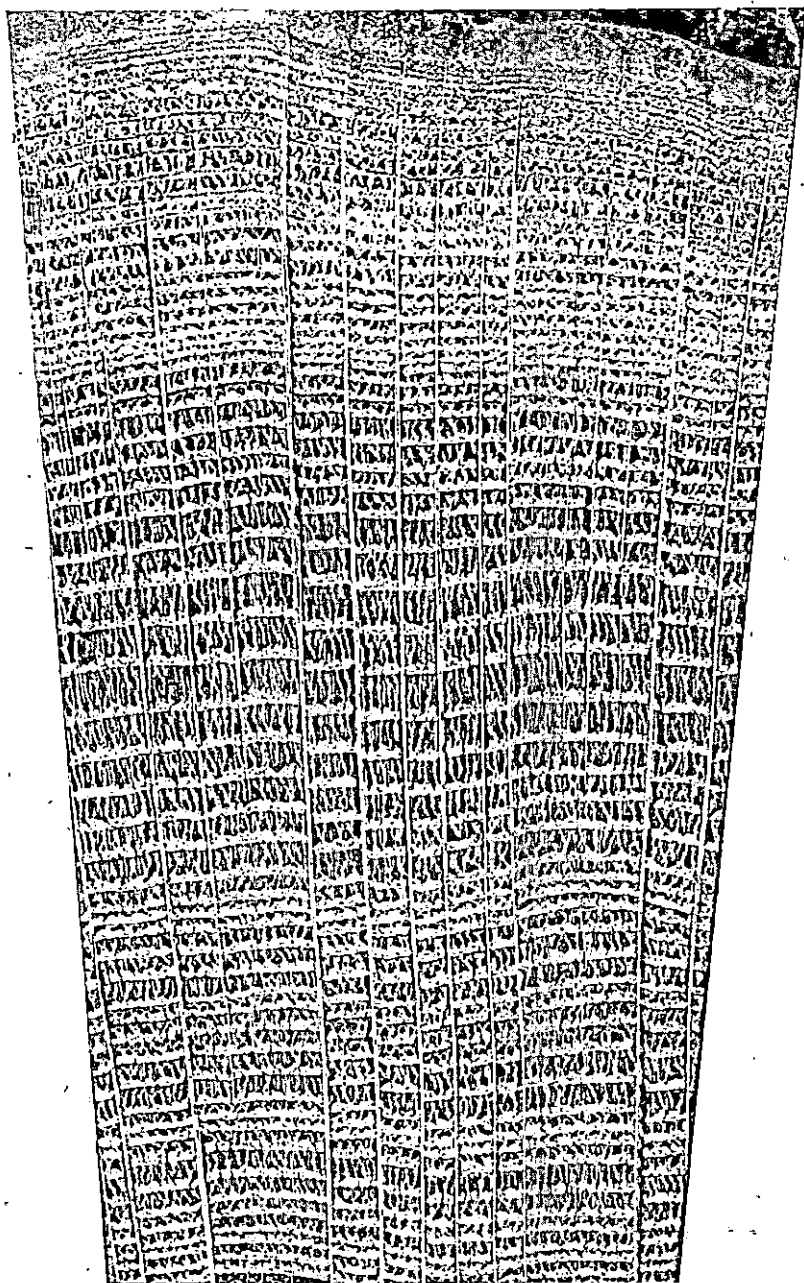
4. stablo sa $\frac{1}{3}$ krošnje, starost 120 god., visina 30 m, debljina 480 mm, početak krošnje u 16 m. Povećanje dva puta.



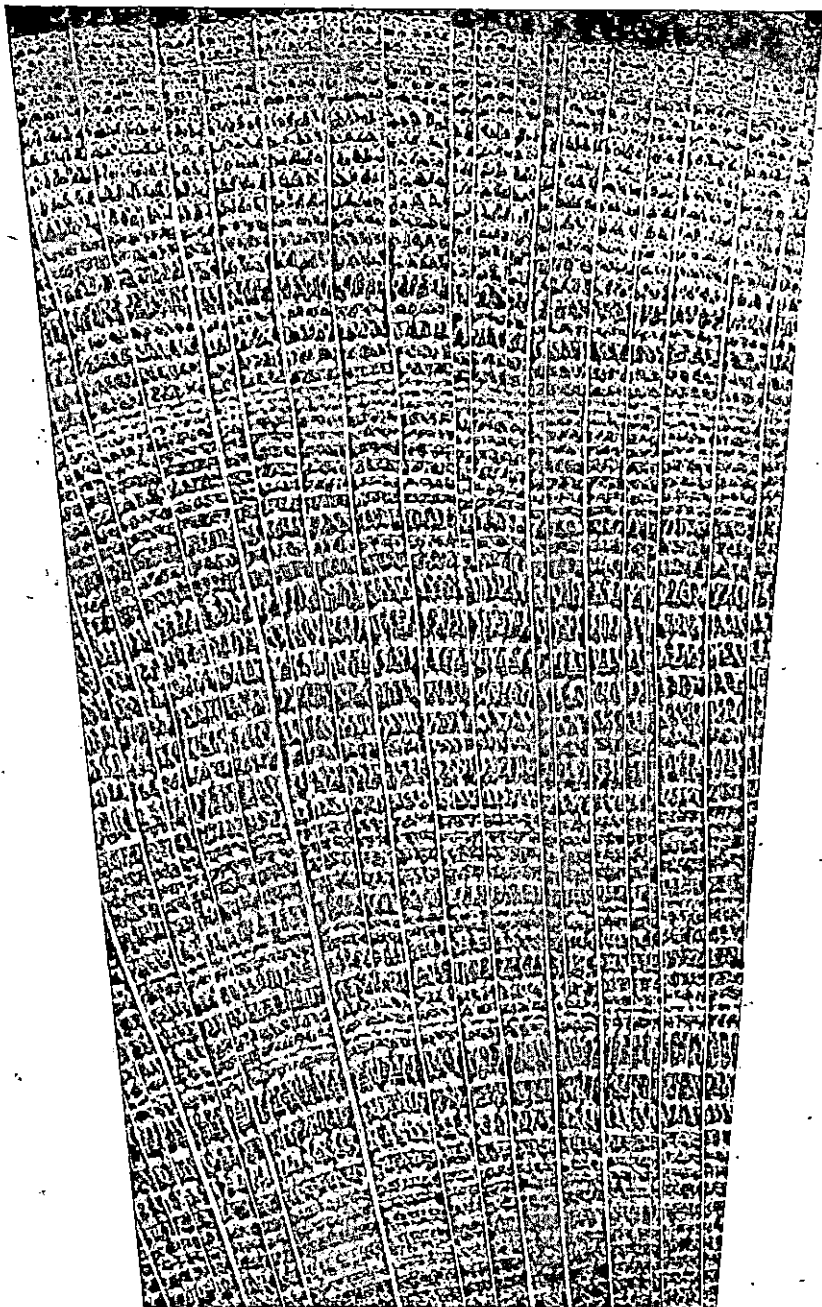
5. stablo sa $\frac{3}{4}$ krošnje, starost 112 god., visina 28,50 m, debljina 467 mm, početak krošnje u 17 m. Povećanje dva puta.



6. stablo sa $\frac{3}{4}$ krošnje, starost 120 god., visina 26 m, debljina 460 mm, početak krošnje u 18 m. Povećanje dva puta.



7. stablo sa $\frac{1}{2}$ krošnje, starost 120 god., visina 30,30 m, debljina 463 mm.
početak krošnje u 20 m. Povećanje dva puta.



8. stablo sa $\frac{1}{2}$ krošnje, starost 115 god., visina 27,60 m, debljina 352 mm, početak krošnje u 17. m. Povećanje dva puta.

3. Tabela promjerâ u prerezima pojedinih perioda stabla $\frac{1}{4}$ krošnje.

Prerez u visini m	Promjer bez kore na koncu godine																				Promjer s korom	Broj godova u prezeu				
	7	12	17	22	27	32	37	42	47	52	57	62	67	72	77	82	87	92	97	102			107	112	117	122
0:10	27	65	98	128	164	207	240	281	310	338	378	407	425	443	476	508	525	543	563	597	630	651	682	744	900	120
1:30		47	81	101	122	152	177	205	230	254	281	307	324	342	362	378	397	410	438	447	464	482	498	516	576	115
3:30		18	60	85	106	135	158	184	209	232	258	284	303	320	341	335	374	395	404	423	437	464	468	485	505	112
5:30			45	80	102	126	146	171	191	215	235	264	280	299	321	338	358	379	394	407	423	440	454	469	489	109
7:30			15	29	64	98	125	167	175	189	218	233	257	275	286	306	321	342	360	380	390	405	422	433	471	107
9:30				26	60	90	118	158	173	180	214	230	254	272	276	305	320	340	360	371	389	402	420	430	450	104
11:30					58	89	117	135	159	180	204	227	241	256	275	290	303	327	343	353	367	382	393	407	427	100
13:30					17	52	74	103	124	152	180	209	227	243	261	277	300	318	334	344	356	371	386	399	419	98
15:30						12	54	64	80	94	120	146	166	184	206	218	248	272	292	302	314	330	344	356	376	93
17:30								26	46	64	92	126	145	170	191	207	229	253	371	281	294	308	321	331	351	84
19:30									8	21	48	75	92	109	124	137	158	181	201	213	221	230	243	252	272	77
21:30												28	42	59	77	90	115	146	171	186	189	205	215	224	224	65
23:30														5	16	24	41	65	90	106	112	121	127	132	198	51
25:30																		12	28	44	60	90	114	120	134	35
27:30																						20	32	38	48	15

4. Tabela promjerâ u prerezima pojedinih perioda stabla 1/4 krošnje.

Prerez u visini m.	Promjer bez kore na koncu godine																					Promjer s korom	Broj godova u prerezu		
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105			110	115
0.15	14	66	112	144	200	240	254	266	280	320	342	360	382	404	420	430	446	456	468	488	502	512	520	540	112
1.30		43	79	111	139	169	188	206	213	225	234	242	251	258	264	276	286	295	301	310	319	325	330	346	110
3.30			24	68	116	156	176	192	204	214	220	228	236	242	248	258	266	272	278	286	296	302	308	322	104
5.30				38	81	121	139	157	170	180	189	196	204	212	218	231	241	250	256	264	273	279	284	300	98
7.30					58	96	126	140	156	170	180	188	196	204	212	222	232	240	246	256	262	268	274	290	95
9.30					35	74	106	122	139	154	165	173	181	189	195	206	216	227	232	239	246	254	259	275	93
11.30						28	72	87	111	125	140	149	158	166	175	185	196	204	213	220	228	236	241	257	90
13.30						12	41	58	74	89	106	116	127	137	144	155	167	178	185	193	201	209	215	229	87
15.30							22	37	50	69	84	97	106	115	124	140	151	161	168	177	186	193	198	212	83
17.30								10	23	43	61	74	90	99	109	123	138	149	155	163	172	179	184	198	77
19.30										10	30	41	46	66	74	92	109	123	130	139	148	157	163	177	67
21.30												11	24	34	47	73	93	118	124	129	136	144	149	161	59
23.30															3	22	43	55	62	69	77	84	89	101	41
25.30																	10	15	19	27	36	47	51	61	32
27.30																					6	15	19	25	12

8. Tabela drvno.gromadne analize.

stabla sa $\frac{1}{4}$ krošnje u dobi od 122 god. i debljini 57.6 cm						stabla sa $\frac{1}{4}$ krošnje u dobi od 115 god. i debljini 36 cm					
U starosti od		U razdoblju				U starosti od		U razdoblju			
Godina	Drvena masa	Godina	Tečajni prirast	Popreč. prirast	Postotak gromadnog prirasta	Godina	Drvena masa	Godina	Tečajni prirast	Popreč. prirast	Postotak gromadnog prirasta
	m ³		m ³				m ³				
7	0-0005	7.12	0-0054	0-00108	63.8			0-5	0-0001	0-00002	
12	0-0059	12-17	0-0145	0-00290	28.2	5	0-0001	5-10	0-0035	0-00070	
17	0-0204	17-22	0-0181	0-00362	13.5	10	0-0036	10-15	0-0076	0-00152	25.5
22	0-0385	22-27	0-0398	0-00796	15.3	15	0-0112	15-20	0-0194	0-00388	22.3
27	0-0783	22-32	0-0668	0-01336	13.1	20	0-0306	20-25	0-0499	0-00998	21.3
32	0-1451	32-37	0-0709	0-01418	8.3	25	0-0805	25-30	0-0660	0-01320	12.7
37	0-2160	37-42	0.1031	0-02062	8.1	30	0-1465	30-35	0-0617	0-01234	7.3
42	0-3191	42-47	0-0826	0-01652	4.7	35	0-2082	35-40	0-0491	0-00982	4.3
47	0-4017	47-52	0-0939	0-01872	4.3	40	0-2573	40-45	0-0512	0-01024	3.7
52	0-4956	52-57	0-1473	0-02946	5.3	45	0-3085	45-50	0-0568	0-01136	3.4
57	0-6429	57-62	0-1452	0-02904	4.2	50	0-3653	50-55	0-0458	0-00916	2.4
62	0-7881	62-67	0-1345	0-02690	3.2	55	0-4111	55-60	0-0462	0-00924	2.2
67	0-9226	67-72	0-1303	0-02606	2.7	60	0-4573	60-65	0-0450	0-00900	1.9
72	1-0529	72-77	0-1523	0-03046	2.7	65	0-5023	65-70	0-0473	0-00946	1.8
77	1-2052	77-82	0-1417	0-02834	2.2	70	0-5496	70-75	0-0488	0-00976	1.7
82	1-3469	82-87	0-1931	0-03862	2.7	75	0-5984	75-80	0-0725	0-01450	2.3
87	1-5405	87-92	0-2134	0-04268	2.6	80	0-6709	80-85	0-0746	0-01492	2.1
92	1-7534	92-97	0-1950	0-03900	2.1	85	0-7455	85-90	0-0592	0-01184	1.5
97	1-9484	97-102	0-1747	0-03494	1.7	90	0-8047	90-95	0-0568	0-01136	1.4
102	2-1231	102-107	0-1567	0-03134	1.4	95	0-8615	90-100	0-0712	0-01424	1.6
107	2-2798	107-112	0-2188	0-04376	1.8	100	0-9327	100-105	0-0682	0-01364	1.4
112	2-4986	112-117	0-1695	0-03390	1.3	105	1-0009	105-110	0-0616	0-01232	1.2
117	2-6681	117-222	0-2028	0-04056	1.5	110	1-0625	110-115	0-0519	0-01038	1.0
122	2-8709					115	1-1144				

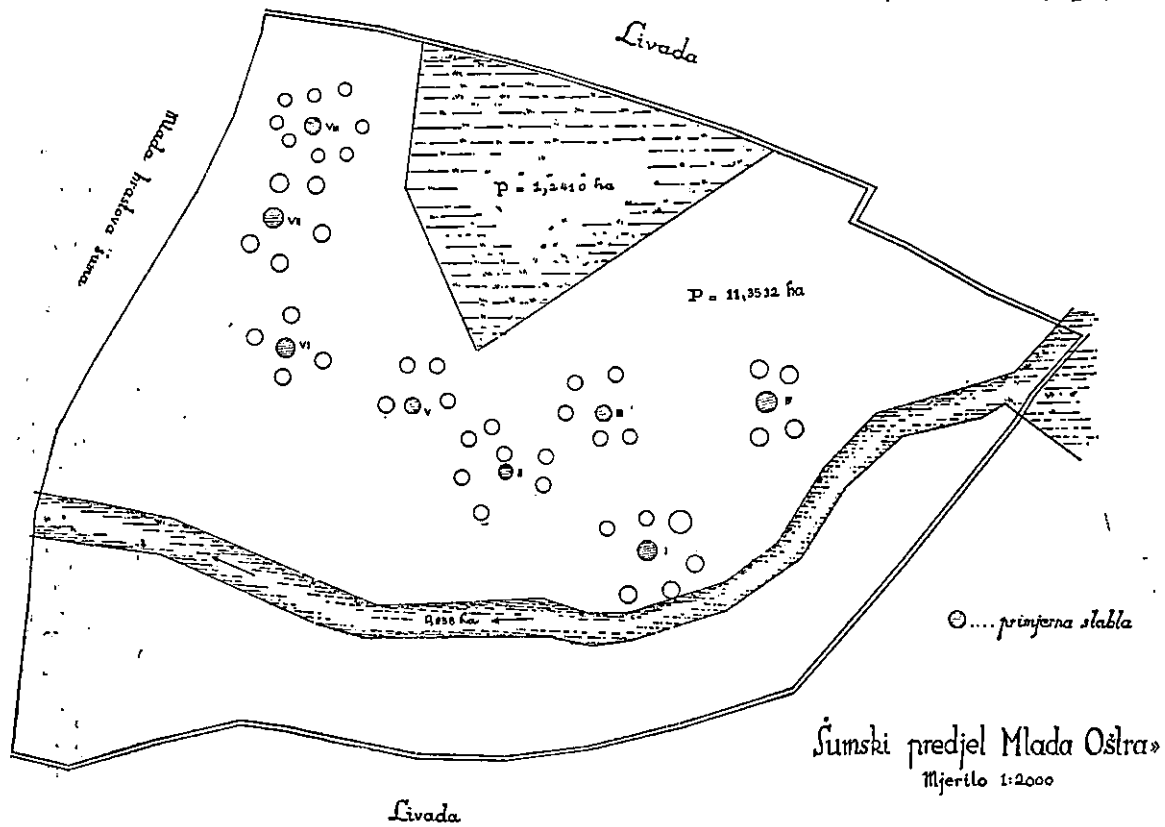


Fig. 1.

Situation des arbres-modèles (cercles hachés).

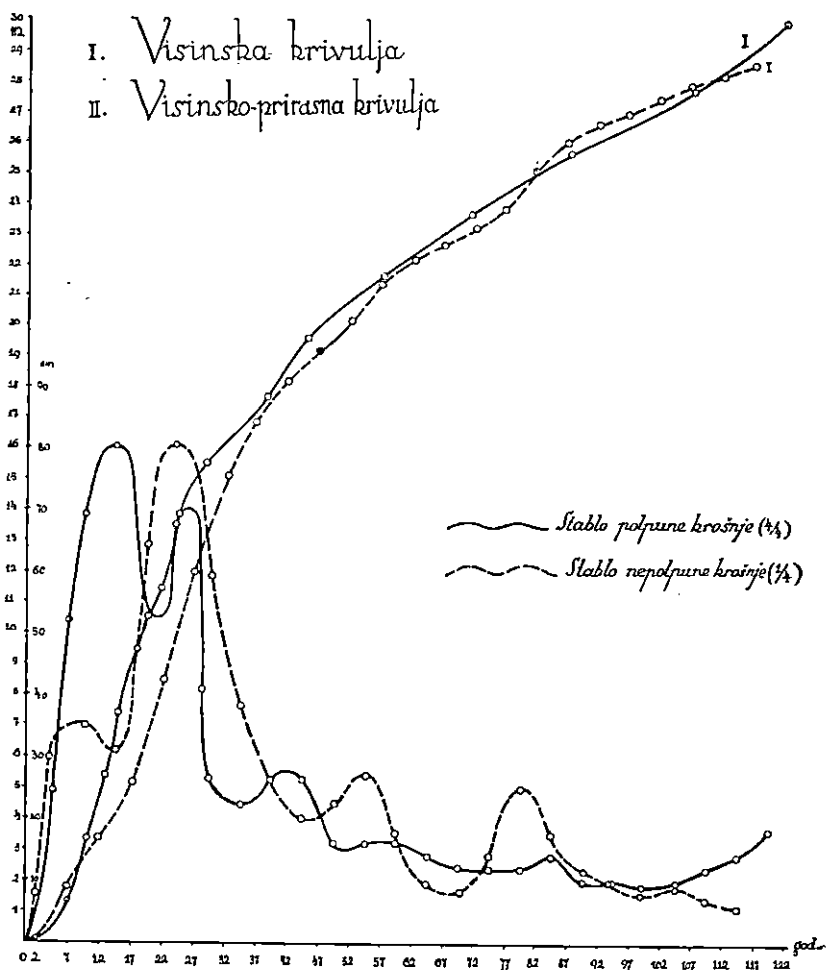


Fig 2.

I Courbe des hauteurs en fonction des âges.

II „ de l'accroissement en hauteur.

Les courbes tirées pleinement représentent l'arbre de houppe normale ($\frac{3}{4}$); les courbes interrompues, l'arbre de houppe réduite à $\frac{1}{4}$ de la normalité.

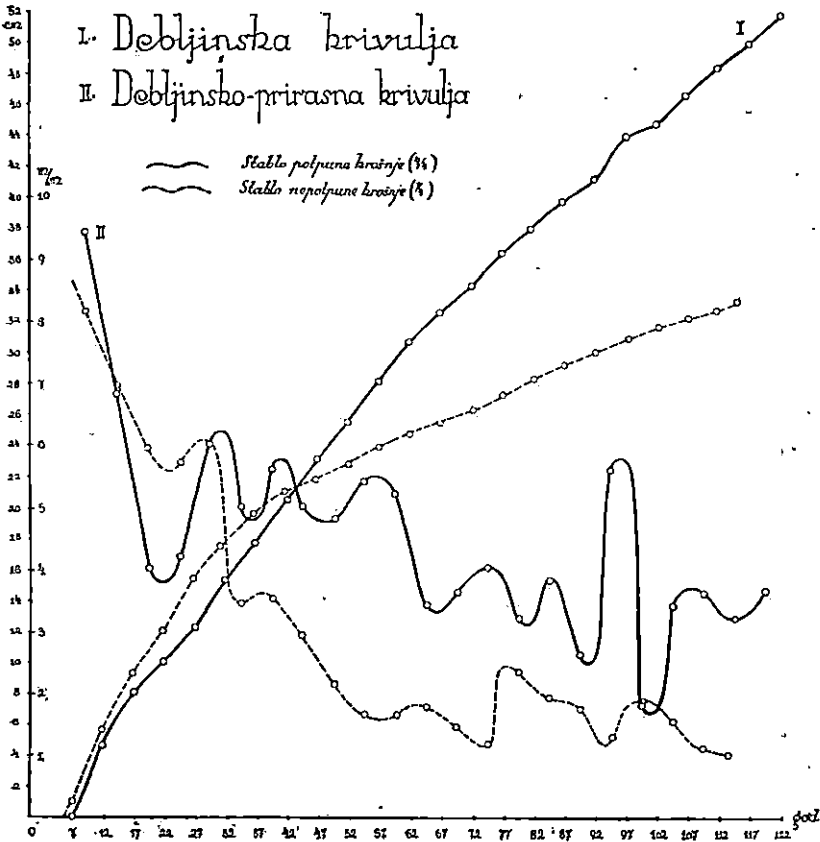


Fig. 3.

- I. Courbe des diamètres à hauteur d'homme en fonction des âges.
 II. Courbe de l'accroissement en diamètre.

Les courbes tirées pleinement représentent l'arbre de houppe normale ($\frac{1}{4}$); les courbes interrompues, l'arbre de houppe réduite à $\frac{1}{4}$ de la normalité.

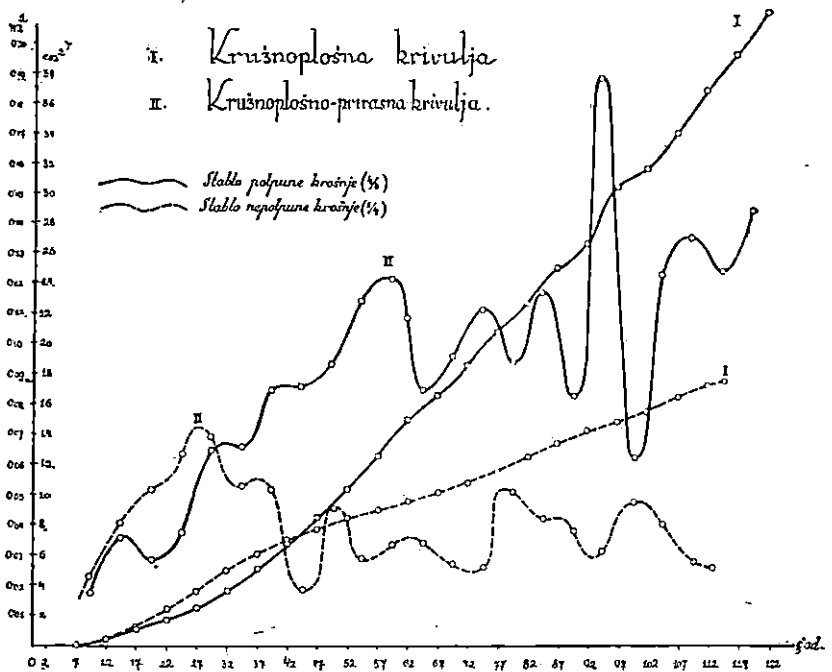


Fig. 4.

I. Courbe des sections transversales en fonction des âges.
 II. de l'accroissement en section transversale.

Les courbes tirées pleinement représentent l'arbre de houppe normale ($\frac{3}{4}$); les courbes interrompues, l'arbre de houppe réduite à $\frac{1}{4}$ de la normalité.

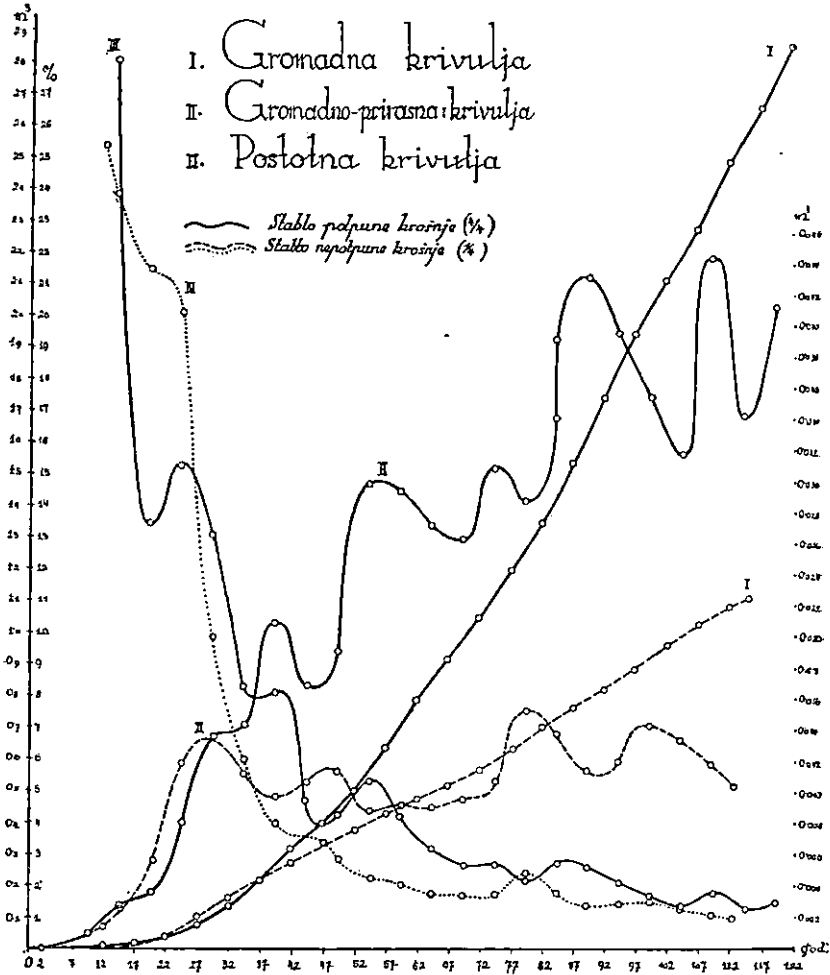


Fig. 5.

- I. Courbe des masses ligneuses en fonction des âges.
 II. „ de l'accroissement en masse.
 III. „ du taux de l'accroissement.

Les courbes tirées pleinement représentent l'arbre de houppe normale ($\frac{1}{4}$); les courbes interrompues, l'arbre de houppe réduite à $\frac{1}{4}$ de la normalité.

Dr. ALEKSANDAR UGRENOVIĆ i Dr. BOGDAN ŠOLAJA :

ISTRAŽIVANJA O SPECIFIČNOJ TEŽINI DRVETA I KOLIČINI SIROVE SMOLE VRSTI PINUS NIGRA ARN. I PINUS SILVESTRIS L.

Recherches sur le poids spécifique du bois et sur la
quantité de la résine brute des essences Pinus
nigra Arn. et Pinus silvestris L.

Untersuchungen über das spezifische Gewicht des
Holzes und den Rohharzgehalt der Kiefernarten Pinus
nigra Arn. und Pinus silvestris L.

SADRŽAJ — Sommaire — Inhalt:

Uvod — Introduction — Einleitung.

Objekat istraživanja — Objet des recherches — Objekt der
Untersuchung.

Metoda rada — Méthode du travail — Arbeitsmethode.

Specifična težina kao mjerilo anizotropnosti drveta — Poids
spécifique comme échelle de l'anisotropie du bois —
Specifisches Gewicht als Masstab der Anisotropie des
Holzes.

Srednja specifična težina — Poids spécifique moyen — Middle-
res spezifisches Gewicht.

Sadržina sirove smole — Quantité de la résine brute — Roh-
harzgehalt.

Sadržina vode — Teneur en eau — Wassergehalt.

Širina goda i zone kasnoga drveta — Epaisseur de la couche
annuelle et de la zone du bois d'automne — Breite des
Jahringes und des Spätholzanteiles.

Odnos specifične težine prema stabilitetu debla — Relation
entre le poids spécifique et la stabilité du fût — Verhält-
nis zwischen dem spezifischen Gewicht und der Stabilität
des Schaftes.

Žaključak — Résumé — Zusammenfassung.

Bibliografija — Bibliographie.

UVOD

U ovoj publikaciji, koju smatramo samo uvodom u naša specijalna istraživanja o smolarenju (gemmage, Harzung) kao o kemizmu i kvalitetu smole crnoga bora (*Pinus nigra* Arn.) i bijeloga bora (*Pinus silvestris* L.), razrađena je najvažnija osnovica svakoga iskorišćivanja smole: specifična težina drveta i kvantitet normalne sirove smole (résine brute, Rohharz) u drvetu. Naročito su istraživane razlike u specifičnoj težini i kvantitetu smole prema čestima stabla (bijel, srž) te prema visini i ekspoziciji tih česti na pojedinome stablu. Na kraju, istražen je odnos specifične težine drveta i kvantiteta smole među se kao i naprama građi drveta (širini godova i širini zone kasnoga drveta).

Poznavanje specifične težine i smolovitosti drveta od opće je važnosti u više smjerova. Jedno, specifična težina je najizrazitije mjerilo brojnih tehničkih svojstava drveta. Njome je uslovljena tvrdoća drveta, o kojoj uvelike zavisi ne samo izbor tehnike smolarenja dubećih stabala već i rentabilnost samoga smolarenja. Drugo, potrebno je utvrditi, da li se i ukoliko se iz specifične težine drveta i njegove građe smije zaključivati na stepen smolovitosti nekoga stabla i njegovih česti. Treće, od važnosti je da se dobije osnovica za prosuđivanje pitanja, u kakovoj relaciji stoji normalna (fiziološka) smolovitost borovine naprama smolovitosti, čiji su uzroci patološke prirode. Zatim, poznavanje kvantuma normalne smole krškoga bora, koji raste pod naročitim klimatskim i stanišnim prilikama, od važnosti je za komparaciju bora sa krša na jednoj a bosanskog i južnosrbijanskog bora na drugoj strani. Na kraju, poznavanje specifične težine i njenog rasporeda unutar stabla u savremenoj nauci dobija sve veću važnost za objašnjavanje općih činilaca, o kojima zavisi oblik stabla odnosno debla, a naročito za objašnjavanje statičkog smisla debla.

Specifična težina naše borovine uopće je neistražena. Ono malo podataka o specifičnoj težini crnoga i bijeloga bora, što ih nalazimo u Janke (Janka 1915, 42, 83, 106), izgrađeno je na osnovu istraživanja materijala, koji potječe pretežno iz Austrije, dakle iz oblasti, koja se i po svom staništu, po unutrašnjoj strukturi svojih šumskih sastojina i po njihovom kvalitetu bitno razlikuje od oblasti crnoga bora u Jugoslaviji a naročito od onih iz oblasti jugoslavenskog kontinentalnog krša. Poznate su samo dvije brojke o specifičnoj težini naše krške borovine. (Bogner 1863, 508).

Kvantum normalne smole i njena reparticija u stablu predstavljaju pitanja, koja su uopće slabo istražena (Mayr, Ramann). Njima se za našu borovinu do danas uopće nitko nije bavio. Istraživanje kvantuma i kemizma smole bosanske

crne borovine vršeno je u Italiji (Palazzo) no isključivo u cilju poznavanja mogućnosti iskorišćavanja panjevine crne borovine putem kemijske ekstrakcije.

Svi su ovi razlozi opravdavali potrebu da se pristupi istraživanju naše borovine i njenih osobina.

Podjela istraživačkoga rada izvršena je na taj način, da su odabiranje objekta u terenu, pribavljanje materijala za istraživanje, te dendrometrijska i tehnološka laboratorijska istraživanja izvršena po nastavniku za Uporabu Šuma a laboratorijska kemijska istraživanja izvršena po nastavniku za Opću i Agrikulturnu kemiju i Kemijsku tehnologiju na Poljovivrednome Fakultetu Univerziteta u Zagrebu.

OBJEKAT ISTRAŽIVANJA

Objekat naših istraživanja čine dva stabla, koja potječu iz oblasti jugoslovenskoga kontinentalnoga krša: jedno stablo crnog bora (*Pinus nigra* Arn. Pin noir, Schwarzkiefer) i jedno stablo bijeloga bora (*Pinus silvestris* L., Pin sylvestre, gemeine Kiefer). Namjerice je odabrano stanište, na kome se uporedo — to jest u mješovitoj sastojini — nalazi crni i bijeli bor. Na taj način bilo je moguće učiniti poređenje između crnoga i bijeloga bora i da se pri tome poređivanju faktor staništa kao konstantan mogao eliminovati. Mogućnost toga poređivanja od naročite je važnosti za drugi dio naših istraživanja, koji se odnosi na tehniku smolarenja i kemizam smole.

Autohtonost crnoga i bijeloga bora u rečenoj oblasti našega istraživačkoga rada van svake je sumnje. Ne smatramo se nadležnim da se upuštamo u detalj dokazivanja te autohtonosti. Poslužit ćemo se samo citatima iz botaničke literature.

Za crni bor (*Pinus nigra* Arn.) navode Fekete-Blatny baš nalazišta, u kome leži naše opitno polje.

»In der Kiskapella (mišljena je Mala Kapela) erscheint sie nächst Škare in den Kieferbeständen (Samar. 33°05', 44°54'; 819 m S und 861 SW, Kalkstein)«. (Fekete-Blatny, 684).

Iako Fekete-Blatny spominju bijeli bor (*Pinus silvestris* L.) u Maloj Kapeli samo u vidu ostrva (inselartig), ipak po njihovom mišljenju »Es dürfte zweifellos feststehen, dass die Weissföhre auch in diesen Gebieten urheimisch ist«. (Fekete-Blatny 55).

»Viel mehr charakteristisch ist das Vorkommen der Kiefer im Gebiete der Kiskapella (mišljena je Mala Kapela). Inselartig gedeiht sie in den östlichen Teilen des Gebirges nächst den Ortschaften Babinpotok, Škare, Plaški (Jesenice), Saborški und Vrhovina (Rudopolje)«. (Fekete-Blatny 681, 682).

Dapače pomenuti autori izrično spominju kao nalazište autohtonog bijeloga bora i naše opitno polje zvano Samar.

»Samar-Odanova Kosa (33° 05', 44° 54'). Bei 819 reiner Bestand«.

»Samar (33° 05', 44° 54'). Bei 861 ein Bestand, gemischt mit der Schwarzkiefer«. (Fekete-Blattny 682).

Oba stabla, čije je drvo predmetom naših istraživanja, izvađena su iz opitnoga polja zvanoga Samar, na kome se u terenu vrše istraživanja o smolarenju.

Odnosno opitno polje leži na teritoriju Savske Banovine, sušačke Direkcije Šuma, škarračke Šumske Uprave, unutar gospodarske jedinice Samar, okružje 30 odjel A V.

Geografski je položaj opitnoga polja ovaj:

Geografska dužina 33° 05' Ferro, geograf. širina 44° 53' 41". Elevacija 835 m. U morfološkom smislu opitno polje predstavlja u svojoj većoj česti zaravanak (plato) sa malim nagibom prema W (0° do 5°) a u manjoj česti stranu (versant. Lehne) južne ekspozicije, inklinacije 5° do 20°. Gorski masiv Male Kapele.

Geološku podlogu opitnoga polja Samar čini kredin vapnenac (Koch). Tlo je humusno-karbonatno (renzina). Dubljina tla od 30 cm do 1.50 m, mjestimično probija vapneno kamenje. Uprkos značajnih oborina tlo slabo vlažno.

Klima tipična krška kontinentalna: kratki vegetacijski period, nagle i jake promjene temperature, srednja godišnja temperatura niska. Atmosfera vrlo vlažna, jaki rani i kasni mrazovi i magle, obilje ekvinokcijskih kiša, niski tlak uzduha, zima duga, ljuta i snijegom bogata, jak i čest sjeveroistočnjak (bura). Rezultati naših opsežnih sopstvenih meteoroloških opažanja biće donešeni u drugoj česti ove radnje.

Opitno polje, iz koga su izvađena stabla za naša istraživanja, predstavlja mješovitu sastojinu crnoga i bijeloga bora rijetkoga sklopa (0'2 do 0'5). Jedna, južna čest sastojine bez donje je etaže. U drugoj česti je dobro razvijena potstoina sastojina (bukve, javora, lijeske i dr.), koja nemalo posvema zastire tlo. Ostale karakteristike sastojine, koja čini opitno polje, biće opisane u drugoj česti ove radnje.

Ovdje iznosimo samo one elemente opisa stabala, koji su od važnosti za predmet ovih naših istraživanja.

Pinus nigra Arn.

Starost:	164 godine
Promjer u prsnoj visini:	40 cm
Visina totalna:	26'30 m
Dužina čistoga debla:	17'30 m
Karakteristika habitusa:	krošnja ašimetrična, gusta (0'7 do 0'8); glavna masa grana okrenuta prema SW.

Pad promjera debla po dužnome metru:

	od 0	do 1'30 m	visine 6'6 cm
	od 1'30	„ 17'30 m	„ 0'7 cm
u krošnji	od 17'30	„ 26'30 m	„ 2'7 cm

Pravnost debla: potpuna

Poprečni presjek debla: nije kružnica već elipsa, čija se velika osovina kreće unutar smjerova N-NE i S-SW, mala osovina E-SE i W-NW.

Pravnost žice debla potpuna

Širina godova (u 1'30 m visine): od 0'73 do 1'68 mm

Broj godova bijeli (u I kolutu): od 93 do 99

Broj godova srži (u I kolutu): od 65 do 71

Kubna sadržina bijeli: 82%

Kubna sadržina srži: 18%

Kora: 3 do 5 cm debela, normalna

Povrede: prizemnim požarom povređen lub u žilištu.

Pinus silvestris L.

Starost: 163 godine

Promjer u prsnoj visini: 39 cm

Visina totalna: 25'30 m

Dužina čistoga debla: 20'30 m

Karakteristika habitusa: krošnja srednje gusta (0'5 do 0'6). Glavna masa grana okrenuta prema SW.

Pad promjera debla po dužnome metru:

	od 0	do 1'30 m	visine 7'7 cm
	od 1'30	do 19'30 m	„ 0'9 cm
u krošnji	od 19'30	do 25'30 m	„ 3'0 cm

Pravnost debla: potpuna

Poprečni presjek debla: nije kružnica već elipsa, čija se velika osovina kreće unutar smjerova NNW-NW mala osovina E-ENE.

Pravnost žice debla: potpuna

Širina godova (u 1'30 m visine): od 0'24 do 1'68 mm

Broj godova bijeli (u I kolutu): od 84 do 97

Broj godova srži (u I kolutu): od 66 do 79

Kubna sadržina bijeli: 47%

Kubna sadržina srži: 53%

Kora: 2 do 4 cm debela, normalna

Povrede: prizemnim požarom povređen lub u žilištu.

METODIKA RADA

Na dubećim stablima obilježeni su smjerovi S,N, E,W. Zatim su stabla okopana oko žilišta i oborena (pilom i sjekirrom) tako da je ravnina piljenja ležala 10 cm ispod razine tla. Znači, sredina I koluta leži u nivou tla. Oborena stabla rastavljena su — od žilišta do terminalne vrške — na trupčice (sekcije) od 2 m dužine. Samo je prva sekcija svakoga stabla duga 1'30 m. Sekcija bijeloga bora br. 3 i 11 dugačke su 1'80 m a sekcije br. 4 i 12 dugačke su 2'20 m. To iz razloga, da ne bi pale u drvenu masu kolutova one česti debla, koje pokazuju veliki stepen nepravilnosti grade (urasle grane, kvрге) i smolovitosti (nakupine smole) i da ne bi u znatnoj mjeri izobličile rezultate. Sa debljega kraja svake sekcije otpiljen je kolut od 20 cm visine i dopremljen u laboratorij. Pregled kolutova kao i visine, u kojima su oni skinuti, razbiru se iz grafikona u tekstu.

Obaranje stabala izvršeno je krajem mjeseca oktobra 1929. Da se predusretne modrenje borovine t. j. pojavljivanje i razvoj gljiva (*Cerastomela* i druge) kolutovi su dopremljeni iz terena u laboratorij u roku od 48 sati i ondje brzim tempom izvršeno njihovo daljnje rastavljanje.

Svaki primarni kolut rastavljen je piljenjem na dva koluta: jedan gornji od 5 cm drugi donji od 15 cm visine. Deblji kolut je rascijepljen na kvadrante i česti P,C,S i njegovo drvo upotrebjeno za kemijska istraživanja.

Usitnjavanje drvene mase kvadranta odnosno česti P,C,S vršeno je pilom u rezovima okomitim na drvena vlakanca u rastojanju od 1 cm. Proizvedena piljevina spremljena je u staklene bočice i otpremljena u kemijski laboratorij.

Metod kemijskog istraživačkog rada sastojao je u ovome.

U svrhu što tačnijeg kvantitativnog određivanja suhe tvari u drvu, vlage i smole valja imati na umu da je drvo, kao i sve tvari u njemu, vrlo nježno pa se toga radi ono vrlo lahko mijenja već i zahvatom čisto fizikalnim a kamo li zahvatom kemijskih agensa. Razumljivo je da je valjalo odabrati i pronaći takovu metodiku, kojom će drvo i njegove sastojine ostati po mogućnosti u genuinom stanju. Prije svega smo drvo usitnili i prethodno ga osušili u što kraćem vremenu, da ne bi podleglo razornom utjecaju mikroorganizama.

Metodika rada raspada se na:

I) Prethodno sušenje uzoraka drva u formi piljevine u inertnoj atmosferi (struji CO_2) na vodenoj kupelji kod ca 80°C ;

II) Vođenje para hladilom i hvatanje kondenzata (voda + hlapivi terpeni + kiseli hlapivi produkti);

III) Dosušivanje drva u parnom sušioniku u struji CO_2 i nad CaCl_2 ;

IV) Određivanje gubitka na težini, vaganjem posve dosušenog uzorka;

V) Mućkanje kondenzata pod 1) sa eterom, odjeljivanje eternog ekstrakta od vode pomoću lijevka za odjeljivanje, te vaganje eternog ekstrakta (terpena);

VI) Ekstrakcija posve osušene piljevine sa eterom u Soxhletovom aparatu i vaganje ekstrahirane smole.

U posao smo uzeli uvijek 20 g svježje piljevine (srednji uzorak).

Razlozi, koji su nas vodili da analizu provedemo upravo navedenom metodom, jesu ovi:

Već samim sušenjem drva nastaju promjene njegovog kemizma, zato se nastoji, gdje je to samo moguće, da se drvo suši po mogućnosti kod obične temperature, na pr. oduzimanjem vlage sušenjem u vakuum-ekskikatoru nad P_2O_5 . Neki autori suše drvo strujom suhog uzduha na pr. sa Fön-aparatom kod 50°C . Nama nije bilo moguće postupati ovako, jer takav rad zahtijeva mnogo vremena. Mi smo naprotiv morali sve uzorke drva osušiti u što kraćem vremenu iz bojazni pred rastvorbom drva utjecajem biološkim, odnosno pred gubicima na vlazi i terpenima evaporacijom. Sušenjem drva nastaju razna hidrolitička cijepanja ugljohidratnih i ostalih komponenata drva, osim vode hlape i razne hlapive sastojine drva i hlapivi produkti, koji nastaju rastvorbom drva sušenjem, kao terpeni, hlapivi kiseli produkti, hlapivi aldehidi itd. Uvećanom temperaturom ubrzava se hidroliza a zahvatom uzdušnog kisika oksidiraju se terpeni, trjeslovine, produkti rastvorbe ugljohidrata, razne građevne jedinice lignina i druge tvari. Zato smo sušili kod 80°C i u inertoj atmosferi CO_2 .

Da se spriječi gubitak na hlapivim terpenima, dakle sastojini drva, koja je u ovoj radnji za nas od najvećeg interesa i bitna je sastojina smole, hvatali smo kod presušivanja piljevine kondenzate, sa suhim eterom iscrpli smo terpene, eterni smo ekstrakt odijelili pomoću lijevka za odjeljivanje od vode, eter oprezno isparili a zaostatak (terpene) nakon sušenja u ekskikatoru (obično preko noći) vagali i pribrojili tu količinu terpena k ostaloj smoli.

Ekstrakciji sa eterom dali smo prednost, jer eter ekstrahira jedino masti, voskove i terpene. Tu skupinu tvari sakupljamo pod pojmi »s u r o v a s m o l a«. To je posve opravdano, jer te tri skupine tvari, spadaju genetski zajedno, prelaze u toku biokemijskih procesa u živom stablu jedne u drugu i što su baš te tvari one, koje nas najviše interesešu. Analizu sirove smole i rasporedaj masti, voskova i smola u stablu pridržaje-

mo si za daljnju studiju. Važno je bilo odlučiti se i precizirati pojam »smole«, jer pod tim imenom nailazimo i u starijoj i novijoj literaturi na razne tvari, koje se kriju pod tim nazivom. Pokazalo se, da količina ekstrakta iz drva i njegov sastav zavise od ekstrakcionog sretstva i temperature kod koje se ekstrakcija vrši. Tako na pr. alkohol ekstrahira posve druge tvari iz drva nego li eter ili benzol. Apsolutnim je alkoholom ekstrahirao finu drvnu piljevinu H. M a y r (MAYR, 1895) kod svojih klasičnih studija o razdiobi smole u stablu, tim sredstvom ekstrahirao je ne samo smole, već i trjeslovine, ugljohidrate a i druge sastavne dijelove drva kao boje, razne ligninske tvari, aldehide itd., Alkoholni je ekstrakt, nakon što je ispario alkohol izluživao sa vodom i ono netopivo u vodi smatrao je smolom. (SIEBER, 1925. BERGSTRÖM, WESSLEN, 1918.) P. KLASON (KLASON 1923. pag. 83) je u svojim studijama mogao pokazati da alkohol ekstrahira osim ugljohidrata i trjeslovina i tvari koje su blizu ligninu, a isto tako mogao je konstatirati da benzolni ekstrakt pokazuje reakciju na lignin dok eterni ekstrakt toga ne pokazuje.

ASTRID CLEVE v. EULER (CLEVE, Cell. Chem. IV, No I) u svojoj studiji o kvantitativnom sastavu crnogoričnog drva uvodi nazivlja: eterna, alkoholna i benzolna smola, čim hoće da označi razliku smole dobivene ekstrakcijom sa alkoholom, eterom odnosno sa benzolom. Daljnji razlog zašto smo upotrijebili eter kao sredstvo za ekstrakciju je i taj, što eter ima razmjerno nisko vrelište a to je važno, kako smo prije naveli, jer je temperatura isto tako važan faktor, koji razna cijepanja podupire. Za eter kao ekstrakciono sredstvo odlučuje se i SIEBER (SIEBER 1925, pag. 129) kako smo naknadno konstatirali.

Sam postupak bio je ovaj:

20 g svježje piljevine (prosječni uzorak) stavili smo u staklenu tikvicu sadržine 150—200 cc sa širokim grlom začepljenom dvostruko provrtanim plutenim čepom. Ovim prolaze dvije staklene cijevi, jedna duža do dna tikvice a druga kraća služi za odvod para iz nje. Prva, duža cijev služi za dovod CO₂, koga smo prije očistili provodeći ga rastopinom permanganata i osušili provodeći ga sumpornom kiselinom i tornjem napunjenim sa CaCl₂. Ovakove montirane tikvice postavljene su na vodenu kupelj a pare iz tikvice odvođene su u stakleno hladilo. Kondenzate smo hvatali u male staklene tikvice usađene čepom na kraju hladila. Uhvaćeni smo kondenzat mučkali sa eterom, eterni ekstrakt odijelili od vode lijev-

kom za odjeljivanje. Nakon toga smo eter oprezno isparili u tikvici za frakcionovanu destilaciju, stavili u eksikator (obično preko noći) i vagali. Količinu sa vodenom parom ishlapivih terpena pribrojili smo ostaloj smoli.

Prethodno sušenje drvne piljevine trajalo je između 8 i 18 sati već prema količini vlage sadržane u drvu. Sada smo kvantitativno prenijeli drvenu piljevinu u stakalca za vaganje, vagali i dosušili u zatvorenim parnom sušioniku u struji CO_2 i nad CaCl_2 kod temperature cca 80°C . Dosušivanje uzoraka trajalo je 4 sata, jer smo pokusima mogli utvrditi da se dužim sušenjem gube tek desetine jednog miligrama, pa smo stoga razloga smatrali uzorke dovoljno osušenim i težinu njihovu konstantnom. Ovako dosušeni uzorak odvagnuli smo i odredili vlagu uzевši kod toga u račun hlapive terpene. Od dosušenog uzorka odvagnuli smo između 6—8 g prenijeli kvantitativno u papirnati tuljac za ekstrakciju, stavili ga u Soxhletov aparat i ekstrahirali sa suhim i očišćenim eterom 14 sati, koje je vrijeme kako smo to pokusima utvrdili dostatno za kvantitativnu ekstrakciju surove smole. Nakon što smo eter oprezno isparili, stavili smo tikvicu od Soxhletovog aparata u eksikator i nakon jednog sata vagali.

Hlapivi su terpeni iz crnog bora sa vodenom parom kod prethodnoga sušenja drva nakon sušenja u eksikatoru bili tamno smeđi i imali miris po trijeslu, dok oni iz bijelog bora bili su gotovo posve bezbojni čistog eteričnog mirisa. Smola iz crnog i bijelog bora dobivena ekstrakcijom sa eterom je bezbojna kao voda iz perifernih partija debla, dok je iz bijeli svjetlo žuto-smeđa, iz srži tamnije žuto-smeđa, kao med. Smola je iz crnog bora tamnija nego iz bijelog.

U tabelama XI i XII prikazani su rezultati ovih istraživanja.

Na drugom, tanjem i nerascijenljenom kolutu vršena su dendrometrijska mjerenja i tehnološka istraživanja.

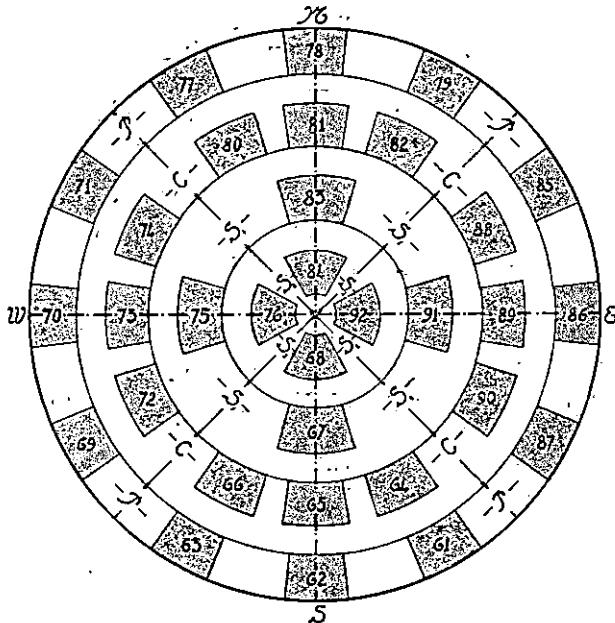
Da bi se što bolje mogla razabrati frontalna tekstura, naročito širina goda i granična linija kasnoga drveta, kolut je poliran na jednome svome čelu. (Poliranje je vršeno naročitom mašinom za poliranje). Na poliranom frontalnom rezu ucrtana je opća dispozicija.

Predmetom dendrometrijskih radova bilo je: mjerenje radija, utvrđivanja godova iste starosti i premjeravanje temeljnica. Površina temeljnica za svaku čest kvadranta izmjerena je Amslerovim polarnim planimetrom.

Po dovršenom dendrometrijskom radu ucrtane su unutar svakog kvadranta i svake česti probe prema šemi prikazanoj na sl. 1.

Sve su probe obilježene na poliranome čelu rednim brojevima.

Zatim je na kolutu izvršeno izbrajanje godova po deset-godištima, mjerenje njihovih širina i ocjenjivanje prosječne širine zone kasnoga drveta za svako deset-godište. Pri ovom je poslu upotrebljen mikroskop sa stereoskopskim okularom (Zeiss, povećanje 28 puta). O razmještaju proba unutar koluta, kvadranta i česti sačinjena je skica za svaki kolut.



Sl. 1. Način rastavljanja kolotova na probe
Fig. Manière de diviser les disques en éprouvettes

Abb. 1. Die Art der Aufteilung der Scheiben auf Probestücke
P = Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil
C = Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil
S = Srž — Duramen — Kern
61 do 92 = Broj probe — Numéro de l'éprouvette — Nummer des Probestückes

Po dovršenom mjerenju i izbrajanju godova numerisane probe iscijepljene su i podešene za daljnji rad. To podešavanje izvršeno je poliranjem, kojim je proba dobila približno oblik četverostrane ili trostrane prizme i posve glatke stranice. Dimenzije proba kretale su se od $1 \times 1 \times 2,5$ do $2,5 \times 3,5 \times 5$ cm,

njihova kubna sadržina od 3'576 cm³ do 30'469 cm³, težina od 1'2 do 25'373 g. Probe su morale biti srazmjerno malenih dimenzija, da bi se mogle podesiti veličini česti P.C.S i da bi se mogle upotrijebiti za rad Breuilovim volumenometrom. Primiereno pravilne forme proba bile su potrebne, da bi se omogućilo srazmjerno pravilno izlaženje vode prilikom sušenja, da bi se spriječilo zadržavanje žive u neravnostima drveta prilikom volumetriranja Breuilovim volumenometrom i da bi se mogao što bolje prosuditi stepen pravilnosti njihove grade. Probe, koje su pokazivale abnormalnost grade (urasle grane) i jake rakupine smole (Verkienung), izlučene su iz računa prosječnih težina. Takove su probe u koloni specifičnih težina označena zvjezdicom. (Vidi tabelu I, II).

Polirane probe sušene su — u serijama — u sušioniku uz temperaturu od 85 do 87° C. Sušenje pojedine serije trajalo je 120 sati prosječno. Ono je zaključeno kad je vaganjem na kemijskoj vazi utvrđeno da probe gube na težini samo u trećoj decimali jednoga grama.

Da bi se utvrdilo koliki je prosječni procenat vlage, koji je u drvetu ostao poslije sušenja od 85°—87°C odnosno kolika je težina apsolutno suhoga drveta, nastavljeno je sušenje osam proba do 100°C. Rezultat toga sušenja razbire se iz ovih podataka:

Broj probe	Težina probe u g		H ₂ O	
	prije sušenja	poslije sušenja	g	%
106	9'0090	7'9441	1'0649	13'40
109	12'5894	11'5385	1'0509	9'11
114	12'1412	11'1130	1'0282	9'25
120	9'1158	8'2798	0'8360	10'10
128	14'1172	13'0555	1'0617	8'13
131	14'1376	13'0815	1'0561	8'07
142	14'0901	13'0135	1'0766	8'27
147	9'4179	8'3635	1'0544	12'61

Prosječni procenat vlage u kiln-suhome drvetu 9'87%.

Nije posve egzaktno u srednjoj procentualnoj sumi 9'87% gledati samo vodu. Van sumnje je da je prilikom sušenja do stanja apsolutne prosušenosti iz kiln-suhoga drveta izašla i izvjesna čest terpentinskih sastojaka. No pošto je za preračunavanje apsolutno suhoga drveta na kiln- suho upotrebljen uvijek isti faktor, počinjena je greška uvijek jednaka.

Sušene probe spremene su do časa vaganja u eksikatoru. Samo vaganje izvršeno je na kemijskoj vazi na tri decimale grama, dakle sa tačnošću od $\pm 0'001$ grama.

Volumetrovanje je izvršeno Breuilovim volumenometrom, koji je punjen živom. Pošto je ovo prvi put što se u nas za volumetriranje drveta upotrebljava Breuilov volumenometar, treba na ovome mjestu prikazati stepen njegove upotrebljivosti, njegove prednosti i mane.

Osnovna je odlika Breuilovog volumenometra da je punjen živom. Kako živa ne ulazi u sudove drveta, otpada omazivanje proba parafinom, koje je neizbježno kod rada volumenometrom punjenim vodom. Tačnost volumenometra je znatna jer on radi na tri decimale cm^3 . No ovaj stepen tačnosti lakše je došeci volumetrovanjem proba onih vrsta drveta, koje nemaju smole ili je bar nemaju toliko koliko je ima borovina. Smola, koja se nakupila na površini probe, onečišćava živu, unutrašnje stijene metalnoga tubusa i staklene cjevčice: Zbog viskoziteta smole nakupi se uzduh između probe i žive, pa dizanje žive u cjevčici postaje nepravilno t. j. isprekidano mjehurićima uzduha. Da bi se ti mjehurići odstranili, potrebno je stresanje čitavoga volumenometra, što znatno uvećava potrošak vremena. To onečišćavanje traži često čišćenje žive, unutrašnjosti tubusa i staklene cjevčice petrolejskim eterom, što znači prekidanje rada dakle i gubitak vremena.

Svako volumetrovanje izvršeno je dva puta.

Da bi se utvrdio stepen tačnosti, kojim radi Breuilov volumenometar, ista je proba volumetrovana 12 puta. To mjerjenje dalo je ove rezultate:

1) 8'250	5) 8'247	9) 8'247
2) 8'250	6) 8'244	10) 8'243
3) 8'249	7) 8'245	11) 8'249
4) 8'242	8) 8'243	12) 8'246

Aritmetska sredina iz gornjih podataka iznosi 8'246. Pošto su sva volumetriranja vršena dva puta, dakle su prve dvije brojke — u ovom slučaju 8'250 — uzete kao ispravne, znači da volumenometar radi sa tačnošću od četiri tisućine cm^3 .

Ovoj publikaciji priložene su samo one tabele i grafikoni, koji su od važnosti za predočivanje krajnjih rezultata i najvažnijih faza samoga istraživačkoga rada. Radi štednje na prostoru nisu donešene sve tabele. Grafikoni su izgrađeni na osnovu podataka za kolutove a tabele — izuzevši tabelu I i II — na bazi podataka za sekcije t. j. na osnovu aritmetičkih sredina podataka za kolutove.

SPECIFIČNA TEŽINA KAO MJERILO ANIZOTROPNOSTI DRVETA.

Drvo je tvar velike anizotropnosti. Stepenn anizotropnosti drveta različan je u longitudinalnom i transverzalnorn smjeru. Sama anizotropnost uslovljena je anatomskom građom i kemizmom drveta. U fizičko-tehnološkome smislu stepenn anizotropnosti drveta najizrazitije se ispoljava u njegovoi specifičnoj težini.

Nas u ovoj studiji interesuje specifična težina borovine kao najvažniji činilac anizotropnosti drveta u svojoj relaciji naprama procentu smolovitosti, širini godova i širini zone kasnoga drveta. Drugim riječima, nas interesuje raspored specifične težine i smolovitosti unutar dubećeg debla, dakle vertikalnog nosača učvršćenoga na jednome kraju.

O anizotropnosti drveta, koja se očituje u njegovoi specifičnoj težini, ne vodi se dovoljno računa. Čak ni razlike između bijeli i srži nisu dovoljno podvučene. Ni stariji (Hartig) ni noviji (Janka) istraživači nisu naročito istraživali ovh razlika. Klasičan je u ovome smjeru sam Hartig. On prigovara Nördlingeru tvrdeći »Den meisten dieser Angaben fehlt aber die Bezeichnung des Baumteiles, Baumalters etc., so dass sie... fast werthlos genannt werden müssen«. (Hartig 1874. 3). No u istoi publikaciji sam Hartig uopće ne dodiruje razlike u specifičnoj težini bijeli i srži.

Pa ni istraživanje razlika u specifičnoj težini između bijeli i srži ne može dati potpunu sliku anizotropnosti drveta. Iz toga razloga mi smo u toj diferencijaciji pošli dalje. U bijeli smo istraživali napose spoljašnju a napose unutrašnju njenu čest. U srži smo podvukli razlike između centra i periferije. I u bijeli i u srži istraživali smo razlike prema ekspozicijama stabla i prema visini njegovih česti.

Kada govorimo o specifičnoj težini na umu nam je specifična težina kiln-suhog drveta, to će reći onoga, koje je sušenjem kod 85° do 87° C u sušioniku izgubilo najveću čest svoje vlage. Kiln-suho drvo ipak nije apsolutno suho. Ono je, kako smo to već u uvodu utvrdili, zadržalo u sebi još uvijek 9'87% vode.

Sve probe, koje čine ishodište naših istraživanja, svedene su isušivanjem u vremenu jednakoga trajanja (prosječno 120 sati) i kod jednake temperature (85° do 87°C) na jednak stepenn vlage. Znači, podaci dobiveni za specifične težine po stepenu svoje tačnosti jednako su vrijedni dakle i upotrebljivi za izvođenje zaključaka.

Tabele I i II sadržavaju rezultate tih istraživanja.

Tabela I

Pinus nigra Arn.

Specifične težine proba

Poids spécifiques des éprouvettes

Die spezifischen Gewichte der Probestücke

Proba Éprouvette Probestück		Te- žina Poids Ge- wicht	Volu- men Vo- lume Inhalt	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht	Proba Éprouvette Probestück		Te- žina Poids Ge- wicht	Volu- men Vo- lume Inhalt	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung				Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung			
1	I SP	16.431	22.436	0.732	45	I SWP	11.587	15.161	0.759
2	—	4.197	5.729	0.732	46	I SWC	17.239	23.268	0.741
3	—	8.355	10.983	0.761	47	—	13.421	17.767	0.755
4	I SC	9.286	14.234	0.652	48	I SWS	9.862	11.128	0.886
5	—	9.064	13.368	0.678	49	I NWP	10.693	14.753	0.725
6	—	12.079	16.091	0.751	50	I NWC	13.948	19.071	0.731
7	—	17.081	23.938	0.714	51	—	13.429	18.120	0.741
8	—	9.964	14.031	0.710	52	I NWS	15.128	16.117	0.814
9	—	18.791	24.542	0.766	53	I NEP	12.758	17.740	0.719
10	I SS	17.996	17.278	1.041	54	I NEC	7.390	9.620	0.872
11	—	12.898	12.517	1.030	55	—	15.026	20.631	0.728
12	I WP	10.805	14.001	0.772	56	I NES	14.026	13.994	1.002
13	—	4.687	6.995	0.670	57	I SEP	6.626	9.236	0.717
14	—	11.942	15.208	0.785	58	I SEC	6.041	8.537	0.708
15	I WC	11.556	16.220	0.712	59	—	7.518	10.858	0.692
16	—	7.290	11.098	0.657	60	I SES	7.972	7.153	1.114
17	—	11.990	16.443	0.729	61	II SP	11.799	16.484	0.716
18	—	11.294	14.694	0.769	62	—	11.031	15.681	0.704
19	—	8.500	12.313	0.690	63	—	10.305	14.536	0.709
20	—	9.691	13.680	0.708	64	II SC	12.878	17.274	0.745
21	I WS	19.352	20.211	0.957	65	—	11.905	16.177	0.736
22	—	21.477	22.415	0.958	66	—	15.978	22.024	0.725
23	I NP	12.597	16.835	0.748	67	II SC	13.652	19.159	0.713
24	—	10.241	14.190	0.722	68	—	13.360	18.675	0.715
25	—	8.611	12.033	0.716	69	—	8.759	11.901	0.736
26	I NC	15.095	21.082	0.716	70	II SS	16.089	18.974	0.848
27	—	10.241	15.066	0.694	71	—	3.904	6.997	0.558*
28	—	15.108	21.278	0.710	72	II WP	9.044	11.841	0.764
29	—	12.949	17.572	0.737	73	—	9.246	12.374	0.747
30	—	13.046	18.985	0.687	74	—	4.796	6.254	0.767
31	—	12.764	17.426	0.732	75	II WC	9.367	12.988	0.721
32	I NS	18.108	17.197	1.052	76	—	8.350	11.525	0.724
33	—	8.075	9.820	0.822	77	—	6.725	9.008	0.747
34	I EP	14.059	19.228	0.726	78	—	9.706	12.992	0.747
35	—	6.782	10.060	0.674	79	—	7.010	8.192	0.856
36	—	7.180	10.661	0.673	80	—	6.760	8.827	0.766
37	I EC	9.511	14.292	0.665	81	II WS	16.971	19.359	0.877
38	—	13.756	21.490	0.640	82	—	8.074	15.382	0.525*
39	—	12.039	17.229	0.699	83	II NP	6.275	8.701	0.721
40	—	10.024	15.542	0.645	84	—	17.316	22.582	0.767
41	—	5.945	9.071	0.655	85	—	19.097	26.062	0.733
42	—	8.960	13.173	0.680	86	II NC	11.971	16.839	0.711
43	I ES	12.913	13.956	0.925	87	—	8.358	15.546	0.506*
44	—	8.271	8.985	0.920					

Proba Eprouvette Probstück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spé- cifique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht g	Inhalt cm ³	
88	II NC	12.747	17.338	0.735
89	—	9.009	13.805	0.653
90	—	9.706	13.001	0.747
91	—	19.368	26.476	0.731
92	II NS	25.373	30.469	0.832
93	—	9.342	12.274	0.761
94	II EP	13.843	19.707	0.703
95	—	14.111	19.914	0.708
96	—	13.000	18.461	0.704
97	II EC	16.871	25.451	0.663
98	—	12.377	17.452	0.709
99	—	13.926	19.720	0.706
100	—	15.197	21.013	0.723
101	—	15.266	21.300	0.717
102	—	11.627	16.767	0.693
103	II ES	15.753	17.706	0.889
104	—	9.161	14.943	0.613
105	III SP	11.371	16.875	0.670
106	—	9.009	11.476	0.785
107	—	8.385	12.458	0.673
108	III SC	11.942	17.477	0.684
109	—	12.589	16.466	0.764
110	—	12.265	17.654	0.695
111	—	8.675	12.253	0.708
112	—	12.731	18.394	0.692
113	—	9.478	13.629	0.695
114	III SS	12.141	14.967	0.811
115	—	15.106	21.461	0.704
116	III WP	7.466	10.312	0.724
117	—	6.855	7.900	0.868
118	—	7.283	9.968	0.731
119	III WC	8.648	12.466	0.694
120	—	9.116	11.288	0.807
121	—	8.391	12.069	0.695
122	—	10.133	14.355	0.706
123	—	12.464	16.579	0.752
124	—	12.707	18.355	0.692
125	III WS	5.911	6.130	0.964
126	—	20.692	23.968	0.863
127	III NP	7.186	9.712	0.739
128	—	14.117	18.076	0.781
129	—	14.378	19.432	0.740
130	III NC	12.992	18.102	0.718
131	—	14.138	18.207	0.776
132	—	14.329	20.051	0.715
133	—	9.249	12.529	0.738
134	—	15.142	21.361	0.709
135	III NC	13.674	19.389	0.705
136	III NS	14.033	17.672	0.794

Proba Eprouvette Probstück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spé- cifique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht g	Inhalt cm ³	
137	III NS	12.448	15.451	0.806
138	III EP	11.508	15.747	0.731
139	—	11.041	15.868	0.696
140	—	11.028	20.665	0.631
141	III EC	14.897	18.706	0.796
142	—	14.090	19.977	0.705
143	—	13.268	20.120	0.659
144	—	15.217	19.746	0.771*
145	—	12.361	17.630	0.699
146	—	12.833	19.679	0.652
147	III ES	9.418	11.071	0.851
148	—	10.683	13.330	0.801
149	IV SP	8.145	13.737	0.593
150	—	7.312	12.364	0.591
151	—	9.102	14.856	0.613
152	IV SC	10.952	17.020	0.643
153	—	6.697	10.936	0.612
154	—	11.172	18.465	0.605
155	—	12.694	17.730	0.716*
156	—	10.109	17.246	0.586
157	—	9.424	15.622	0.603
158	IV SS	12.697	18.367	0.691
159	—	15.353	18.518	0.828*
160	IV WP	7.847	12.168	0.645
161	—	5.092	7.786	0.654
162	—	6.084	8.992	0.677
163	IV WC	7.006	10.939	0.640
164	—	6.555	9.677	0.677
165	—	7.450	11.016	0.676
166	—	7.308	11.377	0.642
167	—	7.606	13.222	0.575
168	—	9.098	13.300	0.684
169	IV WS	7.470	11.185	0.668
170	—	6.777	11.313	0.607*
171	IV NP	5.173	7.895	0.655
172	—	5.849	9.008	0.649
173	—	7.036	10.472	0.672
174	IV NC	6.853	10.211	0.652
175	—	7.251	10.797	0.672
176	—	10.077	14.594	0.690
177	—	9.361	14.023	0.667
178	—	10.475	15.102	0.694
179	—	10.440	15.530	0.672
180	IV NS	11.683	16.441	0.711
181	—	13.192	19.769	0.667
182	IV EP	11.911	17.535	0.679
183	—	11.666	17.785	0.656
184	—	10.386	15.275	0.680
185	IV EC	9.560	15.013	0.637

Proba Epruvette Probestück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht	Inhalt	
		g.	cm ³	
186	IV EC	9·694	14·903	0·650
187	—	14·748	22·426	0·658
188	—	11·721	18·003	0·652
189	—	11·440	17·848	0·641
190	—	6·464	10·274	0·629
191	IV ES	12·116	17·408	0·696
192	—	12·142	15·077	0·805*
193	V SP	6·865	11·662	0·589
194	—	7·111	12·235	0·581
195	—	5·155	8·763	0·588
196	V SC	6·557	12·558	0·522
197	—	7·988	14·273	0·560
198	—	7·897	12·830	0·615
199	—	4·554	8·168	0·558
200	—	4·727	8·272	0·571
201	—	7·050	11·342	0·622
202	V SS	9·812	15·915	0·616
203	—	6·917	10·664	0·649
204	V WP	5·538	9·035	0·612
205	—	7·098	11·629	0·610
206	—	7·771	11·885	0·654
207	V WC	6·404	10·319	0·621
208	—	10·116	15·976	0·633
209	—	7·946	12·416	0·640
210	—	4·514	7·186	0·628
211	—	9·195	14·830	0·620
212	—	7·786	13·862	0·620
213	V WS	10·564	17·070	0·619
214	—	7·518	13·753	0·547
215	V NP	6·321	10·054	0·629
216	—	6·888	10·924	0·631
217	—	9·679	14·768	0·655
218	V NC	8·785	14·426	0·609
219	—	8·929	13·889	0·643
220	—	15·307	23·206	0·659
221	—	6·706	10·680	0·628
222	—	10·963	17·472	0·627
223	—	12·890	19·806	0·651
224	V NS	11·909	19·169	0·621
225	—	7·260	13·475	0·539
226	V EP	7·290	11·180	0·652
227	—	6·909	11·046	0·625
228	—	7·628	11·532	0·661
229	V EC	8·713	14·703	0·593
230	—	7·772	12·932	0·601
231	—	7·087	11·823	0·600
232	—	9·019	14·619	0·617
233	—	7·693	13·689	0·562
234	—	8·910	15·256	0·585

Proba Epruvette Probestück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht	Inhalt	
		g	cm ³	
235	V ES	5·637	9·062	0·622
236	—	5·109	9·588	0·533
237	VI SP	8·195	14·048	0·583
238	—	7·482	13·243	0·565
239	—	7·809	12·786	0·611
240	VI SC	7·926	13·955	0·568
241	—	6·731	12·242	0·550
242	VI SS	13·210	22·625	0·584
243	—	6·466	11·827	0·547
244	VI WP	4·654	9·869	0·472
245	—	6·876	11·940	0·576
246	—	6·207	10·046	0·618
247	VI WC	6·985	11·662	0·599
248	—	5·949	10·071	0·591
249	—	6·155	8·635	0·713
250	VI WS	6·819	11·901	0·573
251	—	4·407	8·070	0·546
252	VI NP	6·586	10·685	0·616
253	—	4·388	7·225	0·607
254	—	5·751	9·407	0·611
255	VI NC	8·634	13·552	0·637
256	—	6·815	10·476	0·651
257	—	7·328	12·069	0·607
258	VI NS	8·704	13·496	0·645
259	—	4·116	7·228	0·569
260	VI EP	5·903	9·485	0·622
261	—	5·405	9·100	0·594
262	—	8·448	14·260	0·592
263	VI EC	7·830	12·664	0·618
264	—	7·387	12·190	0·606
265	—	6·006	10·863	0·553
266	VI ES	6·905	12·135	0·569
267	—	4·133	7·844	0·527
268	VII SP	5·795	10·112	0·573
269	—	7·165	12·328	0·581
270	—	6·351	11·861	0·535
271	VII SC	7·596	13·874	0·547
272	—	9·659	17·365	0·558
273	—	8·316	15·220	0·546
274	VII SS	7·385	13·688	0·539
275	—	4·611	8·694	0·530
276	VII WP	4·167	7·708	0·541
277	—	6·324	11·629	0·544
278	—	4·897	8·404	0·583
279	VII WC	5·587	10·323	0·541
280	—	5·604	10·048	0·558
281	—	6·842	9·207	0·743
282	VII WS	5·840	10·155	0·575

Proba Eprovette Probestück		Težina Poids	Volumen Volume	Specifična težina Poids spécifique Spesi-fisches Gewicht
Broj Numéro Numer	Oznaka Désignation Bezeichnung	Ge-wicht g	lume Inhalt cm ³	
283	VII WS	4·636	6·358	0·729
284	VII NP	10·560	17·315	0·610
285	—	11·066	18·792	0·589
286	—	8·713	14·616	0·596
287	VII NC	8·152	14·337	0·568
288	—	8·550	14·897	0·574
289	—	8·076	13·684	0·590
290	VII NS	7·294	12·933	0·564
291	—	8·984	14·932	0·602
292	VII EP	8·236	15·393	0·535
293	—	7·850	14·820	0·597
294	—	7·355	12·412	0·593
295	VII EC	8·357	14·475	0·577
296	—	11·915	18·885	0·631
297	—	8·892	16·103	0·552
298	VII ES	9·111	15·405	0·591
299	—	7·203	12·213	0·590
300	VIII SP	7·724	13·608	0·568
301	VIII SC	9·400	16·629	0·565
302	VIII SS	8·720	14·160	0·616
303	—	6·610	10·132	0·652
304	VIII WP	9·028	16·163	0·559
305	—	8·112	14·182	0·572
306	—	8·494	15·919	0·534
307	VIII WC	9·210	16·151	0·570
308	—	9·058	15·739	0·571
309	—	8·481	15·851	0·535
310	VIII WS	9·879	14·096	0·701
311	—	8·282	13·891	0·596
312	VIII NP	6·670	11·688	0·571
313	—	4·932	8·344	0·591
314	—	6·224	10·779	0·577
315	VIII NC	9·173	17·364	0·528
316	—	5·606	10·170	0·551
317	—	7·237	13·013	0·556
318	VIII NS	6·406	11·680	0·548
319	—	10·820	18·531	0·584
320	VIII EP	8·390	14·162	0·592
321	—	8·637	14·700	0·588
322	—	7·380	13·004	0·568
323	VIII EC	8·307	15·177	0·547
324	—	8·805	15·498	0·568
325	—	14·951	20·603	0·726
326	VIII ES	10·615	18·041	0·588
327	—	6·757	11·715	0·577
328	IX SP	4·105	7·724	0·531
329	—	2·686	4·776	0·562
330	—	7·096	11·898	0·596

Proba Eprovette Probestück		Težina Poids	Volumen Volume	Specifična težina Poids spécifique Spesi-fisches Gewicht
Broj Numéro Numer	Oznaka Désignation Bezeichnung	Ge-wicht g	lume Inhalt cm ³	
331	IX SC	6·357	11·714	0·543
332	—	6·203	9·365	0·662
333	—	8·549	12·072	0·708*
334	IX SS	4·748	7·863	0·604
335	IX WP	6·208	11·246	0·552
336	—	7·008	11·222	0·624*
337	—	5·795	11·147	0·520
338	IX WC	5·586	10·216	0·547
339	—	16·881	18·808	0·898*
340	—	8·076	15·211	0·531
341	IX WS	11·915	14·480	0·823*
342	IX NP	8·257	15·391	0·536
343	—	8·294	15·042	0·551
344	—	7·410	13·995	0·530
345	IX NC	6·539	12·591	0·519
346	—	5·589	10·028	0·557
347	—	5·839	10·923	0·535
348	IX NS	8·287	11·150	0·743
349	IX EP	7·179	12·453	0·576
350	—	8·394	12·082	0·695*
351	—	7·273	11·523	0·631
352	IX EC	5·756	10·388	0·554
353	—	14·686	17·075	0·860*
354	—	5·930	11·015	0·538
355	IX ES	15·450	17·539	0·881*
356	X SP	7·719	14·101	0·547
357	—	7·294	13·066	0·558
358	—	7·280	12·320	0·591*
359	X SC	7·184	13·398	0·536
360	X SS	8·070	11·696	0·690
361	X WP	8·329	14·550	0·572
362	—	8·400	15·775	0·532
363	—	6·696	12·409	0·540
364	X WC	7·293	14·989	0·487
365	X WS	7·446	13·270	0·561
366	X NP	7·648	14·005	0·546
367	—	8·542	14·467	0·590
368	—	7·437	13·807	0·539
369	X NC	15·900	17·791	0·894*
370	X NS	17·538	21·000	0·836*
371	X EP	8·643	16·208	0·533
372	—	7·136	13·494	0·529
373	—	7·881	14·964	0·527
374	X EC	7·111	14·527	0·490*
375	X ES	11·887	16·220	0·733*
376	XI SP	9·294	18·594	0·500
377	—	10·109	18·722	0·540*
378	XI SC	3·741	7·681	0·487

Proba Epruvette Probestück		Težina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spécifique Spezifisches Gewicht	Proba Epruvette Probestück		Težina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spécifique Spezifisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht g	Inhalt cm ³		Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht g	Inhalt cm ³	
379	XI SS	8·876	11·484	0·773	405	XII NP	4·171	8·124	0·513
380	XI WP	6·746	12·380	0·545	406	— „ —	5·110	9·790	0·522
381	— „ —	11·385	21·250	0·536	407	— „ —	4·250	8·530	0·498
382	— „ —	7·749	13·960	0·555	408	XII NC	3·143	6·650	0·473
383	XI WC	7·920	15·170	0·522	409	XII NS	4·681	8·964	0·522
384	XI WS	11·492	20·349	0·565	410	XII EP	5·999	12·038	0·498
385	XI NP	10·887	19·818	0·549	411	— „ —	5·561	11·268	0·502
386	— „ —	10·166	18·888	0·538	412	— „ —	5·133	12·212	0·420
387	— „ —	9·078	17·353	0·523	413	XII EC	5·730	11·872	0·483
388	XI NC	7·199	14·598	0·493	414	XII ES	6·256	10·848	0·577
389	XI NS	8·907	16·016	0·556					
390	XI EP	7·141	13·448	0·531	415	XIII SP	4·352	8·853	0·492
391	— „ —	7·521	14·066	0·535	416	XIII SC	2·783	5·925	0·470
392	— „ —	7·316	14·336	0·510	417	XIII WP	5·024	10·131	0·496
393	XI EC	10·531	11·362	0·927*	418	XIII WC	3·427	6·951	0·493
394	XI ES	9·526	16·070	0·593	419	XIII NP	4·109	8·023	0·512
					420	XIII NC	3·465	7·098	0·488
395	XII SP	7·700	14·967	0·514	421	XIII EP	4·005	7·592	0·526
396	— „ —	6·300	12·451	0·506	422	XIII EC	2·629	5·371	0·489
397	— „ —	10·081	19·301	0·522					
398	XII SC	6·369	12·813	0·497	423	XIV SP	4·369	9·031	0·484
399	XII SS	6·324	10·503	0·602	424	XIV WP	5·437	10·077	0·539
400	XII WP	7·317	14·240	0·514	425	XIV NP	3·222	6·424	0·501
401	— „ —	6·177	11·535	0·536	426	XIV EP	3·958	8·060	0·491
402	— „ —	6·088	11·573	0·526					
403	XII WC	4·308	8·837	0·487*	782	XV	1·746	3·432	0·509
404	XII WS	6·384	10·202	0·626					

Tabela II

Pinus silvestris L.

427	I SP	5·341	11·195	0·477	446	— „ —	10·483	14·866	0·705
428	— „ —	6·758	13·528	0·499	447	I NP	4·190	9·128	0·459
429	— „ —	5·440	12·544	0·433	448	— „ —	4·956	8·995	0·551
430	I SC	5·837	10·872	0·537	449	— „ —	2·120	4·984	0·425
431	— „ —	4·940	9·617	0·514	450	I NC	5·671	9·847	0·576
432	— „ —	4·022	8·311	0·484	451	— „ —	6·270	10·391	0·603
433	I SS	7·249	11·043	0·656	452	— „ —	5·017	8·596	0·584
434	— „ —	9·576	12·488	0·767	453	I NS	6·696	10·436	0·642
435	— „ —	11·103	15·814	0·702	454	— „ —	5·326	8·004	0·665
436	— „ —	7·313	13·319	0·549	455	— „ —	5·779	9·966	0·580
437	I WP	4·378	10·879	0·402	456	— „ —	5·005	9·233	0·542
438	— „ —	5·162	9·367	0·551	457	I EP	3·321	7·560	0·439
439	— „ —	3·734	9·517	0·392	458	— „ —	2·726	7·017	0·388
440	I WC	4·616	9·348	0·494	459	— „ —	2·533	6·148	0·412
441	— „ —	5·437	10·302	0·528	460	I EC	2·587	5·145	0·503
442	— „ —	5·555	10·586	0·525	461	— „ —	1·921	4·431	0·434
443	I WS	14·917	21·919	0·681	462	— „ —	3·382	6·825	0·496
444	— „ —	13·562	18·395	0·737	463	I ES	6·057	9·238	0·656
445	— „ —	8·340	13·043	0·639	464	— „ —	6·417	9·367	0·685

Proba Éprouvette Probestück		Te- zina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- ficna težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht g	Inhalt cm ³	
465	I ES	6·845	11·061	0·619
466	—, —	7·986	13·563	0·589
467	II SP	7·824	17·110	0·457
468	—, —	5·509	12·030	0·458
469	—, —	6·038	13·434	0·449
470	II SC	7·477	13·882	0·539
471	—, —	7·202	12·733	0·566
472	—, —	5·635	9·987	0·564
473	II SS	6·555	10·458	0·627
474	—, —	9·702	13·950	0·695
475	—, —	9·163	14·797	0·619
476	—, —	5·355	12·185	0·439
477	II WP	5·846	13·043	0·448
478	—, —	2·922	7·462	0·392
479	—, —	3·949	9·595	0·412
480	II WC	5·711	11·104	0·514
481	—, —	5·765	11·579	0·498
482	—, —	5·914	11·657	0·507
483	II WS	7·466	12·993	0·575
484	—, —	7·563	12·482	0·606
485	—, —	7·829	13·559	0·577
486	—, —	4·464	10·355	0·431
487	II NP	4·354	9·879	0·441
488	—, —	3·670	7·514	0·488
489	—, —	3·816	8·153	0·468
490	II NC	6·770	12·240	0·553
491	—, —	6·625	12·099	0·547
492	—, —	4·837	8·981	0·539
493	II NS	5·530	9·292	0·595
494	—, —	5·506	9·742	0·565
495	—, —	4·879	8·079	0·604
496	—, —	4·109	9·844	0·417
497	II EP	2·006	4·752	0·422
498	—, —	3·673	8·362	0·439
499	—, —	4·562	9·637	0·473
500	II EC	4·227	7·921	0·534
501	—, —	4·896	9·202	0·532
502	—, —	5·728	10·644	0·538
503	II ES	6·740	11·090	0·608
504	—, —	7·966	12·888	0·618
505	—, —	9·365	14·952	0·626
506	—, —	5·446	11·837	0·460
507	III SP	2·952	6·721	0·439
508	—, —	3·587	7·718	0·465
509	—, —	3·300	7·129	0·463
510	III SC	3·225	6·596	0·489
511	—, —	3·002	5·551	0·541
512	—, —	2·208	4·102	0·538

Proba Éprouvette Probestück		Te- zina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- ficna težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht g	Inhalt cm ³	
513	III SS	3·582	6·107	0·587
514	—, —	5·400	8·882	0·608
515	—, —	6·360	7·781	0·817*
516	—, —	7·495	10·397	0·721*
517	III WP	2·977	7·058	0·422
518	—, —	2·440	6·510	0·375
519	—, —	2·551	6·131	0·416
520	III WC	7·788	6·038	1·290*
521	—, —	2·512	5·343	0·470
522	—, —	3·300	6·710	0·492
523	III WS	6·389	10·636	0·601
524	—, —	5·829	9·418	0·619
525	—, —	16·706	17·551	0·952*
526	—, —	5·801	8·053	0·720*
527	III NP	3·923	6·737	0·582
528	—, —	2·972	6·800	0·437
529	—, —	2·844	7·258	0·392
530	III NC	4·176	8·796	0·475
531	—, —	3·981	8·105	0·491
532	—, —	3·603	7·407	0·486
533	III NS	5·520	9·507	0·581
534	—, —	5·754	6·745	0·853*
535	—, —	9·192	10·491	0·876*
536	—, —	8·086	10·910	0·741*
537	III EP	3·794	9·426	0·403
538	—, —	2·646	6·335	0·418
539	—, —	3·300	7·363	0·420
540	III EC	3·548	7·179	0·494
541	—, —	3·481	7·247	0·480
542	—, —	3·634	7·360	0·494
543	III ES	5·205	8·783	0·593
544	—, —	4·186	7·134	0·587
545	—, —	2·925	5·625	0·520
546	—, —	4·002	7·830	0·511*
547	IV SP	2·873	7·228	0·397
548	—, —	3·127	7·471	0·419
549	—, —	3·247	8·127	0·399
550	IV SC	2·611	5·897	0·443
551	—, —	3·078	6·173	0·499
552	—, —	2·123	4·642	0·457
553	IV SS	2·681	5·510	0·487
554	—, —	3·756	7·280	0·516
555	—, —	3·141	6·452	0·487
556	—, —	4·596	9·915	0·464
557	IV WP	2·900	7·709	0·376
558	—, —	1·707	4·704	0·363
559	—, —	2·353	8·057	0·292
560	IV WC	2·436	5·232	0·466
561	—, —	2·311	5·269	0·439

Proba Epruvete Probestück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicat	Inhalt	
		g	cm ³	
562	IV WC	2:766	6:157	0:449
563	IV WS	4:301	8:549	0:503
564	— „ —	4:058	8:573	0:473
565	— „ —	4:069	7:760	0:524
566	— „ —	3:586	8:230	0:436
567	IV NP	2:063	5:169	0:399
568	— „ —	2:651	6:493	0:408
569	— „ —	2:805	6:923	0:405
570	IV NC	3:522	7:327	0:481
571	— „ —	2:848	5:984	0:476
572	— „ —	2:843	6:088	0:467
573	IV NS	5:610	10:989	0:511
574	— „ —	4:889	9:774	0:500
575	— „ —	4:259	8:588	0:496
576	— „ —	3:704	9:003	0:411
577	IV EP	2:114	5:575	0:379
578	— „ —	2:897	7:795	0:372
579	— „ —	2:571	6:687	0:384
580	IV EC	2:153	4:810	0:448
581	— „ —	1:913	4:383	0:436
582	— „ —	2:547	5:592	0:455
583	IV ES	2:821	6:071	0:465
584	— „ —	3:316	7:112	0:466
585	— „ —	3:911	7:873	0:496
586	— „ —	3:854	8:490	0:454
587	V SP	2:780	7:952	0:349
588	— „ —	2:535	6:585	0:385
589	— „ —	3:133	6:683	0:469
590	V SC	1:655	3:679	0:450
591	— „ —	2:008	4:111	0:488
592	— „ —	1:487	3:535	0:421
593	V SS	3:415	7:255	0:471
594	— „ —	2:978	6:500	0:458
595	— „ —	3:707	8:317	0:446
596	— „ —	3:164	8:102	0:391
597	V WP	2:174	6:083	0:357
598	— „ —	1:917	5:256	0:365
599	— „ —	1:911	5:073	0:377
600	V WC	1:200	3:881	0:309
601	— „ —	1:983	4:613	0:430
602	— „ —	1:535	3:452	0:445
603	V WS	2:797	6:194	0:452
604	— „ —	2:175	4:809	0:452
605	— „ —	2:964	6:560	0:452
606	— „ —	2:112	5:518	0:383
607	V NP	2:591	6:458	0:401
608	— „ —	2:424	6:359	0:381
609	— „ —	2:253	6:084	0:370
610	V NC	2:366	4:957	0:477

Proba Epruvette Probestück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht	Inhalt	
		g	cm ³	
611	V NC	2:088	4:483	0:466
612	— „ —	2:600	6:104	0:426
613	V NS	5:267	8:876	0:593
614	— „ —	5:597	11:668	0:480
615	— „ —	2:977	8:418	0:354
616	— „ —	1:926	5:085	0:379
617	V EP	1:700	4:894	0:347
618	— „ —	1:973	5:616	0:351
619	— „ —	2:266	5:682	0:399
620	V EC	2:470	3:576	0:691*
621	— „ —	1:935	4:507	0:429
622	— „ —	2:338	5:079	0:460
623	V ES	2:381	5:396	0:441
624	— „ —	2:532	5:838	0:434
625	— „ —	3:037	6:723	0:452
626	— „ —	2:680	6:932	0:387
627	VI SP	2:116	4:845	0:437
628	— „ —	1:900	5:380	0:353
629	— „ —	2:668	6:872	0:388
630	VI SC	3:211	7:192	0:446
631	— „ —	2:470	6:170	0:400
632	— „ —	2:338	5:639	0:415
633	VI SS	3:704	7:122	0:520*
634	— „ —	3:992	9:286	0:430
635	— „ —	3:741	8:721	0:429
636	VI WP	3:247	8:506	0:382
637	— „ —	4:201	10:263	0:409
638	— „ —	3:505	9:768	0:359
639	VI WC	1:587	3:957	0:401
640	— „ —	1:896	4:342	0:437
641	— „ —	3:127	7:180	0:436
642	VI WS	4:329	8:080	0:536*
643	— „ —	4:217	9:361	0:450
644	— „ —	7:256	14:794	0:490
645	— „ —	5:206	12:122	0:429
646	VI NP	3:824	10:400	0:381
647	— „ —	4:617	9:868	0:468
648	— „ —	3:308	9:401	0:352
649	VI NC	3:072	6:755	0:455
650	— „ —	2:883	6:365	0:453
651	— „ —	1:947	4:431	0:439
652	VI NS	4:434	9:561	0:464
653	— „ —	3:748	8:056	0:465
654	— „ —	4:357	9:466	0:460
655	— „ —	3:956	9:427	0:420
656	VI EP	2:904	8:496	0:342
657	— „ —	3:923	6:828	0:575
658	— „ —	3:279	9:075	0:361
659	VI EC	1:590	3:947	0:403

Proba Epruvette Probstück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht	Inhalt	
		g	cm ³	
660	VI EC	1·728	4·180	0·413
661	— „ —	1·841	4·442	0·414
662	VI ES	3·473	8·196	0·424
663	— „ —	3·544	8·540	0·415
664	— „ —	4·852	11·100	0·437
665	— „ —	4·556	11·255	0·405
666	VII SP	3·084	8·496	0·363
667	— „ —	3·043	8·356	0·364
668	— „ —	4·016	10·884	0·369
669	VII SS	4·949	11·417	0·433
670	— „ —	4·119	9·291	0·443
671	— „ —	4·162	9·955	0·418
672	— „ —	4·280	10·242	0·418
673	VII WP	3·225	9·413	0·343
674	— „ —	3·000	8·273	0·363
675	— „ —	4·001	10·219	0·392
676	VII WS	4·004	9·680	0·414
677	— „ —	3·637	8·624	0·422
678	— „ —	5·161	11·685	0·442
679	— „ —	1·885	4·509	0·418
680	VII NP	2·646	7·342	0·360
681	— „ —	3·000	8·510	0·409
682	— „ —	2·967	8·544	0·347
683	VII NS	3·238	8·258	0·392
684	— „ —	4·019	8·550	0·470
685	— „ —	2·786	6·300	0·442
686	— „ —	1·793	4·332	0·414
687	VII EP	1·646	4·658	0·353
688	— „ —	2·703	7·287	0·371
689	— „ —	2·495	6·941	0·359
690	VII ES	2·491	5·978	0·417
691	— „ —	2·990	7·219	0·414
692	— „ —	3·187	7·795	0·409
693	— „ —	1·721	4·248	0·405
694	VIII SP	2·333	6·760	0·345
695	— „ —	2·442	7·052	0·346
696	— „ —	2·917	8·680	0·336
697	VIII SS	5·579	12·120	0·460
698	— „ —	3·278	8·060	0·407
699	VIII WP	2·867	8·929	0·321
700	— „ —	2·371	7·262	0·326
701	— „ —	3·595	10·677	0·337
702	VIII WS	4·330	9·327	0·464
703	— „ —	3·779	9·292	0·407
704	VIII NP	2·994	8·634	0·347
705	— „ —	3·190	9·128	0·349
706	— „ —	2·694	7·868	0·342
707	VIII NS	4·603	9·905	0·465

Proba Epruvette Probstück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht	Inhalt	
		g	cm ³	
708	VIII NS	3·642	6·616	0·550
709	VIII EP	2·508	7·390	0·339
710	— „ —	2·600	7·104	0·366
711	— „ —	2·280	6·468	0·353
712	VIII ES	3·229	9·842	0·328
713	— „ —	2·906	7·486	0·388
714	IX SP	2·029	5·232	0·388
715	— „ —	2·116	5·966	0·355
716	— „ —	3·503	10·323	0·339
717	IX SS	3·252	7·581	0·429
718	— „ —	2·433	5·851	0·416
719	IX WP	3·873	9·182	0·422
720	— „ —	2·617	7·904	0·331
721	— „ —	3·536	9·247	0·382
722	IX WS	4·483	9·528	0·470
723	— „ —	2·297	5·790	0·397
724	IX NP	3·157	8·786	0·359
725	— „ —	3·429	9·692	0·354
726	— „ —	2·605	7·288	0·357
727	IX NS	4·288	9·606	0·446
728	— „ —	3·043	7·381	0·412
729	IX EP	1·646	4·790	0·344
730	— „ —	2·468	7·141	0·346
731	— „ —	2·050	5·607	0·366
732	IX ES	3·363	7·924	0·424
733	— „ —	2·581	6·308	0·398
734	X SP	3·695	7·714	0·472
735	— „ —	3·153	7·325	0·430
736	— „ —	3·764	8·027	0·469
737	X SS	5·007	9·700	0·516
738	— „ —	3·704	6·508	0·569
739	X WP	3·272	9·173	0·357
740	— „ —	2·414	8·185	0·295
741	— „ —	3·870	11·140	0·347
742	X WS	2·593	9·993	0·259*
743	— „ —	4·256	7·550	0·564*
744	X NP	2·496	6·184	0·404
745	— „ —	2·711	7·402	0·366
746	— „ —	2·873	7·710	0·373
747	X NS	5·472	12·440	0·440
748	— „ —	5·517	8·954	0·616*
749	X EP	3·621	9·687	0·374
750	— „ —	4·476	9·167	0·488*
751	X ES	3·836	9·188	0·418
752	— „ —	3·005	5·428	0·554*
753	XI SP	3·076	8·776	0·351
754	— „ —	2·200	6·253	0·352

Proba Epreuve Probstück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht	Proba Epreuve Probstück		Te- žina Poids	Volu- men Vo- lume	Speci- fična težina Poids spéci- fique Spezi- fisches Gewicht
Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht	Inhalt		Broj Numéro Num- mer	Oznaka Désignation Bezeich- nung	Ge- wicht	Inhalt	
		g	cm ³				g	cm ³	
755	XI SS	4·148	9·351	0·444	770	XII SP	1·941	5·310	0·366
756	—	3·700	8·670	0·427	771	XII SS	4·210	10·468	0·402
757	XI WP	4·433	11·238	0·394	772	XII WP	3·623	10·327	0·351
758	—	5·019	12·767	0·393	773	XII WS	4·681	11·198	0·418
759	XI WS	4·019	8·458	0·475	774	XII NP	4·665	10·756	0·434
760	—	3·600	8·230	0·437	775	XII NS	5·598	12·403	0·451
761	XI NP	3·008	8·347	0·360	776	XII EP	3·829	9·928	0·386
762	—	4·271	11·055	0·386	777	XII ES	5·735	12·708	0·451
763	XI NS	3·891	8·591	0·453	778	XIII SP	1·489	3·695	0·403
764	—	3·172	7·230	0·439	779	XIII WP	2·247	5·087	0·442
765	XI EP	2·457	6·757	0·363	780	XIII NP	5·020	8·455	0·594
766	—	2·456	6·250	0·392	781	XIII EP	2·026	4·772	0·425
767	—	2·765	7·690	0·359					
768	XI ES	4·015	9·060	0·443	783	XIV	0·862	2·235	0·386
769	—	3·349	7·952	0·421					

Za prosuđivanje općega stepena anizotropnosti odlučne su u prvome redu krajnje granice specifičnih težina proba. Te krajnje granice proba prenešene su iz tabele I i II. No pri tome — kao ni kod obračunavanja srednjih specifičnih težina — nisu uzete u obzir one probe, koje pokazuju izrazitu nepravilnost u svojoj građi (u tabeli I i II označene zvjezdicom), kao i one, koje leže u među-kvadrantima (brojevi 45 do zaključno 60).

Uzimajući u obzir i bijel i srž krajnje granice specifičnih težina po pojedinim su kolotovima ove:

Pinus nigra Arn.

Broj koluta	Broj probe	Maksi- mum	Broj probe	Minimum	Razlike u %
I	10	1·041	38	0·640	63
II	103	0·889	89	0·653	36
III	125	0·964	140	0·631	53
IV	180	0·711	167	0·575	24
V	228	0·661	196	0·522	27
VI	249	0·713	244	0·472	51
VII	281	0·743	275	0·530	40
VIII	325	0·726	315	0·528	37
IX	348	0·743	345	0·519	43
X	360	0·690	364	0·487	42
XI	379	0·773	378	0·487	59
XII	404	0·626	412	0·420	49
XIII	421	0·526	416	0·470	12
XIV	424	0·539	423	0·484	11

Pinus silvestris L.

Broj koluta	Broj probe	Maksimum	Broj probe	Minimum	Razlike u %
I	434	0'767	458	0'388	98
II	474	0'695	478	0'392	77
III	524	0'619	518	0'375	65
IV	565	0'524	559	0'292	79
V	613	0'593	600	0'309	92
VI	657	0'575	656	0'342	68
VII	684	0'470	673	0'343	37
VIII	708	0'550	699	0'321	71
IX	722	0'470	720	0'331	42
X	738	0'569	740	0'295	93
XI	759	0'475	753	0'351	35
XII	777	0'451	772	0'351	28
XIII	780	0'594	778	0'403	47

Razlike u specifičnim težinama proba — u transverzalnome smjeru — kreću se u neobično širokim granicama. Procenat, koji pokazuje za koliko su maksima veća od minima; kreće se od 11 do 63% za crni bor i od 35 do 98% za bijeli bor. Znači, anizotropnost u transverzalnome smjeru znatno je veća u bijele nego u crne borovine.

Najveći stepen transverzalne anizotropnosti pokazuju stabla u žilištu (I kolut) a najmanji u krajnjoj vršici (XIII, XIV kolut crnog bora, XI, XII kolut bijeloga bora).

Maksima za crni bor leže pretežno u srži. Minima ne malo isključivo u bijeli. Položaj minima nije identičan za crni i bijeli bor. Minima za crni bor smještene su u unutrašnjoj česti bijeli a za bijeli bor u perifernoj česti bijeli.

Krajnje granice specifičnih težina proba unutar česti P,C,S razbiru se iz ovoga prikaza:

Pinus nigra Arn.

Spoljašnja čest bijeli Unutrašnja čest bijeli Srž

	Broj probe	Specifična težina	Broj probe	Specifična težina	Broj probe	Specifična težina
Maksimum	117	0'868	79	0'856	10	1'041
Minimum	412	0'420	408	0'473	409	0'522
Razlike u. %.		107		81		100

Pinus silvestris L.

	Spoljašnja čest bijeli		Unutrašnja čest bijeli		Srž	
	Broj probe	Specifična težina	Broj probe	Specifična težina	Broj probe	Specifična težina
Maksimum	780	0.594	451	0.603	434	0.767
Minimum	559	0.292	600	0.309	712	0.328
Razlike u %		103		95		134

Znači, u longitudinalnome smjeru anizotropnost borovine još je veća nego u transverzalnome. Maksimalna premašuju minima za 81 do 134%.

Anizotropnost u longitudinalnome smjeru veća je u bijele borovine (95 do 134%) nego u crne (81 do 107%). No i u jedne i u druge vrsti ona je srazmjerno najslabija u unutrašnjoj česti bijeli. Ona je najjača u srži bijele borovine. Maksimalna leže u donjim kolotovima (I, II, III za crni bor) (I za bijeli bor) a minima u gornjim kolotovima (XII za crni bor) odnosno u srednjim kolotovima (IV, V, VIII za bijeli bor). Samo maksimalna periferne česti bijeli — za bijeli bor — leže u XIII kolotu.

Neobična visoka može da bude specifična težina u žiljstu. Proba broj 10 pokazuje specifičnu težinu od 1.041 uprkos tome da se radi o drvetu, koje je preko 100 sati sušeno kod temperature od 85 do 87° C.

Uzimajući za osnovicu komparacije specifične težine pojedinih proba — dakle eliminiravši sve probe izrazito nepravilne građe — može promjenljivost specifične težine drveta da dosegne granicu od 98% u transverzalnome a 134% u longitudinalnome smjeru. Otuda se vidi do kako netačnih zaključaka može da se dođe ako se u praksi stvaraju zaključci o specifičnoj težini na osnovu pojedinačnih proba malenih dimenzija. Stepenn počinjene pogreške može da dosegne 134%. Znači, za dobivanje pouzdanih rezultata o specifičnoj težini drveta potrebno je ili srazmjerno velik broj proba malenih dimenzija ili ograničen broj proba velikih dimenzija.

SREDNJA SPECIFIČNA TEŽINA ČESTI I KVADRANATA

Srednja (prosječna) specifična težina pojedinih česti i kvadranta utvrđena je izračunavanjem aritmetičke sredine proba, koje leže u odnosnoj česti ili kvadrantu. Srednje specifične težine sekcija predstavljaju aritmetičku sredinu specifičnih težina kolotova. Rezultat toga izračunavanja prikazuje tabela III i IV, i grafikoni na slikama 2 do zaključno 13.

Srednje specifične težine

Poids spécifiques moyens

Die mittleren spezifischen Gewichte

Tabela III

Pinus nigra Arn.

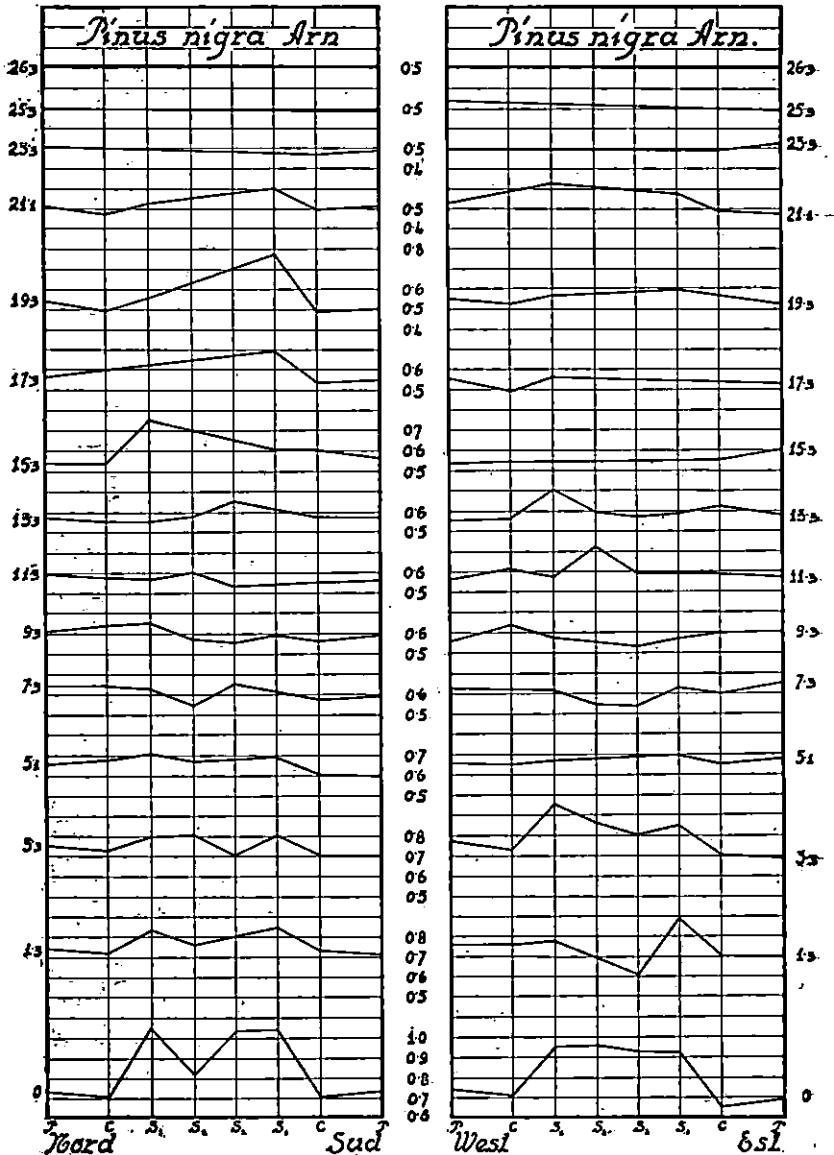
Tabela IV

Pinus silvestris L.

Broj Número Nummer	Sektija - Section Sektion		Bijel Aubier - Splint			S — —	BS — — Kern
	Spo- ljašnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen				
			P	C	B		
1	0.727	0.713	0.715	0.891	0.747		
2	0.729	0.720	0.721	0.821	0.739		
3	0.689	0.679	0.684	0.755	0.695		
4	0.635	0.624	0.630	0.639	0.629		
5	0.606	0.604	0.604	0.581	0.599		
6	0.581	0.593	0.587	0.580	0.586		
7	0.572	0.578	0.574	0.598	0.581		
8	0.565	0.565	0.564	0.640	0.575		
9	0.553	0.533	0.549	0.649	0.560		
10	0.537	0.506	0.531	0.623	0.550		
11	0.516	0.492	0.512	0.602	0.533		
12	0.506	0.484	0.499	0.582	0.507		
13	0.505	0.485	0.499	—	0.500		
14	0.506	—	0.506	—	0.506		

Broj Número Nummer	Sektija - Section Sektion		Bijel Aubier - Splint			S — —	BS — — Kern
	Spo- ljašnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen				
			P	C	B		
1	0.449	0.529	0.489	0.607	0.535		
2	0.441	0.514	0.476	0.577	0.508		
3	0.409	0.476	0.442	0.534	0.470		
4	0.380	0.448	0.413	0.460	0.432		
5	0.389	0.431	0.409	0.439	0.420		
6	0.383	0.426	0.389	0.431	0.410		
7	0.354	—	0.354	0.428	0.389		
8	0.352	—	0.352	0.428	0.383		
9	0.374	—	0.374	0.437	0.401		
10	0.379	—	0.379	0.446	0.410		
11	0.378	—	0.378	0.436	0.406		
12	0.425	—	0.425	0.430	0.436		
13	0.426	—	0.426	—	0.426		

Raspored srednjih specifičnih težina u transverzalnome smjeru razbire se iz slika 2, 3, 4, 5. U tim sli-



Sl. 2. 3. Raspodjela specifične težine u transverzalnome smjeru debla

Fig. 2, 3. Répartition du poids spécifique en sens transversal du fût

Abb. 2, 3. Verteilung des spezifischen Gewichtes in der Querrichtung des Schaftes

Kiln-suho drvo -- Bois desséché à kiln -- Kiln-trockenes Holz

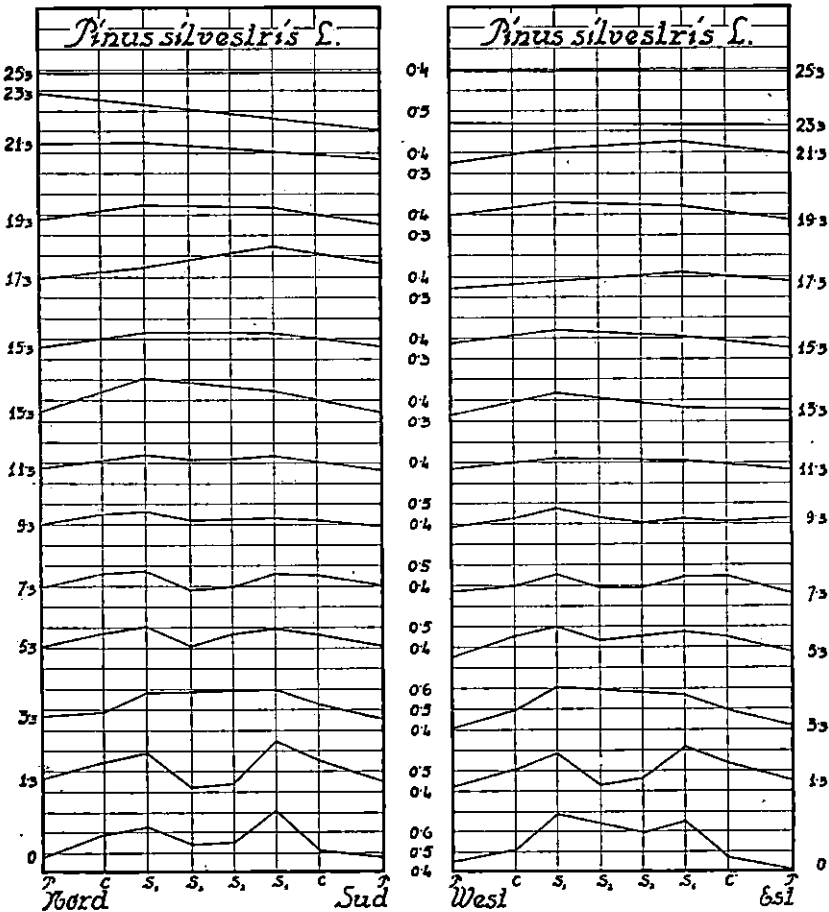
P = Spoljašnja čest bijeli -- Partie extérieure d'aubier -- Äusserer Splintteil

C = Unutrašnja čest bijeli -- Partie intérieure d'aubier -- Innerer Splintteil

S1 = Spoljašnja čest srži -- Partie extérieure du duramen -- Äusserer Kernteil

S2 = Centralna čest srži -- Partie centrale du duramen -- Centraler Kernteil

kama grafički su prikazani brojni podaci za pojedine kolotove. Grafički su prikazi do izvjesnog stepena šematizovani da bi bili instruktivniji. Koordinatni sistem nije izgrađen strogo geometrijski. Na apscisnoj osi razmještaj česti P,C,S ne odgovara faktičnome međusobnom rastojanju. On je pravilno raspoređen, da bi se lakše mogle komparirati specifične težine po kolotovima. Na ordinatama prikazana je linija rasporeda specifičnih težina za svaki kolot napose. Upotrebljena su dva karakteristična profila NS i WE.



Sl. 4, 5. Raspodjela specifične težine u transverzalnome smjeru debla

Fig. 4, 5 Répartition du poids spécifique en sens transversal du fût
Abb. 4, 5. Verteilung des spezifischen Gewichtes in der Querrichtung des Schaftes

Kiln-suho drvo — Bois desséché à kiln — Kiln-trockenes Holz

P = Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

C = Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

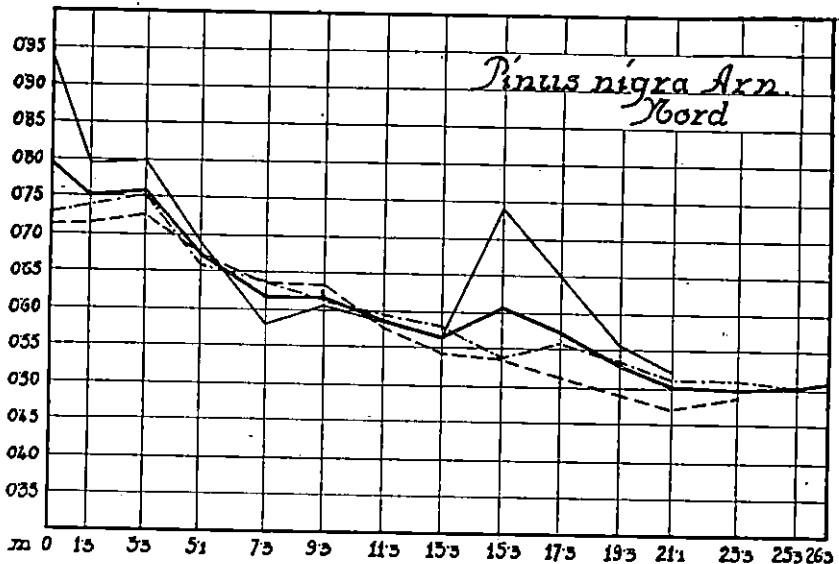
S₁ = Spoljašnja čest srži — Partie extérieure du duramen — Äusserer Kernteil

S₂ = Centralna čest srži — Partie centrale du duramen — Centraler Kernteil

Raspored specifičnih težina u transverzalnome smjeru odgovara poznatom pravilu da njihova maksima i kod crne i kod bijele borovine leže u srži a minima u bijeli. No maksima nisu smještena u strogome centru srži već nemalo isključivo centra odnosno u perifernoj česti srži. Donjih šest kolotova i crnoga i bijeloga bora pokazuju izrazitu depresiju u centru same srži. Ora je najizrazitija u dva najdonia koluta bijeloga bora. U gornjim kolotovima tih depresija u srži nema. Pošto su stabla posvema zdrava, ne mogu se ove depresije tumačiti patološkim promjenama.

Minima leže pretežno u bijeli. Padanje specifične težine od srži prema česti bijeli daleko je izrazitije u bijeloga bora nego u crnoga bora. Naprotiv, kod crnog bora — naročito u donjim kolotovima — javlja se najednakost specifične težine unutrašnje i periferne česti bijeli pa čak i njen porast prema periferiji.

Naročito je karakteristično da su najizrazitije depresije u srži u onoj česti debla (kolotovi I do zaključno V), koja se



Sl. 6. Raspodjela specifične težine u longitudinalnome smjeru debla

Fig. 6. Répartition du poids spécifique en sens longitudinal du fût

Abb. 6. Verteilung des spezifischen Gewichtes in der Längsrichtung des Schaftes

Kiln-suho drvo — Bois desséché à kiln — Kiln-trockenes Holz

--- Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

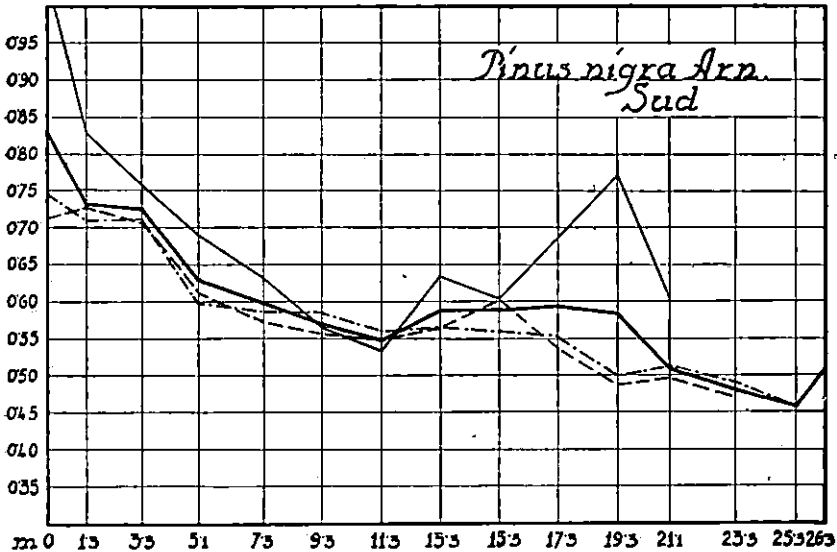
--- Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

— Srž — Duramen — Kern

— Prosječna specifična težina — Poids spécifique moyen — Durchschnittliches spezifisches Gewicht

nalaze ispod faktičnog težišta debla. Kako ćemo to prikazati na drugome mjestu, faktično težište debla crnoga bora leži u visini od 8'23 m, a bjeloga bora u visini od 8'04 m nad zemljom.

Raspored prosječnih specifičnih težina u longitudinalnom smjeru prikazan je na slikama 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, i 13.

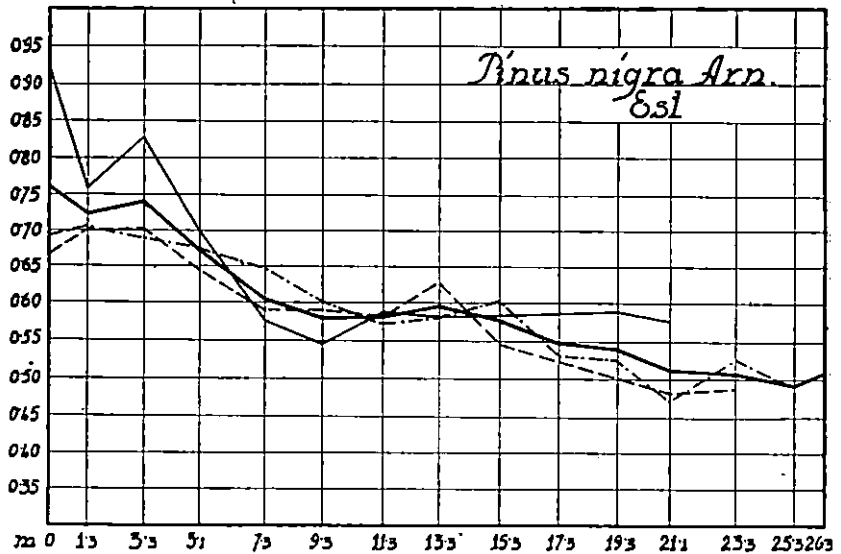
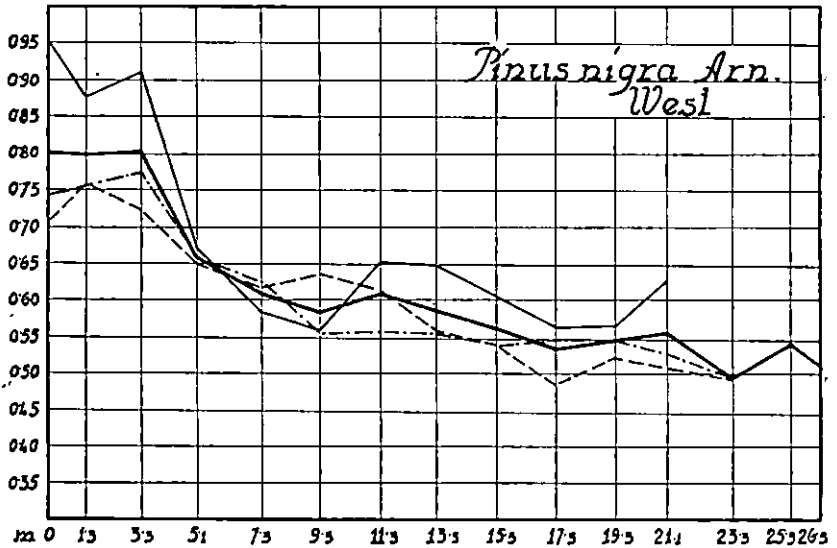


Sl. 7. Raspodjela specifične težine u longitudinalnom smjeru debla

Fig. 7. Répartition du poids spécifique en sens longitudinal du fût
Abb. 7. Verteilung des spezifischen Gewichtes in der Längsrichtung des Schaftes

Kiln-suhu drvo — Bois desséché à kiln — Kiln-trockenes Holz

- · · · · Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil
- - - - - Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil
- Srž — Duramen — Kern
- Prosječna specifična težina — Poids spécifique moyen — Durchschnittliches spezifisches Gewicht



Sl. 8, 9. Raspodjela specifične težine u longitudinalnome smjeru debla

Fig. 8, 9. Répartition du poids spécifique en sens longitudinal du fût
Abb. 8, 9. Verteilung des spezifischen Gewichtes in der Längsrichtung des Schaftes

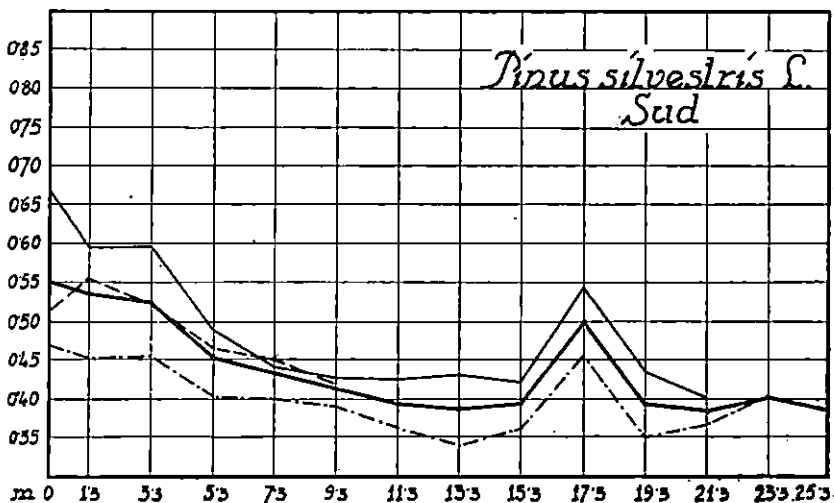
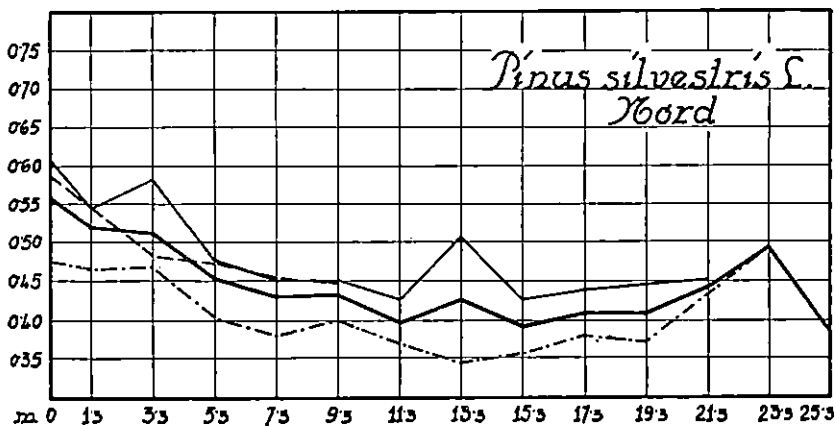
Kiln-suho drvo - Bois desséché à kiln - Kiln-trockenes Holz

--- Spoljašnja čest bijeli -- Partie extérieure d'aubier - Äusserer Splintteil

- - - Unutrašnja čest bijeli -- Partie intérieure d'aubier - Innerer Splintteil

— Srž — Duramen — Kern

— — — Prosječna specifična težina — Poids spécifique moyen — Durchschnittliches spezifisches Gewicht



Sl. 10, 11. Raspodjela specifične težine u longitudinalnome smjeru debla

Fig. 10, 11. Répartition du poids spécifique en sens longitudinal du fût
Abb. 10, 11. Verteilung des spezifischen Gewichtes in der Längsrichtung des Schafte

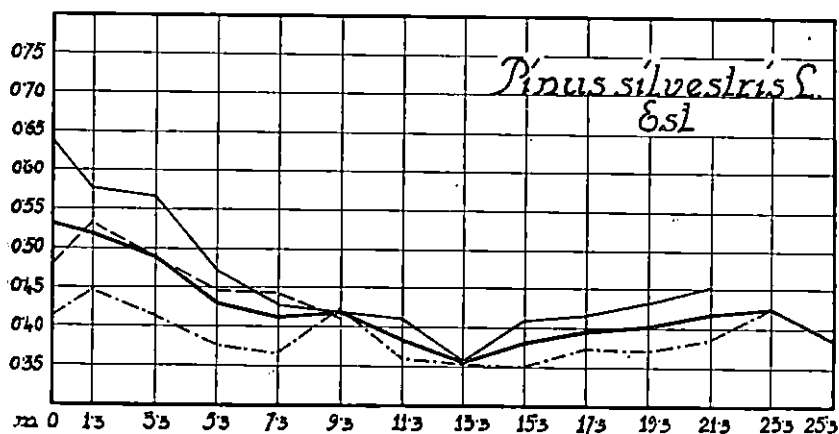
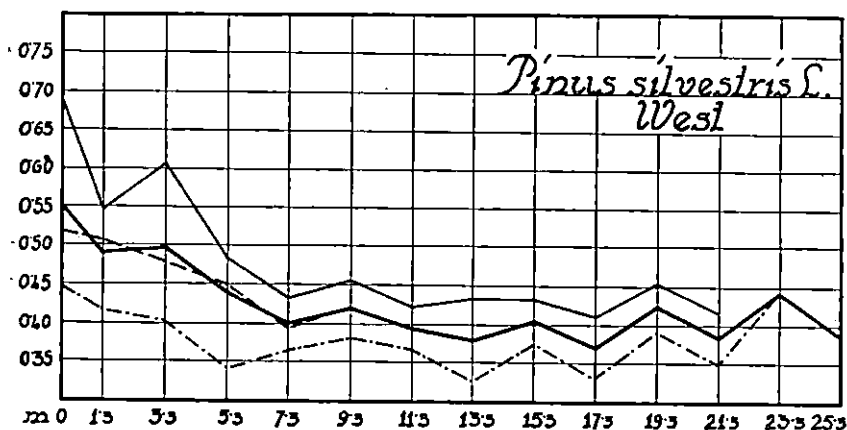
Kiln-suho drvo — Bois desséché à kiln — Kiln-trockenes Holz

— . — . Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

— — — Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

——— Srž — Duramen — Kern

——— Prosječna specifična težina — Poids spécifique moyen — Durchschnittliches spezifisches Gewicht



Sl. 12, 13. Raspodjela specifične težine u longitudinalnome smjeru debla

Fig. 12, 13. Répartition du poids spécifique en sens longitudinal du fût

Abb. 12, 13. Verteilung des spezifischen Gewichtes in der Längsrichtung des Schaftes

Kiln-suho drvo — Bois desséché à kiln — Kiln-trockenes Holz

· · · · · Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

- - - - - Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

————— Srž — Duramen — Kern

————— Prosječna specifična težina — Poids spécifique moyen — Durchschnittliches spezifisches Gewicht

I u crnoga i u bijeloga bora prosječna specifična težina u svakome kvadrantu pokazuje — u glavnome — tendenciju padanja od žilišta prema vrhu debla. Za bijeli bor ovu je tendenciju pokazao već Hartig (1891, 289). Ova je tendencija izrazitija, dakle linija padanja strmija, u crnoga nego u bijeloga

bora, izrazitija u srži nego u bijeli. No taj glavni smjer je ponešto izmijenjen u onoj česti debla, koje leži unutar krošnje.

U crnoga bora maksimum (0'755) prosječne specifične težine jest u žilištu. Otuda specifična težina pada u depresiju, koja leži između 9'3 i 13'3 m, t. j. iznad težišta debla a ispod početka krošnje. Specifična težina one česti debla, koja leži na početku krošnje, ponešto se diže a zatim pada prema vrhu. Na južnoj strani debla specifična težina se unutar krošnje na neko šest metara održava na najjednakoj visini i otuda pada prema vrhu. Minimum (0'496) leži pod vrhom. U posljednja tri metra specifična težina se neznatno diže. Međusobne razlike u specifičnim težinama bijeli i srži najjače su u žilištu i u krošnji a najmanje u depresiji pod krošnjom.

I u bijeloga bora maksimum (0'549) prosječne specifične težine jest u žilištu. Otuda ona postupice pada prema krošnji. Depresija pred početak krošnje kreće se u visini od 11'3 do 13'3 m no ona nije tako izrazita kao kod crnog bora. Specifična težina unutar krošnje uvećava se. U posljednja dva metra ona pada. Minimum (0'379) leži u VIII kolutu. U bijeloga bora izrazitiji paralelizam između specifične težine bijeli i srži nego u crnoga bora.

Karakterističnu sliku raspodjele specifične težine u deblu dubećeg stabla dobijamo ako minimum specifične težine uzmemo kao jedinicu a ostale težine prikažemo u relaciji naprama toj jedinici. Tim načinom dobijamo ovu sliku:

Pinus nigra Arn.			Pinus silvestris L.	
Broj koluta	Specifična težina	Relacija	Specifična težina	Relacija
I	0'755	1'52	0'549	1'45
II	0'739	1'49	0'521	1'37
III	0'740	1'49	0'496	1'31
IV	0'651	1'31	0'445	1'18
V	0'608	1'23	0'420	1'11
VI	0'591	1'19	0'420	1'11
VII	0'581	1'17	0'399	1'05
VIII	0'582	1'17	0'379	1'00
IX	0'568	1'15	0'387	1'02
X	0'552	1'11	0'416	1'10
XI	0'548	1'10	0'405	1'07
XII	0'518	1'04	0'407	1'07
XIII	0'496	1'00	0'466	1'23
XIV	0'504	1'02	0'386	1'02
XV	0'509	1'02		

Srednja specifična težina za čitavu drvenu masu deblo-
vine iznosi:

Pinus nigra Arn.

	Kolut	Bijel	Srž	Bez razlike bijeli i srži
žilište	I	0'708	0'963	0'755
čisto deblo	II do IX	0'626	0'670	0'633
deblo u krošnji	X do XV	0'512	0'610	0'521
Sredina		0'586	0'679	0'596

Od ovih se podataka ponešto razlikuju oni dobiveni di-
vizijom ukupne težine debla na volumen. Te specifične težine
iznose:

0'618 za čitavu bijel
0'688 za čitavu srž
0'630 za čitavo deblo bez razlike bijeli i srži

Pinus silvestris L.

	Kolut	Bijel	Srž	Bez razlike bijeli i srži
žilište	I	0'488	0'649	0'549
čisto deblo	II do XI	0'402	0'468	0'429
deblo u krošnji	XII do XIV	0'412	0'430	0'420
Sredina		0'410	0'480	0'435

Od ovih se podataka ponešto razlikuju oni, dobiveni di-
vizijom ukupne težine debla i volumena. Te specifične težine
jesu ove:

0'424 za čitavu bijel
0'485 za čitavu srž
0'456 za čitavo deblo bez razlike bijeli i srži

Znači, da je specifična težina crne borovine za 38'2%
od srednje specifične težine bijele borovine.

Za komparaciju donosimo Jankine podatke (Janka 1915).

Pinus nigra Arn.

Apsolutno suho drvo	Na zraku sušeno (14'7% vode) drvo
granice sredina	granice sredina
0'472 do 0'664 0'569	0'506 do 0'716 0'608

Pinus silvestris L.

Apsolutno suho drvo		Na zraku sušeno (13,6% vode) drvo	
granice	sredina	granice	sredina
0'415 do 0'571	0'494	0'444 do 0'609	0'529

Iz ovih visokih specifičnih težina deblovine smije se zaključiti, da crna i bijela borovina sa kontinentalnoga krša predstavlja po onim tehničkim svojstvima, koja su uslovljena specifičnom težinom — a to su tvrdoća i čvrstoća — prvoklasan materijal za tehničko drvo. Otuda nam postaje razumljivo da je još šezdesetih godina devetnaestoga stoljeća borovina baš iz opitnoga polja bila tražena kao drvo za mornaricu (Bogner 1861, 46, 47).

Vanredno velika specifična težina i srazmierno visok procenat smolovitosti u donjoj česti debla uslovljuju veliku tvrdoću borovine. Ta tvrdoća u velikoj mjeri otežava tehniku smolarenja, koja upotrebljava francuski apšo i američko-njemački dubač. Ta nas je tvrdoća — kako ćemo pokazati u drugoj česti radnje — prinudila, da smo za smolarenje crnoga bora morali potražiti novu tehniku otvaranja rana i podesiti je tvrdoći naše borovine.

Uporedo sa istraživanjem specifične težine deblovine istražili smo specifičnu težinu granjevine. Rezultati pojedinačnih proba prikazani su u ovoj tabeli:

Pinus nigra Arn.

	Broj probe	Oznaka	Težina g	Volumen cm ³	Specif. težina
Grana I	784	bijel	7'419	8'927	0'831
	785	„	8'308	10'110	0'822
	786	„	5'737	8'007	0'716
	787	„	4'593	6'647	0'691
	788	srž	9'830	9'148	1'070
Grana II	789	bijel	5'316	7'814	0'680
	790	„	3'084	4'316	0'715
	791	„	3'787	6'407	0'591
	792	„	5'281	8'760	0'603

Pinus silvestris L.

	Broj probe	Oznaka	Težina g	Volumen cm ³	Specif. težina
Grana III	793	bijel	1'825	4'964	0'369
	794	..	2'711	7'074	0'383
	795	..	4'740	7'863	0'603
	796	..	1'604	4'638	0'346
	797	srž	2'382	4'246	0'561
	798	..	4'411	5'304	0'832
Grana IV	799	bijel	3'473	7'679	0'452
	800	..	2'991	5'280	0'566

Srednje specifične težine granjevine jesu ove:

	Bijel	Srž	Sredina bijeli i srži
Pinus nigra Arn.	0'621	1'070	0'671
Pinus silvestris L.	0'453	0'696	0'514

U upoređenju sa srednjom specifičnom težinom deblovine pokazuju se ove razlike:

U crnoga bora srednja specifična težina deblovine 0'596
manja je od srednje specifične težine granjevine 0'671

Razlika 0'075

U bijeloga bora srednja specifična težina deblovine 0'435
manja je od srednje specifične težine granjevine 0'514

Razlika 0'079

KVANTITET NORMALNE SIROVE SMOLE

Pod normalnom sirovom smolom razumijevamo onu, koja se kao produkt normalnih fizioloških procesa nalazi nakupljena u smolnim kanalima borovine. Time podvlačimo razliku naprama smoli, koja je utoliko patološke prirode, jer se stvara kao posljedak reakcije živoga stabla na traumatske povrede (smolarenje) spolja.

Kvantum smole izražen je procentualnim učešćem smole u težini apsolutno suhe drvene tvari. Pored toga su odnosni podaci preračunati i za kiln-suho drvo (Vidi tabelu XI i XII). Da bi se mogao obračunati sadržaj sirove smole u jedinici volumena i njen apsolutni iznos, izvršen je obračun kubatura i težina. (Vidi tabele V, VI, VII, VIII, IX, X).

Srednje poprečne plohe

Surfaces transversales moyennes
Mittelquerflächen

Kubna sadržina

Volume réel
Kubikinhalt

Tabela V

Pinus nigra Arn.

Tabela VII

Pinus nigra Arn.

Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier - Splint					Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern	Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier - Splint					Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern						
	Spo- ljasnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil			Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil					Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen	P	C	B	S			BS	P	C	B	S	BS
	dm ²			dm ²																	
	dm ²			dm ²					dm ³			dm ³									
1	3:140	8:185	11:325	2:306	13:631	1	40:82	106:40	147:22	29:98	177:20										
2	2:056	5:635	7:691	1:986	9:677	2	41:12	112:70	153:82	39:72	193:54										
3	1:784	5:277	7:061	1:908	8:969	3	32:11	94:99	127:10	34:34	161:44										
4	1:614	4:931	6:545	1:831	8:376	4	35:51	108:48	143:99	40:28	184:27										
5	1:525	4:561	6:086	1:781	7:867	5	30:50	91:22	121:72	35:62	157:34										
6	1:427	4:140	5:567	1:583	7:150	6	28:54	82:80	111:34	31:66	143:00										
7	1:411	3:811	5:222	1:254	6:476	7	28:22	76:22	104:44	25:08	129:52										
8	1:387	3:488	4:875	0:966	5:841	8	27:74	69:76	97:50	19:32	116:82										
9	1:395	2:880	4:275	0:704	4:979	9	27:90	57:60	85:50	14:08	99:58										
10	1:425	2:183	3:608	0:407	4:015	10	28:50	43:66	72:16	8:14	80:30										
11	1:386	1:446	2:832	0:141	2:973	11	24:95	26:03	50:98	2:54	53:52										
12	1:018	0:745	1:763	0:039	1:802	12	22:40	16:39	38:79	0:86	39:65										
13	0:398	0:221	0:619	0:010	0:629	13	7:96	4:42	12:38	0:20	12:58										
14	0:071	0:008	0:080	—	0:080	14	0:71	0:08	0:79	—	0:79										
							Σ	376:98	890:75	1267:73	281:82	1549:55									

Tabela VI

Pinus silvestris L.

Tabela VIII

Pinus silvestris L.

1	2:308	4:483	6:791	5:134	11:925	1	30:00	58:28	88:28	66:74	155:02	
2	1:550	2:502	4:052	4:575	8:627	2	31:00	50:04	81:04	91:50	172:54	
3	1:453	2:021	3:474	4:244	7:718	3	29:06	40:42	69:48	84:88	154:36	
4	1:428	1:638	3:066	4:160	7:226	4	28:56	32:76	61:32	83:20	144:52	
5	1:385	1:394	2:779	4:035	6:814	5	27:70	27:88	55:58	80:70	136:28	
6	1:404	1:134	2:538	3:629	6:167	6	28:08	22:68	50:76	72:58	123:34	
7	1:343	0:902	2:245	3:132	5:377	7	26:86	18:04	44:90	62:64	107:54	
8	1:251	0:738	1:989	2:636	4:625	8	25:02	14:76	39:78	52:72	92:50	
9	1:452	0:599	2:051	2:063	4:114	9	29:04	11:98	41:02	41:26	82:28	
10	1:497	0:475	1:972	1:589	3:561	10	29:94	9:50	39:44	31:78	71:22	
11	1:129	0:329	1:458	0:897	2:355	11	22:58	6:58	29:16	17:94	47:10	
12	0:621	0:111	0:732	0:230	0:962	12	12:42	2:22	14:64	4:60	19:24	
13	0:163	—	0:163	0:013	0:176	13	3:26	—	3:26	0:26	3:52	
							Σ	323:52	295:14	618:66	690:80	1309:46

Apsolutne težine drveta

Poids absolus du bois

Absolute Gewichte des Holzes

Tabela IX

Pinus nigra Arn.

Tabela X

Pinus silvestris L.

Broj - Numéno Sektija - Section Nummer	Bijel Aubier - Splint			Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern	Broj - Numéno Sektija - Section Nummer	Bijel Aubier - Splint			Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern		
	Spo- ljašnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen				Spo- ljašnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen				
	P	C	B				P	C	B			S	BS
	kg	kg	kg				kg	kg	kg			kg	kg
1	29-676	75-863	105-539	26 712	132-251	1	15-470	30-830	44-300	40-511	84-811		
2	29-976	81-144	111-120	32 610	144-730	2	15-671	25-721	39-392	52-795	92-187		
3	22-124	64-498	86-622	25 927	112-549	3	11-885	19-240	31-125	45-326	76-451		
4	22-559	67-691	90 240	25-739	115-979	4	10-853	14-676	25-529	38-272	63-801		
5	18-483	55 097	75-580	20-695	94-275	5	10-773	12-016	22-791	35-427	58-218		
6	16 582	49-100	65 683	18-363	84-045	6	10-755	9-662	20-417	31-282	51-699		
7	16 142	44-055	60-197	14-998	75-193	7	9-508	6-386	15 894	26-810	42-704		
8	15-673	39-414	55-087	12-365	67-452	8	8-807	5-195	14-002	22-564	36-566		
9	15-429	30-701	46-130	9 138	33 268	9	10-861	4-480	15-341	18-031	33-372		
10	15-304	22-092	37-396	5-071	42-467	10	11-347	3-600	14-947	14-174	29-121		
11	12-874	12-807	25-681	1-529	27-210	11	8-535	2-487	11-022	7-822	18-844		
12	11-334	7-933	19-267	0-500	19 767	12	5-278	0-945	6-221	1-978	8-199		
13	4-020	2-144	6-164	0-131	6 295	13	1-589	—	1-389	0-101	1-490		
14	0-350	0-039	0-398	—	0-398								
Σ	250-525	552-578	783-103	193-778	976-881	Σ	127-134	135-236	262-370	335-093	597-463		

Količina vlage i sirove smole

Quantité de l'eau et de la résine brute

Wasser — und Rohharzgehalt

Tabela XI

Pinus nigra Arn

Broj — Numéro Nummer	Analiza Analyse Analyse		Vlaga — Humidité — Feuchtigkeit		Sirova smola Résine brute Rohharz	
	Oznaka Désignation Bezeichnung	%	%	%	%	
1	I SP	52.58	47.42	3.4	3.1	
2	I SC	54.75	45.25	1.0	0.9	
3	I SS	33.06	66.94	27.0	24.6	
4	I WP	48.76	51.24	2.7	2.4	
5	I WC	50.10	49.90	2.9	2.6	
6	I WS	26.94	73.06	29.2	26.6	
7	I NP	41.37	58.63	4.9	4.5	
8	I NC	47.64	52.36	4.0	3.6	
9	I NS	23.05	76.95	38.7	35.2	
10	I EP	46.87	53.13	2.6	2.3	
11	I EC	50.11	49.89	4.5	4.1	
12	I ES	23.34	76.66	36.7	33.4	
13	II SP	51.26	48.74	2.7	2.4	
14	II SC	51.01	48.99	2.8	2.5	
15	II SS	26.44	73.56	12.9	11.7	
16	II WP	47.05	52.95	2.7	2.4	
17	II WC	49.34	50.66	2.6	2.3	
18	II WS	23.65	76.35	14.1	12.8	
19	II NP	51.83	48.17	2.7	2.4	
20	II NC	55.66	44.34	2.7	2.4	
21	II NS	23.12	76.88	19.9	18.1	
22	II EP	54.60	45.40	2.9	2.6	
23	II EC	55.75	44.25	3.0	2.7	
24	II ES	25.44	74.56	19.8	18.0	
25	III SP	53.99	46.01	3.0	2.7	
26	III SC	53.64	46.36	2.6	2.4	
27	III SS	25.17	74.83	5.0	4.5	
28	III WP	51.19	48.81	2.2	2.0	
29	III WC	53.80	46.20	2.4	2.2	
30	III WS	22.72	77.30	6.9	6.3	
31	III NP	51.72	48.28	2.8	2.5	
32	III NC	53.60	47.40	2.9	2.6	
33	III NS	18.81	81.19	9.4	8.5	
34	III EP	54.55	45.45	2.8	2.5	
35	III EC	45.43	54.57	2.7	2.4	
36	III ES	24.92	75.08	8.1	7.4	
37	IV SP	58.66	41.34	3.2	2.9	
38	IV SC	55.47	44.53	4.2	3.8	
39	IV SS	24.70	75.30	10.1	9.2	
40	IV WP	55.72	44.28	3.3	3.0	
41	IV WC	55.54	44.46	3.1	2.8	

Broj — Numéro Nummer	Analiza Analyse Analyse		Vlaga — Humidité — Feuchtigkeit		Sirova smola Résine brute Rohharz	
	Oznaka Désignation Bezeichnung	%	%	%	%	
42	IV WS	23.79	76.21	4.3	3.9	
43	IV NP	54.15	45.85	2.7	2.4	
44	IV NC	55.48	44.53	2.5	2.3	
45	IV NS	19.97	80.03	6.1	5.6	
46	IV EP	50.08	49.92	2.8	2.5	
47	IV EC	53.30	46.70	2.7	2.4	
48	IV ES	22.56	77.44	8.0	7.3	
49	V SP	57.48	42.52	3.1	2.8	
50	V SC	62.49	37.51	3.3	3.0	
51	V SS	26.12	73.88	4.3	3.9	
52	V WP	57.47	42.53	3.0	2.7	
53	V WC	60.88	39.12	3.2	2.9	
54	V WS	23.15	76.85	4.7	4.3	
55	V NP	57.37	42.63	3.0	2.7	
56	V NC	70.68	29.32	3.9	3.5	
57	V NS	—	—	—	—	
58	V EP	58.53	41.47	3.4	3.1	
59	V EC	61.86	38.14	3.0	2.7	
60	V ES	44.69	55.31	12.7	11.5	
61	VI SP	54.23	45.77	5.1	4.6	
62	VI SC	52.75	47.25	5.8	5.3	
63	VI SS	23.91	76.09	15.4	14.0	
64	VI WP	56.57	43.43	3.1	2.8	
65	VI WC	72.84	27.16	3.9	3.5	
66	VI WS	24.73	75.27	8.8	8.0	
67	VI NP	56.54	43.46	3.5	3.2	
68	VI NC	54.21	45.79	4.4	4.0	
69	VI NS	20.67	79.33	14.4	13.1	
70	VI EP	53.33	46.67	3.7	3.3	
71	VI EC	61.57	38.43	3.5	3.2	
72	VI ES	19.12	80.88	4.6	4.2	
73	VII SP	62.12	37.88	4.0	3.6	
74	VII SC	55.44	44.56	5.4	4.9	
75	VII SS	23.30	76.70	14.6	13.7	
76	VII WP	61.99	38.01	3.4	3.1	
77	VII WC	53.95	46.05	3.1	2.8	
78	VII WS	27.52	72.48	5.2	4.7	
79	VII NP	58.31	41.69	2.5	2.3	
80	VII NC	56.34	43.66	2.8	2.5	
81	VII NS	29.30	70.70	11.6	10.5	
82	VII EP	57.42	42.58	3.9	3.5	

Broj — Numéro Numer	Analiza Analyse Analyse		Vlaga — Humidité Feuchtigkeit		Sirova smola Résine brute Rohharz	
	Oznaka Designation Bezeichnung		%	%	%	%
			Suha tvar — Substance sèche — Trocken-Substanz		U suhoj tvari - Dans la substance sèche - In der Trocken- Substanz	
					U klin-suhom drvetu - Dans le bois désé- ché à klin - Im Klin- trockenen Holze	
83	VII EC		55.67	44.33	4.6	4.2
84	VII ES		29.74	70.26	15.3	13.9
85	VIII SP		63.69	36.31	4.3	3.9
86	VIII SC		51.64	48.36	8.6	7.8
87	VIII WP		60.94	39.06	4.3	3.9
88	VIII WC		57.79	42.21	4.4	4.0
89	VIII NP		62.15	37.85	4.0	3.6
90	VIII NC		58.42	41.58	4.6	4.2
91	VIII EP		57.37	42.21	3.7	3.3
92	VIII EC		53.77	46.23	8.2	7.5
93	VIII S		26.07	73.93	13.2	12.0
94	IX SP		62.69	37.31	6.1	5.6
95	IX SC		56.82	43.18	6.0	5.5
96	IX WP		61.28	38.72	4.5	4.1
97	IX WC		52.00	48.00	6.3	5.7
98	IX NP		63.81	36.19	3.5	3.2
99	IX NC		57.67	42.33	8.2	7.5
100	IX EP		61.93	38.07	4.5	4.1
101	IX EC		59.75	40.25	4.6	4.2
102	IX S		24.51	75.49	12.1	11.0
103	X SP		59.39	40.61	5.2	4.7
104	X SC		51.40	48.60	10.1	9.2
105	X WP		82.00	18.00	5.0	4.5
106	X WC		59.67	40.33	5.7	5.2
107	X-NP		62.52	37.48	4.4	4.0
108	X NC		67.49	32.51	6.0	5.5

Broj — Numéro Numer	Analiza Analyse Analyse		Vlaga — Humidité Feuchtigkeit		Sirova smola Résine brute Rohharz	
	Oznaka Designation Bezeichnung		%	%	%	%
			Suha tvar — Substance sèche — Trocken-Substanz		U suhoj tvari - Dans la substance sèche - In der Trocken- Substanz	
					U klin-suhom drvetu - Dans le bois désé- ché à klin - Im Klin- trockenen Holze	
109	X EP		61.99	38.01	4.8	4.4
110	X EC		65.94	34.06	4.5	4.1
111	X S		23.53	76.47	10.7	9.7
112	XI SP		51.74	48.26	7.5	6.8
113	XI SC		49.85	50.15	8.9	8.1
114	XI WP		53.11	46.89	7.2	6.5
115	XI WC		42.44	57.56	15.5	14.1
116	XI NP		45.57	54.73	4.3	3.9
117	XI NC		48.11	51.89	11.9	10.8
118	XI EP		57.07	42.93	5.0	4.5
119	XI EC		60.06	39.94	4.7	4.3
120	XI S		26.96	73.04	19.1	17.4
121	XII SP		58.32	41.68	4.8	4.4
122	XII SC		50.30	49.70	7.7	7.0
123	XII NP		56.69	40.31	2.1	1.9
124	XII NC		60.19	39.81	8.1	7.4
125	XIII SP		57.11	42.81	4.7	4.3
126	XIII SC		48.44	51.56	5.3	4.8
127	XIII NP		54.44	45.56	4.8	4.4
128	XIII NC		49.46	50.54	6.0	5.5
129	XIV		61.38	38.62	7.4	6.7
130	Gran-Bran- cheer-Aste	SG	39.46	60.54	6.8	6.2
131		SD	38.53	61.47	5.6	5.1
132		NG	30.26	69.74	9.7	8.8
133		ND	32.61	67.39	9.4	8.5

Tabela XII

Pinus silvestris L.

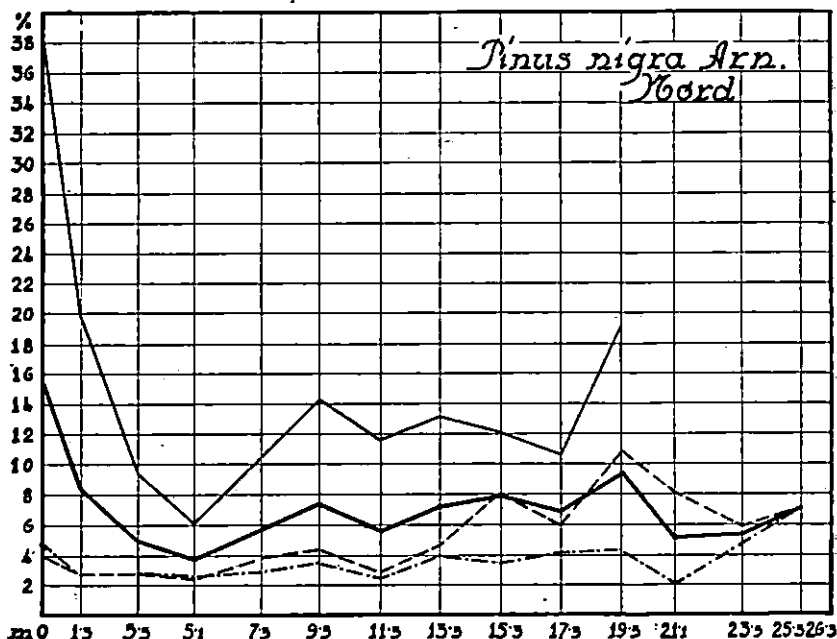
134	I	SP	61.68	38.32	16.0	14.6
135	I	SC	64.10	35.90	5.7	5.2
136	I	SS	23.58	76.12	27.7	25.2
137	I	WP	59.05	40.95	8.1	7.4
138	I	WC	65.40	34.60	5.0	4.5
139	I	WS	31.68	68.32	32.8	29.8
140	I	NP	39.61	60.39	23.1	21.0
141	I	NC	53.41	46.59	6.0	5.5
142	I	NS	32.39	67.61	24.5	22.3
143	I	EP	58.02	41.98	8.7	7.9
144	I	EC	61.05	38.95	4.1	3.7
145	I	ES	24.28	75.72	31.2	28.4
146	II	SP	68.28	31.72	4.4	4.0
147	II	SC	57.98	42.02	5.1	4.6
148	II	SS	21.26	78.74	15.8	14.4
149	II	WP	65.43	34.57	5.0	4.5
150	II	WC	61.36	38.64	4.2	3.8

151	II	WS	20.99	79.01	9.9	9.0
152	II	NP	66.80	33.20	5.9	5.4
153	II	NC	62.12	37.88	3.9	3.5
154	II	NS	25.76	74.24	6.7	6.1
155	II	EP	66.40	33.60	5.4	4.9
156	II	EC	60.55	39.45	3.9	3.5
157	II	ES	18.81	81.19	10.7	9.7
158	III	SP	67.30	32.70	3.9	3.5
159	III	SC	58.65	41.35	3.0	2.7
160	III	SS	21.77	78.23	6.0	5.5
161	III	WP	70.11	29.89	4.0	3.6
162	III	WC	55.59	44.41	3.7	3.3
163	III	WS	21.53	78.47	6.8	6.2
164	III	NP	65.97	34.03	3.4	3.1
165	III	NC	60.68	39.32	2.6	2.3
166	III	NS	22.35	77.65	4.7	4.3
167	III	EP	67.57	32.43	4.2	3.8

Analiza Analyse		Humidité Feuchtigkeit		Sirova smola Résine brute Rohharz		Analiza Analyse		Humidité Feuchtigkeit		Sirova smola Résine arute Rohharz	
Broj — Numéro — Nummer	Oznaka Désignation Bezeichnung	%	%	%	%	Broj — Numéro — Nummer	Oznaka Désignation Bezeichnung	%	%	%	%
		U suhoj tvari — Dans la substance sèche — In der Trocken- Substanz	Suha tvar — Substance sèche — Trocken-Substanz	U suhoj tvari — Dans la substance sèche — In der Trocken- Substanz	Suha tvar — Substance sèche — Trocken-Substanz			U klin-suhome drvetu — Dans le bois dessé- ché à l'air — Im klin- getrocknenen Holze	U klin-suhome drvetu — Dans le bois dessé- ché à l'air — Im klin- getrocknenen Holze		
168	III EC	61.16	38.84	3.5	3.2	205	VII ES	22.86	77.14	4.5	4.1
169	III ES	21.71	78.29	5.9	5.4	206	VIII SP	53.89	46.11	6.1	5.6
170	IV SP	68.69	31.31	3.7	3.3	207	VIII SS	21.69	78.31	6.9	6.3
171	IV SC	60.67	39.33	2.8	2.5	208	VIII WP	57.13	42.87	6.0	5.5
172	IV SS	21.52	78.48	4.0	3.6	209	VIII WS	17.32	82.68	5.8	5.3
173	IV WP	67.28	32.72	3.8	3.4	210	VIII NP	68.56	31.44	3.5	3.2
174	IV WC	55.20	44.80	3.3	3.0	211	VIII NS	19.88	80.12	8.7	7.9
175	IV WS	22.75	77.25	4.0	3.6	212	VIII EP	65.99	34.01	5.3	4.8
176	IV NP	68.84	31.16	4.1	3.7	213	VIII ES	20.84	79.26	8.0	7.2
177	IV NC	63.91	36.09	3.1	2.8	214	IX SP	58.17	41.83	9.4	8.5
178	IV NS	20.18	79.82	3.8	3.4	215	IX SS	20.30	79.70	7.8	7.1
179	IV EP	69.42	30.58	4.3	3.9	216	IX WP	66.41	33.59	4.5	4.1
180	IV EC	61.17	38.83	2.7	2.4	217	IX WS	24.49	75.51	9.8	8.9
181	IV ES	19.03	80.97	3.4	3.1	218	IX NP	70.34	29.66	4.6	4.2
182	V SP	64.43	35.57	3.4	3.1	219	IX NS	32.02	67.98	9.0	8.2
183	V SS	20.03	79.97	3.6	3.3	220	IX EP	66.75	33.25	4.6	4.2
184	V WP	66.20	33.80	3.3	3.0	221	IX ES	21.17	78.83	5.1	4.6
185	V WS	18.90	81.10	3.4	3.1	222	X SP	59.03	40.97	10.9	9.9
186	V NP	65.73	34.27	3.1	2.8	223	X SS	26.13	73.87	12.4	11.3
187	V NS	19.81	80.19	3.2	2.9	224	X WP	66.72	33.28	5.5	5.0
188	V EP	67.26	32.74	3.4	3.1	225	X WS	28.02	71.98	6.0	5.5
189	V ES	20.27	79.73	3.2	2.9	226	X NP	63.35	36.65	6.3	5.7
190	VI SP	64.44	35.56	5.5	5.0	227	X NS	22.48	77.52	5.1	4.6
191	VI SS	19.87	80.13	7.3	6.6	228	X EP	53.43	46.57	4.5	4.1
192	VI WP	66.14	33.86	3.5	3.2	229	X ES	20.57	79.43	7.8	7.1
193	VI WS	23.61	76.39	4.8	4.4	230	XI SP	56.92	43.08	2.9	2.6
194	VI NP	71.86	28.14	3.9	3.5	231	XI SS	21.83	78.17	7.0	6.4
195	VI NS	23.60	76.40	6.2	5.7	232	XI NP	64.90	35.10	3.2	2.9
196	VI EP	70.31	29.69	4.7	4.3	233	XI NS	25.52	74.48	6.9	6.3
197	VI ES	21.45	78.55	8.2	7.5	234	XII SP	55.45	44.55	10.0	9.1
198	VII SP	66.72	33.28	5.1	4.6	235	XII NP	63.73	36.27	3.8	3.4
199	VII SS	22.84	77.16	3.7	3.3	236	XII S*	22.73	77.27	4.0	3.6
200	VII WP	63.52	36.48	4.0	3.6	237	XIII S*	38.48	61.60	3.1	2.8
201	VII NP	19.38	80.62	5.8	5.3	238	XIII N*	32.59	67.41	3.1	2.8
202	VII WS	72.14	27.86	3.4	3.1	239	XIII N GG	36.88	63.12	7.5	6.8
203	VII NS	24.24	75.76	4.0	3.6	240	XIII N GD	39.18	60.82	4.3	3.9
204	VII EP	68.52	31.48	4.3	3.9	241	XIII N SG	38.61	61.39	5.0	4.5

Grane-Branches
Aste

U crnoga bora raspored težinskog procenta smolovitosti jest nepravilniji nego u bijeloga bora. I u jednoga i u drugoga bora dva su maksima smole. Prvi se nalazi u žilištu. Otuda procenat smole naglo pada u depresiju, koja kod crnog bora leži u visini između 3'3 i 5'1 m, kod bijeloga bora u visini između 5'3 do 7'3 m. Počevši od ove depresije procenat smolovitosti se diže u nepravilnoj crti, kulminira kod 19'3 m i odavle pada prema vrhu. Drugi maksimum nalazi se u ovršini stabla. On je najizrazitiji u Sud — i West — kvadrantu, dakle na onim stranama debla, koja nose najveći volumen krošnje. U posljednja dva metra ovršine procenat smolovitosti ponovo raste.



Sl. 14. Raspodjela sirove smole u longitudinalnome smjeru debla

Fig. 14. Répartition de la résine brute en sens longitudinal du fût

Abb. 14. Verteilung des Rohharzes in der Längsrichtung des Schafles

Apsolutno suho drvo — Bois absolument desséché — Absolut trockenes Holz

— · — · — Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

— — — — Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

————— Srž — Duramen — Kern

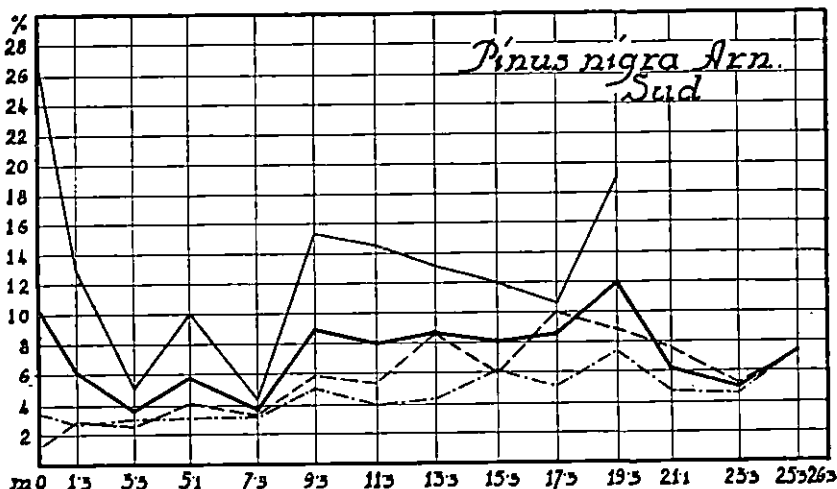
ISPRAVCI

Na slici 14, 15 znači:

— Srž

— Prosječna sadržina sirove smole

Na stranici 85, redak 18 odozgo, iza riječi „u visini“ dodaj
„od 23,3 m, za *Pinus silvestris* L. u visini“



Sl. 15. Raspodjela sirove smole u longitudinalnom smjeru debla

Fig. 15. Répartition de la résine brute en sens longitudinal du fût

Abb. 15. Verteilung des Rohharzes in der Längsrichtung des Schafles

Apsolutno suho drvo — Bois absolument desséché — Absolut trockenes Holz

— · — · — Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

— — — Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

——— Srž — Duramen — Kern

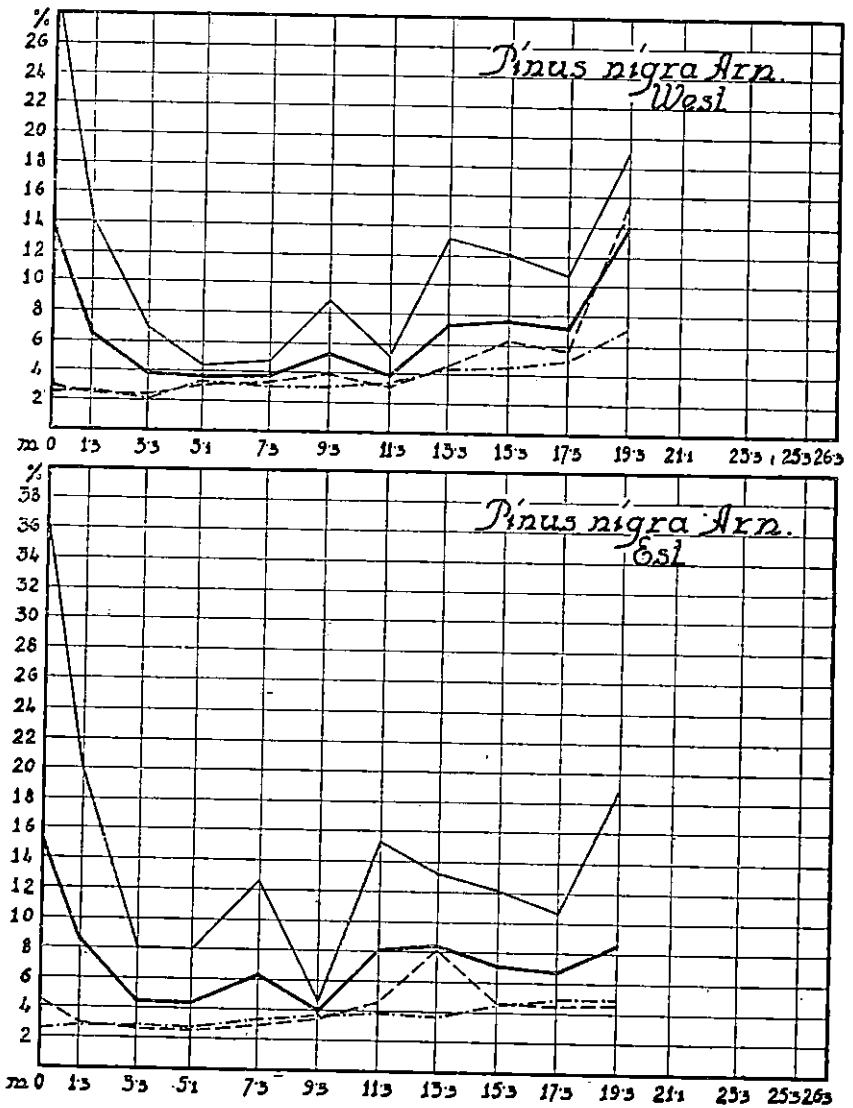
Medusobne razlike u smolovitosti bijeli i smolovitosti srži znatno su veće u crnoga nego u bijeloga bora. Naročito je nepravilan procenat smolovitosti srži u crnoga bora. Procenat smole bijeli — naročito njene periferne česti — u crnoga bora znatno je niži od procenta smole u srži.

Periferna čest bijeli — koja je od naročite važnosti po tehniku smolarenja — najbogatija je smolom u najdonja tri metra. Njeno je bogatstvo veće kod bijeloga nego kod crnoga bora. Iz toga je jasno da je posve ispravno empirijom utvrđeno gledište, da se smolarenjem dubećih stabla iskorišćavaju samo donja tri metra visine. Dalje slijedi, da je po povoljni produktivitet smolarenja od važnosti, da se primarna kara otvara — kod bijeloga bora — što niže na deblu.

Volumni procent smole u deblovinu jest ovaj:

Jedan m³ kiln-suhoga drveta sadržaje smole:

	Periferna čest bijeli	Unutrašnja čest bijeli	Bijel	Srž	Prosječno
u crnoj borovini	20'3 kg	22'1 kg	22'5 kg	76'4 kg	31'7 kg
u bijeloj borovini	18'4 „	16'8 „	17'6 „	33'7 „	26'1 „



Sl. 16, 17. Raspodjela sirove smole u longitudinalnom smjeru debla

Fig. 16, 17. Répartition de la résine brute en sens longitudinal du fût

Abb. 16, 17. Verteilung des Rohharzes in der Längsrichtung des Schaftes

Apsolutno suho drvo — Bois absolument desséché — Absolut trockenes Holz

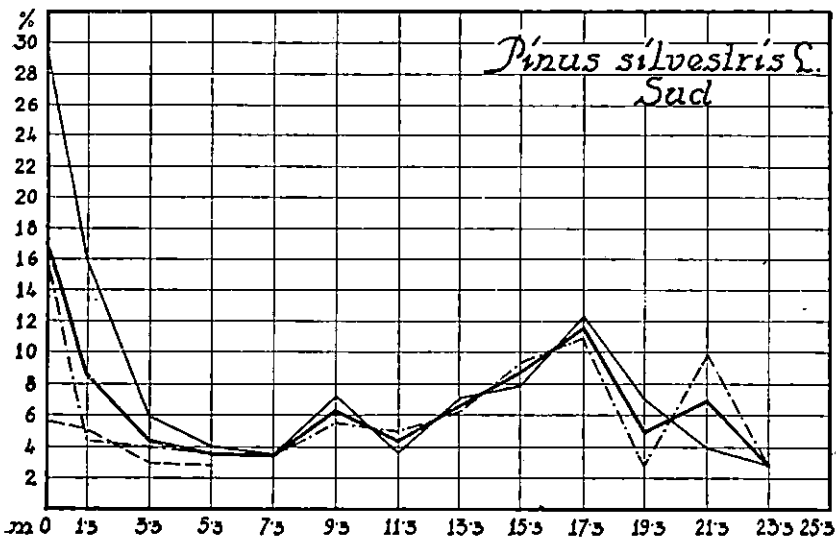
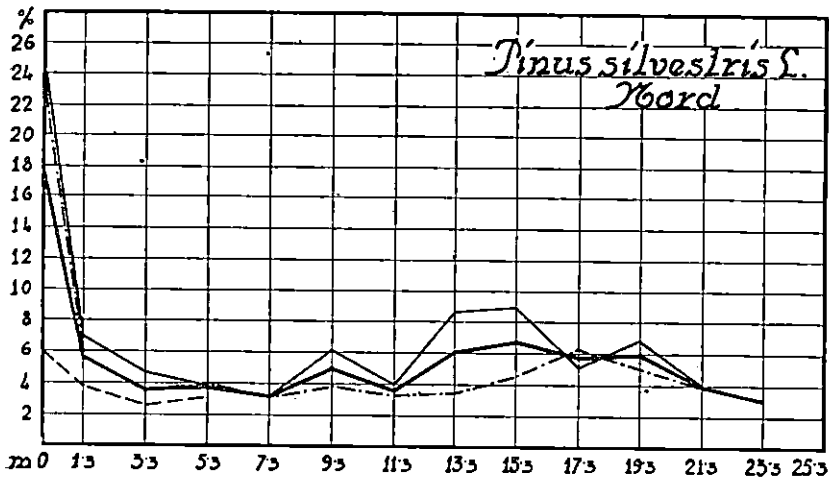
— . . . — Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

— — — Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

— — — — — Siž — Duramen — Kern

— — — — — Prosječna sadržina sirove smole — Quantité moyenne de la résine brute

— — — — — Durchschnittsgehalt des Rohharzes



Sl. 18, 19. Raspodjela sirove smole u longitudinalnom smjeru debla

Fig. 18, 19. Répartition de la résine brute en sens longitudinal du fût
Abb. 18, 19. Verteilung des Rohharzes in der Längsrichtung des Stammes

Apsolutno suho drvo — Bois absolument desséché — Absolut trockenes Holz

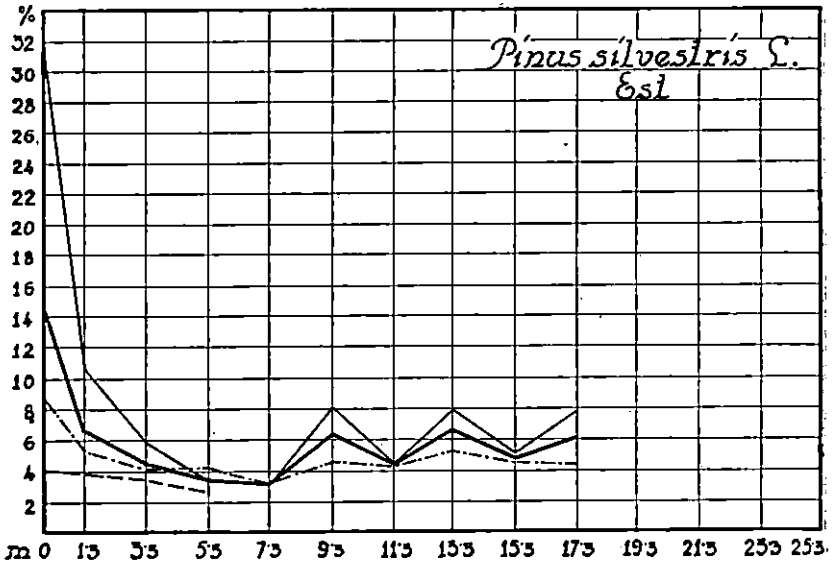
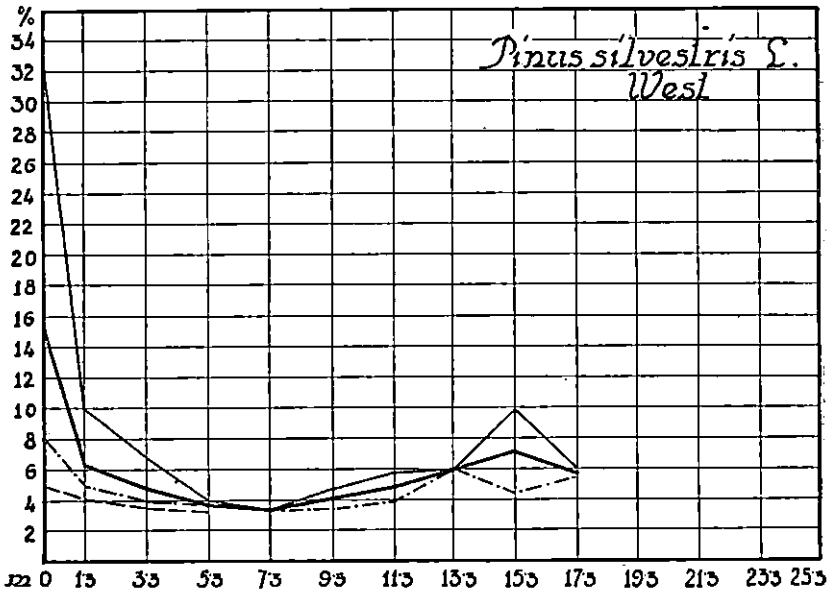
— — — Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

- - - Unutrašnja čest bijeli — Partie inférieure d'aubier — Innerer Splintteil

— — — Srž — Duramen — Kern

— — — Prosječna sadržina sirove smole — Quantité moyenne de la résine brute

— — — Durchschnittsgehalt des Rohharzes



Sl. 20, 21. Raspodjela sirove smole u longitudinalnom smjeru debla

Fig. 20, 21. Répartition de la résine brute en sens longitudinal du fût
 Abb. 20, 21. Verteilung des Rohharzes in der Längsrichtung des Schaftes
 Apsolutno suho drvo — Bois absolument desséché — Absolut trockenes Holz

— . . . — Spoljašnja čest bijeli — Partie extérieure d'aubier — Äusserer Splintteil

— — — Unutrašnja čest bijeli — Partie intérieure d'aubier — Innerer Splintteil

— — — Srž — Duramen — Kern

— — — Prosječna sadržina sirove smole — Quantité moyenne de la résine brute
 — — — Durchschnittsgehalt des Rohharzes

Količina sirove smole u kiln-suhom drvetu

Quantität des Rohharzes in dem kiln-trockenen Holze

Quantité de la résine brute dans le bois desséché à kiln

Apsolutne težine sirove smole

Poids absolus de la résine brute

Absolute Gewichte des Rohharzes

Tabela XIII

Pinus nigra Arn.

Tabela XV

Pinus nigra Arn.

Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier — Splint			Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern	Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier — Splint			Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern
	Spo- ljasnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen				Spo- ljasnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen		
	P	C	B				P	C	B		
	‰	‰	‰				‰	‰	‰		
1	2.7	2.6	2.6	22.5	9.3	1	0.801	1.972	2.773	6.010	8.783
2	2.4	2.4	2.4	10.9	5.2	2	0.719	1.947	2.666	3.554	6.222
3	2.5	2.6	2.5	6.6	3.9	3	0.553	1.677	2.230	1.711	3.941
4	2.8	2.9	2.8	6.5	3.9	4	0.631	1.963	2.594	1.673	4.267
5	3.2	3.5	3.3	8.2	4.8	5	0.591	1.928	2.519	1.697	4.216
6	3.3	3.8	3.5	10.2	5.8	6	0.547	1.866	2.413	1.873	4.286
7	3.4	4.7	4.0	11.3	6.5	7	0.549	2.071	2.620	1.695	4.315
8	3.9	5.8	4.8	11.5	7.1	8	0.611	2.286	2.897	1.422	4.319
9	4.3	5.8	5.0	10.3	6.8	9	0.663	1.781	2.444	0.941	3.395
10	4.9	7.6	6.2	13.5	8.7	10	0.750	1.679	2.429	0.685	3.114
11	4.4	8.2	6.2	15.2	9.3	11	0.566	1.050	1.616	0.232	1.848
12	3.7	6.1	4.9	11.1	7.0	12	0.419	0.484	0.903	0.055	0.958
13	5.5	5.9	5.7	—	5.7	13	0.221	0.126	0.347	—	0.347
						14	0.020	0.002	0.022	—	0.022
						Σ	7.641	20.832	28.473	21.548	50.033

Tabela XIV

Pinus silvestris L.

Tabela XVI

Pinus silvestris L.

1	8.7	4.2	6.4	18.1	10.3	1	1.172	1.295	2.467	7.332	9.799
2	4.1	3.3	3.7	7.5	5.0	2	0.561	0.849	1.410	3.960	5.370
3	3.5	2.8	3.1	4.3	3.5	3	0.416	0.539	0.955	1.949	2.904
4	3.3	2.7	3.0	3.2	3.1	4	0.358	0.396	0.754	1.225	1.979
5	3.5	—	3.5	4.5	4.0	5	0.377	0.421	0.798	1.594	2.392
6	3.9	—	3.9	5.0	4.5	6	0.419	0.377	0.796	1.564	2.360
7	4.3	—	4.3	5.4	4.9	7	0.409	0.275	0.684	1.448	2.132
8	5.0	—	5.0	6.9	6.0	8	0.440	0.260	0.700	1.557	2.257
9	5.7	—	5.7	7.1	6.4	9	0.619	0.255	0.874	1.280	2.154
10	4.4	—	4.4	6.7	5.6	10	0.499	0.158	0.657	0.950	1.607
11	4.4	—	4.4	4.9	4.7	11	0.376	0.109	0.485	0.383	0.868
12	4.5	—	4.5	3.2	3.8	12	0.238	0.042	0.280	0.063	0.343
						13	0.063	—	0.063	0.003	0.066
						Σ	5.947	4.976	10.923	23.308	34.231

Jedno deblo crnoga bora kubne sadržine 1'54955 m³, apsolutne težine 976'881 kg sadržaje 50'033 kg sirove smole.

Jedno deblo bijeloga bora kubne sadržine 1'30946 m³, apsolutne težine 597'463 kg sadržaje 34'231 kg sirove smole.

Pored istraživanja deblovine izvršili smo i istraživanja o sadržaju sirove smole u granjevini. Rezultati tih istraživanja prikazani su na kraju tabele XI, XII. Iz tih podataka izračunati srednji procenat sirove smole iznosi:

	u apsolutno suhoj granjevini	u kiln-suhoj granjevini
za <i>Pinus nigra</i> Arn.	79%	72%
za <i>Pinus silvestris</i> L.	56%	51%

Znači, procenat sirove smole u granjevini veći je u crnoga nego u bijeloga bora. On je viši od procenta smolovitosti čistoga debla i približno jednak onome u deblu unutar krošnje.

SADRŽAJ VODE

Istraživanje procenta vode izvršeno je uporedo sa istraživanjem procenta smolovitosti. Ali nama niti je bila naročita namjera niti je ovom prilikom bilo moguće da istražimo i prikazemo reparticiju vode u stablu sa apsolutnom tačnošću. Isparavanje vode sa frontalnih rezova tankih kolutova sirovog drveta, kojima se manipulira u laboratoriju, vrši se nejednomjerno. Tu nejednomjernost nije lako eliminovati ili čak svesti na stepen apsolutne jednakosti. Nejednomjerno isparavanje nužna je posljedica vremenskoga intervala, u kome je vršeno priređivanje proba za kemijsku analizu. Istina, upotrebljene su sve u tehnološkom radu običajne mjere opreznosti. Koluti su usitnjavani piljenjem čim su iz terena stigli a ostali su čuvani u hladnoj prostoriji. Periferne, dakle najjače evaporisane česti, nisu uopće upotrebljene, a usitnjene česti do časa analiza spremljene u dobro zatvorene staklene posude. Ali dok je došao na red da se usitni posljednji kolut, proteklo je ipak 20 dana. Prema tome, izvjestan procenat vode morao je evaporisati za vrijeme ležanja kolutova u laboratoriju.

Iz toga razloga ne mogu se podaci o sadržaju vode smatrati ni među se posve ekvivalentni ni apsolutno tačni. Mi ih donosimo samo za orijentaciju.

Srednja količina vlage

Quantité en eau moyenne
Mittlerer Wassergehalt

Tabela XVII

Pinus nigra Arn.

Tabela XVIII

Pinus silvestris L.

Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier — Splint					Sredina Moyenne Mittel	Sredina Moyenne Mittel	Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier — Splint					Sredina Moyenne Mittel
	Sekoja - Section Sektion			Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern				Sekoja - Section Sektion			Srž - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern	
	Spo- ljašnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen						Spo- ljašnja čest Partie ex- térieure Aus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen			
	P	C	B						S	BS	P			
‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰	‰					
1	49.29	51.79	50.54	25.63	42.24		1	60.66	61.36	61.01	24.78	48.93		
2	52.02	52.28	52.15	23.78	42.69		2	67.23	60.38	63.80	21.77	49.79		
3	53.75	53.28	53.51	22.83	43.28		3	68.14	59.64	63.89	21.36	49.71		
4	56.31	59.46	57.88	27.04	49.33		4	67.13	60.27	63.70	20.31	47.06		
5	56.56	62.16	59.34	26.71	49.37		5	67.04	—	67.04	20.94	43.99		
6	57.56	57.85	57.70	24.79	46.73		6	67.96	—	67.96	22.23	45.10		
7	60.50	55.38	57.94	26.76	50.62		7	64.56	—	64.56	21.13	42.84		
8	61.73	55.95	58.84	25.29	55.11		8	63.40	—	63.40	22.21	42.80		
9	64.45	58.84	61.64	24.02	57.45		9	63.03	—	63.03	24.40	43.71		
10	59.17	55.62	57.29	25.24	53.83		10	63.20	—	63.20	24.08	43.64		
11	54.69	52.67	53.68	23.53	38.65		11	60.25	—	60.25	—	41.49		
12	56.64	54.60	55.62	—	55.62		12	—	—	—	—	37.52		
13	—	—	—	—	58.50									
Sredina Moyenne Mittel	56.89	55.82	56.34	25.06	49.49		Sredina Moyenne Mittel	64.78	60.41	63.80	22.32	44.71		

Kako se iz tabela br. XI, XII, XVII i XVIII vidi, borovina (deblovina) pokazuje — usprkos prilično dugog ležanja — srazmjerno visok procenat vlage. Taj se procenat kreće od 18'81% do 82'00% kod crnoga bora i 17'32% do 72'14% kod bijeloga bora. Procenat vlage obračunat je na osnovu težine sirovoga drveta.

Procenat vode u bijeli veći je nego u srži. No periferna i unutrašnja čest bijeli ne vladaju se jednako.

Crna borovina bogatija je vodom nego bijela.

Pored istraživanja količine vode u deblovini izvršivali smo takova istraživanja i u granjevini. Rezultat tih istraživanja prikazani su na kraju tabela XI, XII. Iz tih podataka izračunati srednji procenat vlage iznosi:

za <i>Pinus silvestris</i> L.	38'22%	} od težine sirovoga drveta
za <i>Pinus nigra</i> Arn.	35'21%	

ŠIRINA GODOVA I ŠIRINA ZONE KASNOGA DRVETA

Podaci o širini godova prikazani su u tabelama XIX i XX i na slici 22, 23.

Oba istražena stabla pokazuju vanredno uzane godove. Ta malena širina godova očita je posljedica klimatskih i stanišnih prilika, koju ne treba naročito objašnjavati. Kod crnoga bora širina goda kreće se između 0'98 do 1'48 mm. Ona pada počevši od žilišta (1.23 mm) do visine do 7'3 m (1'13 mm) i odatle raste do visine od 21'1 m (1.48 mm), odakle ponovo pada do vrha (0'98).

Kod bijeloga bora širina goda kreće se između 0'24 do 2'61 mm. Ona pada počevši od žilišta (1'36 mm) do visine od 3'3 m (1'21 mm), odatle se nepravilno kreće do visine od 19'3 m i otuda pada do 23'3 m (0'59 mm) da ponovo poraste do vrha (0'99 mm).

Podaci o širini zone kasnoga drveta prikazani su u tabelama XXI, XXII i na slici 22, 23. Procentualno učešće kasnoga drveta i kod crnoga i kod bijeloga bora pada pravilno od žilišta prema vrhu. Kod crnoga bora kreće se procenat učešća kasnoga drveta od 6—55%, kod bijeloga bora od 5—27%. Taj je procenat viši u crnoga nego u bijeloga bora. Crta, koja pokazuje učešće kasnoga drveta, u glavnome je paralelna sa crtom, kojom je predočena specifična težina. Iz grafikona (sl. 22, 23,) razbire se taj paralelizam. Na izvjesnim mjestima taj paralelizam nije posve izrazit. Crta specifične težine čini devijaciju na onim mjestima, gdje je procenat smole u porastu. Znači, specifična težina crne i bijele borovine

Prosječne širine godova

Epaisseurs moyennes des couches
annuelles
Durchschnitts-Breiten der
Jahresringe

Prosječne širine zona kasnoga drveta

Epaisseurs moyennes des zones
de bois d'automne
Durchschnitts-Breiten der Zonen
des Spätholzes

Tabela XIX

Pinus nigra Arn.

Tabela XXI

Pinus nigra Arn.

Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier — Splint			Srz - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern	Broj - Numéro Nummer	Bijel Aubier — Splint			Srz - Duramen Kern	Bijel i srž Aubier et duramen Splint und Kern											
	Sjekcija - Section Sektion	Spo- ljasnja čest Partie ex- térieure Äus- serer Teil	Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil				Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen	Sjekcija - Section Sektion	Spo- ljasnja čest Partie ex- térieure Äus- serer Teil			Unu- trašnja čest Partie in- térieure Innerer Teil	Čitava bijel Aubier total Splint im Ganzen	S	BS	S	BS					
																		P	C	B	S	BS
																		mm	mm	mm	mm	mm
1	0.92	1.15	1.08	1.40	1.22	1	51	47	48	34	43											
2	0.80	1.12	1.03	1.53	1.23	2	49	44	45	37	43											
3	0.71	1.08	0.97	1.61	1.27	3	49	42	44	35	41											
4	0.65	1.09	0.95	1.53	1.15	4	48	41	43	31	38											
5	0.63	1.10	0.95	1.57	1.18	5	43	37	38	24	33											
6	0.63	1.12	0.97	1.73	1.22	6	41	33	35	17	29											
7	0.67	1.17	1.00	1.80	1.25	7	43	32	36	14	29											
8	0.70	1.26	1.05	1.82	1.29	8	39	27	31	12	26											
9	0.81	1.36	1.14	2.05	1.37	9	34	20	26	10	22											
10	1.95	3.11	1.28	1.91	1.42	10	32	17	24	11	21											
11	1.12	1.80	1.43	1.51	1.45	11	26	15	21	8	17											
12	1.36	1.62	1.45	1.46	1.45	12	20	10	15	6	14											
13	1.37	1.15	1.28	—	1.28	13	16	9	13	—	—											
14	1.10	0.96	1.06	—	1.06	14	12	10	11	—	—											

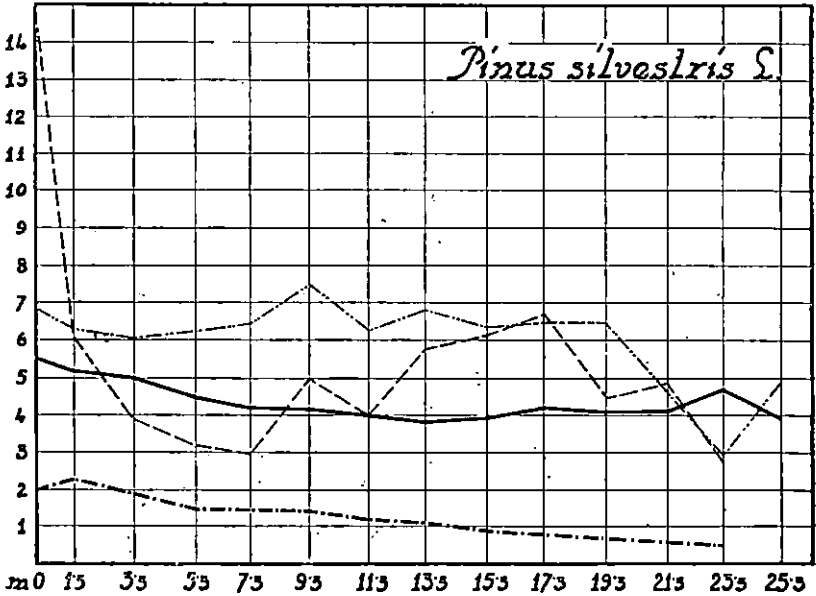
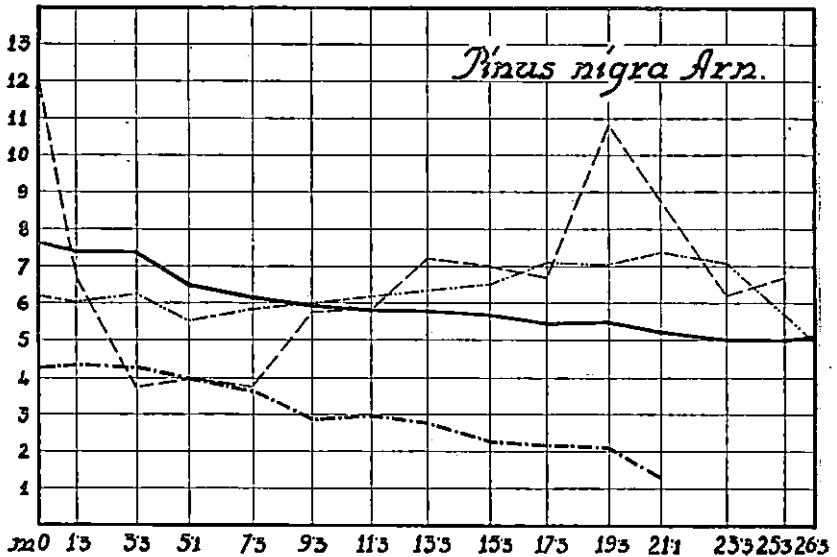
Tabela XX

Pinus silvestris L.

Tabela XXII

Pinus silvestris L.

1	0.53	1.15	0.92	1.68	1.31	1	24	25	24	18	21
2	0.36	0.89	0.78	1.54	1.23	2	22	22	22	20	21
3	0.35	0.80	0.70	1.54	1.23	3	17	18	17	17	17
4	0.36	0.74	0.64	1.61	1.27	4	15	17	16	15	15
5	0.35	0.73	0.62	1.77	1.40	5	15	15	15	14	14
6	0.38	0.74	0.62	1.69	1.38	6	13	12	12	13	13
7	0.39	0.73	0.63	1.62	1.31	7	11	10	11	12	11
8	0.41	0.76	0.62	1.60	1.32	8	10	10	10	10	10
9	1.53	0.87	0.70	1.48	1.30	9	9	8	9	9	8
10	0.60	1.09	0.84	1.50	1.31	10	8	8	8	9	8
11	0.68	1.25	0.85	1.29	1.11	11	6	9	6	8	6
12	0.70	—	0.70	0.83	0.75	12	5	—	5	5	5
13	0.81	—	0.81	0.58	0.79	13	5	—	5	5	5



Sl. 22, 23. Odnos između specifične težine, količine sirove smole, širine godova i širine zone kasnoga drveta

Fig. 22, 23. Relation entre le poids spécifique, quantité de la résine brute, épaisseur des couches annuelles et épaisseur du bois d'automne

Abb. 22, 23. Verhältniss zwischen dem spezifischen Gewicht, Rohharzgehalt, Breite der Jahrringe und Breite des Spätholzanteiles

Kiln-suho drvo — Bois desséché à kiln — Kiln-trockenes Holz

Specifična težina — Poids spécifique — Spezifisches Gewicht

Širova smola u % — Résine brute en p. c. — Rohharz in %

Širina goda u mm (50 puta uvećana) — Epaisseur des couches annuelles en mm (aggrandie 50 fois) — Breite der Jahrringe in mm (50 mal vergrößert)

Širina zone kasnoga drveta u % — Epaisseur de la zone du bois d'automne en p. c. — Breite des Spätholzanteiles in %

jest funkcija širine zone kasnoga drveta od česti i procenta smole. Ona nije funkcija same širine godova. Naprotiv, iz grafikona (na sl. 22, 23) se razbire da je procenat smole funkcija širine godova, iako ta funkcionalnost nije onako očita, kao između specifične težine i zone kasnoga drveta.

RASPORED SPECIFIČNE TEŽINE U SVOM ODNOSU NAPRAMA STATIČKOJ GRADI STABLA

Ako dubeće deblo uzmemo na oko kao vertikalni nosilac, onda raspored njegove specifične težine ima i svoj statički smisao.

Taj se statički smisao očituje u dva smjera.

Prvo, činjenica da maksimum specifične težine nije smješten u centru srži već van njega kao i paralelizam između specifične težine i čvrstoće dokazan po Janki (Janka 1909), daju pravo zaključivati, da u donjoj česti debbla — naročito ispod njegovo težišta — ne vrši zadatak nosača centralna već periferna čest srži. Na taj je način donja čest debbla slična šupljemu vertikalnome nosiocu.

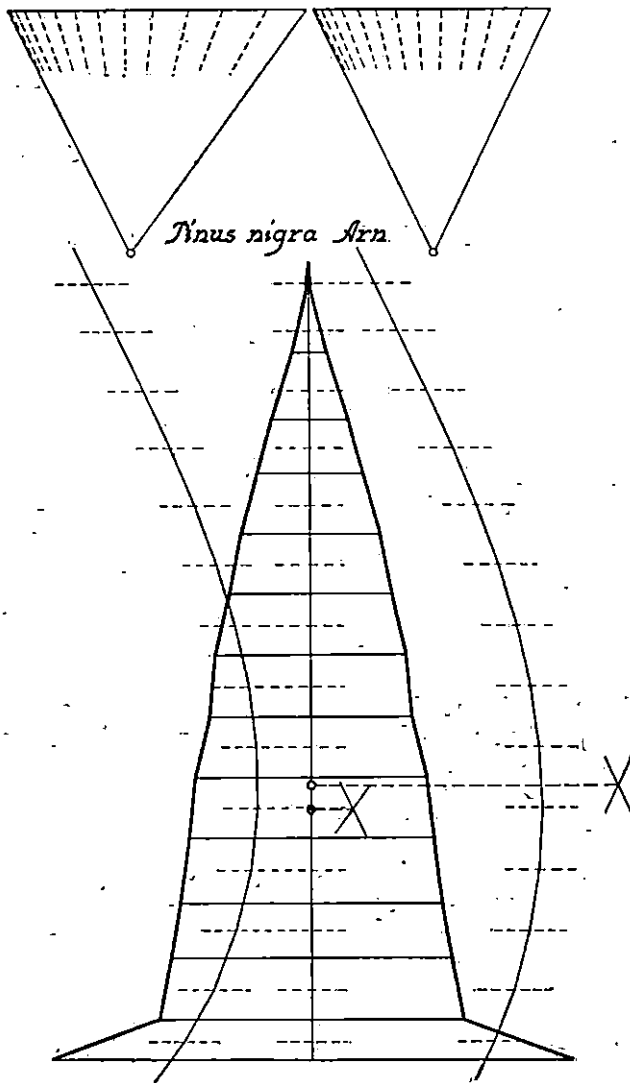
Drugo, dokazali smo da maksimum specifične težine dubećeg stabla leži u žilištu a njen minimum u vrhu, odnosno da specifična težina drveta kod dubećega stabla pada sa njegovom visinom. Očito je da taj raspored specifične težine mora da bude od upliva na položaj težišta a prema tome i na stabilitet dubećeg stabla.

Statički smisao rasporeda specifične težine u dubećemu stablu može se dokazati na ovaj način.

Poprečne plohe kolutova nanesu se u izviesnom mjerilu oko neke vertikalne osovine a visine sekcija u smjeru te osovine. Time se dobija rotaciono tijelo rastavljeno u horizontalne lamele, koje pretstavljaju kubne sadržine odnosnih sekcija.

Težišta rotacionog tijela određena su grafičkim načinom uz pomoć užetnih poligona (slika 24, 25). Prvo određivanje težišta izvršeno je uz pretpostavku da je čitavo tijelo homogeno, to jest naskroz iste specifične težine. Drugo određivanje težišta izvršeno je u pretpostavci, da je tijelo nehomogeno to jest da je raspored specifičnih težina onakav, kako su pokazala naša istraživanja. Konstrukcija pokazuje da je faktično težište anizotropnoga debbla crnoga i bijeloga bora niže no bi ono bilo d su debbla posve homogena.

Ako pretpostavimo da je deblo homogeno tijelo, njegovo težište leži za crni bor u 0'344, za bijeli bor 0'340 totalne visine. Viši položaj težišta kod crnoga bora razumljiv je iz njegovog većeg cilindriciteta. Ako uzmemo na um faktičnu anizotropnost debbla, iznosi udaljenost faktičnoga težišta debbla do tla kod crnoga bora 0'313, kod bijeloga bora 0'318 totalne vi-



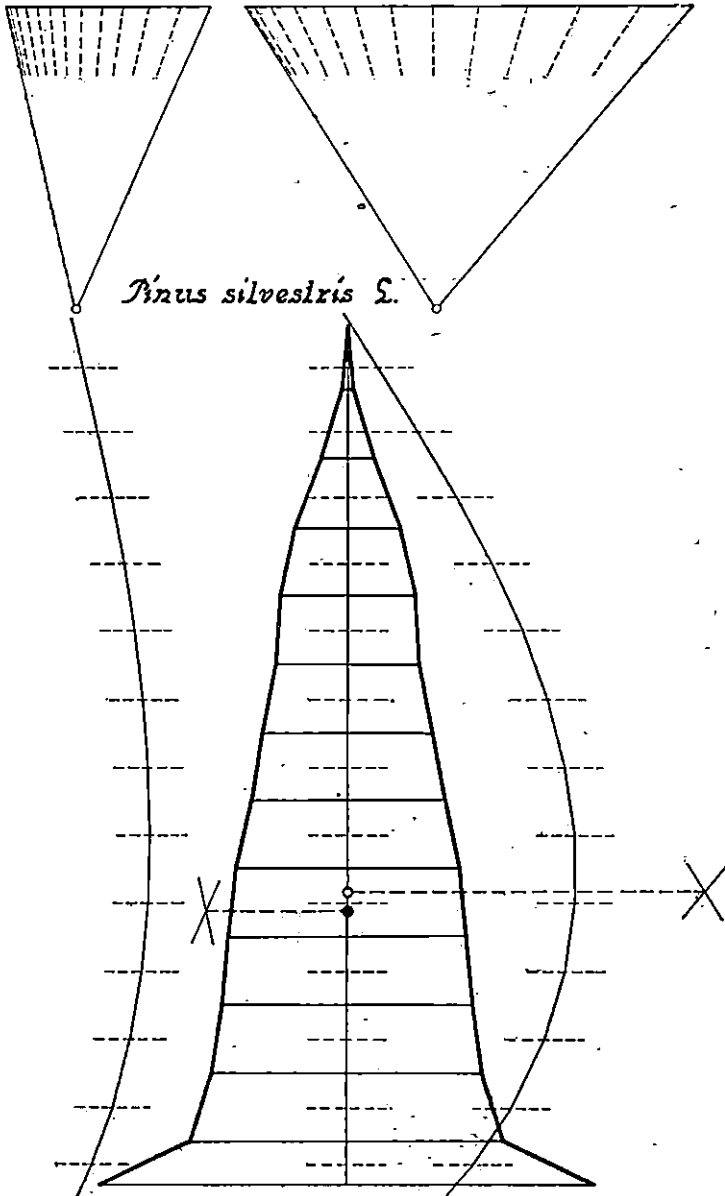
Sl. 24. Spuštanje težišta debećega debla radi uvećavanja specifične težine prema žiljstu slabla

Fig. 24. Abaissement du centre de gravité du fût à cause d'agrandissement du poids spécifique vers la palte de la lige

Abb. 24. Das Herabsinken des Schwerpunktes des Schaftes zufolge der Vergrößerung des spezifischen Gewichtes gegen den Wurzelanlauf des Stammes zu

○ Težište homogenoga tijela — Centre de gravité du corps homogène — Schwerpunkt des homogenen Körpers

● Faktično težište debla kao anizotropnoga tijela — Centre de gravité réel du fût comme corps anisotrope — Faktischer Schwerpunkt des Schaftes als anisotropen Körpers



Sl. 25. Spuštanje težišta dubjećega debla radi uvećavanja specifične težine prema žiljštu stabla

Fig. 25. Abaissement du centre de gravité du fût à cause d'agrandissement du poids spécifique vers la patte de la tige

Abb. 25. Das Herabsinken des Schwerpunktes des Schaftes zufolge der Vergrößerung des spezifischen Gewichtes gegen den Wurzelanlauf des Stammes zu

○ Težište homogenoga tijela — Centre de gravité du corps homogène — Schwerpunkt des homogenen Körpers

● Faktično težište debla kao anizotropnoga tijela — Centre de gravité réel du fût comme corps anisotrope — Faktischer Schwerpunkt des Schaftes als anisotropen Körpers

sine. Težište se spušta kod crnoga bora za 82 cm, kod bijeloga bora za 56 cm. U relaciji prema težištu homogenoga debla faktično težište debla spušta se kod crnoga bora za 91%, kod bijeloga bora za 6%. Spuštanje težišta srazmjerno je jače kod crnoga bora, u koga je pad promjera manji a cilindricitet veći. Dok se samim cilindricitetom diže težište debla homogene mase, znači spuštavanje faktičnoga težišta paralisanje toga dizanja, dakle uvećavanje stabiliteta dubčega debla.

ZAKLJUČAK

Po prethodnom opisu objekta, koji je istraživani, prikazuju autori metodiku njihova rada. Od naročite je važnosti metodika kemijsko-istraživačkoga rada. Ona se sastojala u ovome.

Kvantitativno smo odredili u drvu suhu tvar, vlagu i smolu ovako. Drvo smo najprije fino raspili i iz nastale piljevine napravili srednji uzorak.

20 g od svakog srednjeg uzorka stavili smo u staklenu tikvicu sadržine 150 do 200 cc i prethodno ga osušili na vodenoj kupelji kod ca 80°C i u struji očišćenog i suhog CO₂. Pare, koje kod toga prethodnog sušenja izlaze, kondenzirali smo u hladilu i kondezat hvatali u malu staklenu tikvicu. Kondenzat smo izmućkali sa eterom, eter oprezno isparili i hlapljive terpe ne zaostale u tikvici nakon ohlađenja u eksikatoru vagali. Nadenu količinu tih terpena pribrojili smo kasnije ostaloj količini smole nađene u drvu.

Ovako prethodno osušene uzorke prenijeli smo kvantitativno u posudice za vaganje i do kraja ih osušili u parnom, zatvorenom sušioniku kod ca 80°C i u struji čistog i suhog CO₂ i nad CaCl₂. Prethodnim pokusima utvrdili smo, da su za dosušivanje potrebna 4 sata. Ako sušimo duže, gubi drvo na težini tek dijelove jednoga mg zato smo sve uzorke drva ovako sušili.

Odvagnuli smo 6 do 8 g ovako osušene piljevine i ekstrahirali je u Soxhletovom aparatu 14 sati sa čistim, suhim eterom. Ovdje smo opet prethodnim pokusima utvrdili, da je za kvantitativnu ekstrakciju smole iz drva dostatna četrnaest-satna ekstrakcija sa eterom. Nakon što smo eter oprezno isparili te nakon što se ekstrahirana smola u eksikatoru ohladila, ustanovili smo vaganjem težinu dobivene smole. Rezultati navedeni u tabeli XI i XII zaokruženi su i izraženi na jednu decimalu procenta.

Autori dolaze do ovih zaključaka.

1) Drvo je tvar odnosno tijelo velike anizotropnosti. Ova je anizotropnost naročito izrazita u transverzalnom i u longitudinalnome smjeru debla. Najvažnije mjerilo anizotropnosti drveta jest njegova specifična težina.

2) Specifična težina borovine istoga stabilnoga individua kreće se u vrlo širokim granicama. U transverzalnome smjeru ona varira za *Pinus nigra* Arn. od 11 do 63%, za *Pinus silvestris* L. od 28 do 98%. U longitudinalnome smjeru ona varira za *Pinus nigra* Arn. od 81 do 107%, za *Pinus silvestris* L. od 95 do 134%. (Vidi tabele I, II).

3) U transverzalnome smjeru ne pada specifična težina borovine jednomjerno od centra prema periferiji. Ta je pravilnost poremećena depresijama u srži, koje se javljaju u donjoj česti debla — a naročito ispod težišta dubećeg debla — kao i lokalnim porastom specifične težine od unutrašnje prema spoljašnjoj česti bijeli. (Vidi tabele I, II, III, IV i slike 2, 3, 4, 5).

4) U longitudinalnome smjeru srednja specifična težina borovine pada od žilišta prema vrhu. Ako se njen minimum uzme jednak jedinici, iznaša maksimum za *Pinus nigra* Arn. 1'52, za *Pinus silvestris* L. 1'45. Maksimum leži u najdonjem kolutu a minimum za *Pinus nigra* Arn. u visini od 13'30 m. (Vidi odnosne tabele i slike 6 do 13).

5) Razlike u specifičnoj težini srži i bijeli mnogo su pravilnije u bijeloga nego u crnoga bora. (Vidi slike 2 do 5, 6 do 13).

6) Razlike u specifičnoj težini prema ekspozicijama debla postoje, no one u međusobnoj relaciji ne pokazuju pravilnosti. (Vidi slike 6 do 13).

7) Raspored kvantuma fiziološke sirove smole u deblu pokazuje dva maksima. Jedan je u žilištu, drugi u onoj česti debla, koja se nalazi unutar krošnje. Od žilišta pada procenat smole u depresiju, koja leži u deblu bez grana u visini od 3'3 m do 5'1 m kod crnoga bora, a u visini od 5'3 m do 7'3 m kod bijeloga bora. (Vidi tabele XIII i XIV i slike 14 do 23).

8) Sadržaj fiziološke sirove smole kao i varijabilnost toga kvantuma veći su u srži nego u bijeli. (Vidi tabele XV i XVI i slike 14 do 23).

9) Sadržaj sirove smole u jednome kubnome metru kiln-suhe borovine iznosi:

	Periferna čest bijeli	Unutrašnja čest bijeli	Bijel	Srž	Prosječno
u crnoj borovini	20'3 kg	22'1 kg	22'5 kg	76'4 kg	31'7 kg
u bijeloj borovini	18'4 „	16'8 „	17'6 „	33'7 „	26'1 „

10) Srednji sadržaj vode sirove borovine kreće se u ovim granicama:

za *Pinus nigra* Arn. bijel od 50 do 62%, srž od 23 do 27%,
za *Pinus silvestris* L. „ od 60 do 68%, srž od 20 do 25%.
(Vidi tabele XI, XII).

11) Specifična težina borovine izrazita je funkcija učešća kasnoga drveta, od česti i smole. Što veće je učešće kasnoga

drveta, što viši je procenat smole, to veća je specifična težina borovine. Upliv smole na specifičnu težinu zapaža se u žilištu i u krošnji. Količina fiziološke sirove smole do izvjesne je granice funkcija širine goda. (Vidi tabele XIII, XIV, XIX, XX i slike 14 do 23).

12) Raspored specifične težine u deblu ima i svoj statički smisao. Umanjivanje specifične težine u centru srži a njeno uvećavanje van centra srži potsjeća na građu šupljeg vertikalnog cilindričkog nosioca. Kao posljedica uvećavanja specifične težine u donjoj česti debla spušta se težište debla za 91% kod crnoga a za 65% kod bijeloga bora. To spuštanje težišta uvećava stabilitet debla. (Vidi slike 24, 25). Kod crnoga bora, čiji je cilindricitet veći, dakle potreba stabiliteta veća, to je spuštanje težišta jače nego u bijeloga bora.

Résumé

Après avoir décrit l'objet de leurs recherches les auteurs exposent la méthode de leur travail. Surtout la méthode des recherches chimiques est important.

La détermination de la matière sèche, de l'eau et de la résine dans le bois a été effectué de la manière suivante:

On découpe d'abord le bois en petits morceaux et l'on prend les échantillons de cette sciure bien mélangée.

On soumet ensuite 20 g de chaque échantillon à un séchage préalable dans un ballon de 150 à 200 ccm au bain marie à 80 deg. C. et dans un courant d'acide carbonique préalablement épuré et desséché. Les vapeurs qui se dégagent sont condensées et le liquide condensé est épuisé à l'aide d'un entonnoir à décantation, puis l'éther est distillé avec précaution dans un petit ballon à fractionner que l'on pèse ensuite après refroidissement. La quantité ainsi obtenue de terpènes volatils est ajoutée à la quantité principale de la résine.

Les échantillons de sciure de bois ainsi séchés au préalable sont transportés quantitativement dans des vases à dessécher et séchés dans une étuve à vapeur aux environs de 80 deg. C. dans un courant d'acide carbonique épuré et desséché et au-dessus de CaCl₂. Il a été constaté par des expériences qu'au bout de quatre heures de séchage la matière ne perd en poids que des fractions de milligramme. Tous les échantillons ont, par conséquent, été séchés dans des conditions analogues.

6 à 8 grammes de la matière ainsi desséchée a été extraite pendant 14 heures dans l'appareil Soxhlet à l'éther desséché et épuré, puisqu'il a été constaté par des expériences que l'extraction est complète au bout de ce temps. On pèse l'extrait après distillation de l'éther et refroidissement à l'exsiccateur.

Les auteurs arrivent aux conclusions suivantes:

1) Le bois est une matière ou bien un corps d'une anisotropie très grande. Cette anisotropie est surtout marquée dans le sens transversal et longitudinal du fût. L'anisotropie du bois est déterminé surtout par son poids spécifique.

2) Les poids spécifiques du bois de pin provenant de la même tige varient entre des limites très larges. Dans le sens transversal, le poids spécifique varie de 11 à 63 p. c. pour *Pinus nigra* Arn. et de 28 à 98 p. c. pour *Pinus silvestris* L. Dans le sens longitudinal, il varie de 81 à 107

p. c. pour *Pinus nigra* Arn. et de 95 à 134 p. c. pour *Pinus silvestris* L. (Voir les tableaux I, II et les données relatives).

3) Dans le sens transversal, le poids spécifique du bois de pin ne se diminue pas d'une manière régulière partant du centre vers la périphérie du fût. Cette régularité est altérée par des dépressions du duramen dans la partie inférieure du fût — surtout au-dessous du centre de gravité — ainsi que par des élévations locales du poids spécifique partant de la partie intérieure vers la partie extérieure de l'aubier. (Voir les tableaux I, II, III, IV et figures 2, 3, 4, 5).

4) Dans le sens longitudinal, le poids spécifique moyen du bois de pin se diminue à partir de la patte du fût vers la cime de la tige. Supposé le minimum du poids spécifique égal à l'unité, son maximum atteint pour *Pinus nigra* Arn. 1'52 pour *Pinus silvestris* L. 1'45. Le maximum est situé dans le disque le plus bas et le minimum, pour *Pinus nigra* Arn., à l'hauteur de 23'30 m, pour *Pinus silvestris* L., à l'hauteur de 13'30 m. (Voir les tableaux sur la page.. et figures 6 à 13).

5) Les différences en poids spécifique entre l'aubier et le duramen sont plus régulières pour *Pinus silvestris* L. que pour *Pinus nigra* Arn., (Voir figures 2 à 5, 6 à 13).

6) Les différences en poids spécifique varient d'après les expositions du fût, mais elles n'accusent aucune régularité dans la relation mutuelle. (Voir les figures 6 à 13).

7) La répartition de la quantité de la résine brute dans le fût a deux maximums. Le premier est situé dans la patte du fût, le deuxième dans la partie supérieure du fût portant la cime. A partir de la patte du fût le pourcent de la résine brute baisse jusqu' à la hauteur de 3'3 à 5'1 m pour *Pinus nigra* Arn. et de 5'3 à 7'3 m pour *Pinus silvestris* L. (Voir tableaux XIII, XIV et figures 14 à 23).

8) Le pourcent de la résine brute ainsi que la variabilité de ce pourcent sont plus grands dans le duramen que dans l'aubier. (Voir tableaux XV, XVI et figures 14 à 23).

9) La quantité totale de la résine brute dans un mètre cube du bois de pin desséché à kiln est de:

	Partie extérieure de l'aubier	Partie intérieure de l'aubier	Aubier	Dura- men	La moyenne de l'aubier et du duramen
<i>Pinus nigra</i> Arn.	20'3 kg	22'1 kg	22'5 kg	76'4 kg	31'7 kg
<i>Pinus silvestris</i> L.	18'4 ..	16'8 ..	17'6 ..	33'7 ..	26'1 ..

10) La teneur en eau du bois de pin varie entre les limites suivantes:

Pinus nigra Arn.: aubier de 50 à 62 p. c., duramen de 23 à 27 p. c.

Pinus silvestris L.: aubier de 60 à 68 p. c., duramen de 20 à 25 p. c.

(Voir tableaux XI, XII).

11) Le poids spécifique du bois de pin est une fonction prononcée de l'épaisseur du bois d'automne et en partie de la résine brute. Plus la zone du bois d'automne est épaisse et plus le pourcentage de la résine brute augmente, plus le poids spécifique est élevé. L'influence de la quantité de la résine sur le poids spécifique est la plus sensible dans la patte et dans la cime. La quantité de la résine brute est — jusqu' à un certain degré — la fonction de l'épaisseur de la couche annuelle. (Voir tableaux XIII, XIV, XIX, XX et figures 14 à 23).

12) La répartition du poids spécifique dans le fût est importante pour la stabilité du fût. La diminution du poids spécifique au centre du duramen ainsi que son élévation en dehors du centre du duramen res-

semble quelque peu à la construction d'un support cylindrique vertical et creux. A la suite de l'aggrandissement du poids spécifique dans la partie inférieure du fût, le centre de gravité s'abaisse de 91 p. c. chez *Pinus nigra* Arn. et de 65 p. c. chez *Pinus silvestris* L. Cet abaissement du centre de gravité aggrandit la stabilité du fût. (Voir figures 24, 25). Cet abaissement est plus grand chez *Pinus nigra* Arn. que chez *Pinus silvestris* L. probablement à cause de la cylindricité et du besoin de la stabilité — plus grand

Zusammenfassung

Nach vorausgeschickter Beschreibung des Untersuchungsobjektes beschreiben die Verfasser die Methodik ihrer Arbeit. Von besonderen Belang ist die Methodik der chemischen Untersuchungsarbeiten. Diese Methodik bestand im Folgenden.

Die quantitative Bestimmung der Trockensubstanz des Wassers und der Harze im Holze wurde folgendermassen unternommen.

Das Holz wurde zuerst fein zerschnitten und aus dem gewonnenen Holzsägemehl die Durchschnittsmuster gezogen.

20 g von jedem Durchschnittsmuster wurde dann in einem 150 bis 200 cc fassenden Rundkölbchen vorgetrocknet, welcher Vorgang auf dem Wasserbade bei ca. 80°C und in einem Strome vom gereinigten und getrockneten CO₂ unternommen wurde. Die dabei austretenden Dämpfe wurden im Kühler kondensiert und die Kondensate aufgefangen. Diese wurden mit Aether ausgeschüttelt, die Aetherschicht vom Wasser mittels Scheidetrichters abgetrennt, der Aether in einem kleinem Fraktionierkölbchen vorsichtig abdestilliert, das Kölbchen nach dem Abkühlen gewogen. Die so erhaltenen flüchtigen Terpene wurden dann zu der Hauptmasse der gefundenen Harze hinzugezählt.

Die vorgetrockneten Holzsägemehl-Proben übertrugen wir quantitativ in die Wägegläschen, sodann wurden diese in einem geschlossenen Dampftrockenschrank im gereinigten und trockenen CO₂-Strome bei ca. 80°C und über CaCl₂ zu Ende getrocknet. Durch Versuche stellten wir fest, dass durch vierstündiges Trocknen die Trockensubstanz nur Bruchteile von mg ihres Gewichtes verliert; infolgedessen trockneten wir alle Holzproben unter oben erwähnten Bedingungen.

Etwa 6 bis 8 g von der so gargetrockneten Probe extrahierten wir 14 Stunden lang im Soxhletschen Apparat mit gereinigtem und getrocknetem Aether, indem wir wieder durch Versuche feststellten, dass in dieser Zeit die Extraktion vollständig wurde. Nach vorsichtigem Abdampfen des Aethers und Abkühlen des Extraktionsgutes im Exiccator wurde dieses gewogen.

Die Verfasser gelangen zu folgenden Schlussfolgerungen.

1) Das Holz ist ein äusserst anisotroper Stoff beziehungsweise Körper. Seine Anisotropie ist besonders ausgesprochen in der Quer- und Längsrichtung des Schaftes. Das wichtigste Massstab der Anisotropie des Holzes ist sein spezifisches Gewicht.

2) Das spezifische Gewicht des Kiefernholzes desselben Stamm-Individuums bewegt sich in sehr weiten Grenzen. In der Querrichtung variiert es für *Pinus nigra* Arn. von 11 bis 63%, für *Pinus silvestris* L. von 28 bis 98%. In der Längsrichtung variiert es für *Pinus nigra* Arn. von 81 bis 107%, für *Pinus silvestris* L. von 95 bis 134% (Siehe Tabelle I, II und die diesbezüglichen Angaben).

3) In der Querrichtung fällt das spezifische Gewicht vom Centrum gegen die Peripherie des Schaftes nicht gleichmässig. Die Gleichmässigkeit ist gestört einerseits durch Depressionen im Kern, die, im unteren Teile des Schaftes — namentlich unterhalb des Schwerpunktes des

Schafte — auftreten, anderseits durch lokales Aufsteigen des spezifischen Gewichtes vom inneren zum äusseren Splintteile zu. (Siehe Tabellen I, II, III, IV und Abbildungen 2, 3, 4, 5).

4) Das mittlere spezifische Gewicht des Kiefernholzes fällt vom Wurzelanlauf gegen den Wipfel. Das Minimum des spezifischen Gewichtes als Einheit genommen, beträgt das Maximum bei *Pinus nigra* Arn. 1'52, bei *Pinus silvestris* L. 1'45. Das Maximum liegt im Wurzelanlaufe das Minimum für *Pinus nigra* Arn. in der Höhe von 23'30 m, für *Pinus silvestris* L. in der Höhe von 13'30 m. (Siehe Tabellen an der Seite 34 und Abbildungen 6 bis 13).

5) Die Unterschiede im spezifischen Gewicht des Kern- und Splintholzes sind viel gleichmässiger bei der gemeinen Kiefer als bei der Schwarzkiefer. (Siehe Abbildungen 2 bis 5, 6 bis 13).

6) Es bestehen Unterschiede im spezifischen Gewichtes nach Exposition des Schafte, sie bekunden aber, was ihr gegenseitiges Verhältniss betrifft, keine Gesetzmässigkeit. (Siehe Abbildungen 6 bis 13).

7) Die Verteilung des Rohharzgehaltes im Schafte zeigt zwei Maxima. Das eine liegt im Wurzelanlauf, das zweite in demjenigen Teile des Schafte, der die Baumkrone trägt. Vom Wurzelanlaufe herauf fällt der Rohharzgehalt in eine Depression in der Höhe von 3'3 m bis 5'1, bei *Pinus nigra* Arn. in der Höhe 5'3 bis 7'3 bei *Pinus silvestris* L. (Siehe Tafel XIII, XIV und Abbildungen 14 bis 23).

8) Der Rohharzgehalt sowie seine Variabilität sind grösser im Kern als im Splintteile. (Siehe Tabellen XV, XVI und Abbildung 14 bis 23).

9) Ein m³ des kiln-trockenen Holzes beinhaltet Rohharz:

	Im äusseren Splintteil	Im inneren Splintteil	Splint	Kern	Ohne Unterschied vom Splint und Kern
bei <i>Pinus nigra</i> Arn.	20'3 kg	22'1 kg	22'5 kg	76'4 kg	31'7 kg
bei <i>Pinus silvestris</i> L.	18'8 ..	16'8 ..	17'6 ..	33'7 ..	26'1 ..

10) Der Wassergehalt des grünen Holzes bewegt sich in folgenden Grenzen:

für *Pinus nigra* Arn. Splint 50 bis 62%, Kern 23 bis 27%

für *Pinus silvestris* L. Splint 60 bis 68%, Kern 20 bis 25% (Siehe Tafel XI, XII).

11) Das spezifische Gewicht des Kiefernholzes ist eine ausgesprochene Funktion des Spätholzanteiles und teilweise des Rohharzgehaltes. Je grösser der Spätholzanteil umso grösser das spezifische Gewicht. Der Einfluss des Rohharzgehaltes macht sich bemerkbar im Wurzelanlauf und in der Krone. Der Rohharzgehalt ist bis zu einem gewissen Grad eine Funktion der Jahrringbreite. (Siehe Tafel XIII, XIV, XIX, XX und Abbildungen 14 bis 23).

12) Die Verteilung des spezifischen Gewichtes im Schafte ist vom Belang für seine Stabilität. Die Verringerung des spezifischen Gewichtes im Centrum des Kerns des unteren Schafteiles, sowie sein Aufsteigen ausserhalb des Centrums, erinnert an den Bau der hohlen vertikalen cylindrischen Träger. Als Folge des Steigens des spezifischen Gewichtes in dem unteren Teile des Schafte findet ein Herabsenken seines Schwerpunktes statt. Die Grösse dieser Herabsenkung beträgt bei *Pinus nigra* 9'1% und bei *Pinus silvestris* L. 6'5%. Dadurch wird eine Vergrösserung der Stabilität des Schafte bewirkt. Bei der Schwarzkiefer, dessen Vollholzigkeit eine grössere ist, also das Bedürfniss der Stabilität grösser ist, ist der Grad der Herabsenkung grösser als bei der gemeinen Kiefer. (Siehe Abbildungen 24, 25).

Bibliografija

- BOGNER, Abhandlung ueber Marine-Schiffbauholz. Triest, 1861.
- BOGNER, Untersuchungen über Holzgewichte, Oesterreichische Viertelsjahresschrift, 1863.
- BUSGEN-MUNCH, Bau und Leben unserer Waldbäume, Jena 1922.
- CLEVE (ASTRIO) v. EULER, Ueber die quantitative Zusammensetzung des Nadelholzes Cell. Chem. IV, No I.
- FEKETE-BLATNY, Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher etc., Selmechanya 1914, I, II.
- HARTIG, Das spezifische Frisch- und Trockengewicht, der Wassergehalt und das Schwinden des Kiefernholzes, Berlin 1874.
- HARTIG, Lehrbuch der Anatomie und Physiologie der Pflanzen, Berlin 1891.
- JANKA, Die Härte der Hölzer. Mitteilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs, Heft XXXIX, Wien 1915.
- KLASON, Ueber Ligningehalt des Fichtenholzes, Cell. Chem. IV, No. 4, 1923.
- KOCH, Géologie du Karst, (Monographie Le Karst Yougoslave), Zagreb 1928.
- MAYR, Das Harz der Nadelhölzer, 1895.
- SIEBER, Ueber das Harz der Nadelhölzer und die Entharzung von Zellstoffen, 1925; nadalje BERGSTRÖM i WESSLÉN, Om Träkolning, 1918.

PROF. DR. MIHOVIL GRAČANIN :

PEDOLOŠKA ISTRAŽIVANJA SENJA I BLIŽE OKOLICE.

Les recherches pédologiques de Senj et de ses
proches environs.

SADRŽAJ — SOMMAIRE

Uvod — Introduction.

Situacija, reljefsko-morfološke i geološke prilike — Situation, les conditions morphologiques et géologiques du terrain.

Klimske prilike — Les conditions climatiques.

Tekstura i struktura tala — Texture et structure des sols.

Kemijski sastav i svojstva — Composition et propriétés chimiques.

Kemijsko-fiziološka analiza — Analyse physiologico-chimique.

Mikrobiološka aktivnost — Activité microbiologique.

Dinamika i pedogeneza — Dynamique et pédogénèse.

Literatura — Litterature.

Resumé.

Uvod.

Pedološka je literatura o Kršu vrlo siromašna. Lorenz¹ doduše već god. 1860. izvještava o tlima na hrvatskom Kršu u vezi s radovima na pošumljavanju, a nekoliko godina kasnije piše i Wessely² o pedologiji toga Krša, no svi ti podatci, kao i većina kasnijih istraživanja imaju više karakter geološko-mineraloški (Tietze,³ Kramer,⁴ Tučan⁵ i dr.)

Prvi Graf zu Leiningen⁶ utvrđuje pored kemijskih i neka fizikalna svojstva tla, neznatnog dijela litoralnog Krša.

S gledišta pedološko sistematskog osvrću se na tla krškog područja Šandor,⁷ Gorjanović-Kramberger,⁸ Ramann,⁹ Graf zu Leiningen,⁶ Harrassowitz¹⁰ i Reifenberg,¹¹ a u novije vrijeme naročito opširno Blanck.¹² Zanimljivo je, da su naša krška tla tretirana u literaturi poglavito u vezi s pitanjem singeneze i sinhorologije crljenice, pa su tako postala čak i vrlo »popularna«, ma da do danas još u nijednom slučaju nisu svestrano naučno-pedološki ispitivana. Bez Tučanovih istraživanja nebi skoro ništa znali ni o samom kemijskom sastavu naših crljenica. Uza svu

»popularnost« još do danas nemamo skoro nikakvih egzaktnih podataka, o svojstvima i sastavu ostalih tipova i vrsta tla, što se na našem Kršu razvijaju.

Potreba sistematsko pedoloških istraživanja krškog područja u toliko se više osjeća, što ta istraživanja uz ostala treba da posluže kao osnova, kod izrađivanja mjera za pošumljivanje Krša. Restauracija šume na Kršu nije samo problem šumarsko-tehnički, već u prvome redu šumarsko-prirodnoznanstveni. Sigurno je, da se mnogi dosadani neuspjesi s pošumljivanjem imaju pripisati i nepoznavanju prirodnih vegetacijskih faktora (tla i klime), kao i svojstava same vegetacije. Zato je jedna od glavnih i prvih zadaća, da se organiziraju sistematska naučna istraživanja na području našeg Krša i tako stvori osnova za šumarsko tehnički rad.

Inspektorat za pošumljivanje krševa, goleti i uređivanje bujica u Senju, imajući u vidu veliku važnost rečenih naučnih radova za uspješno pošumljivanje Krša, zamolilo me je putem Zavoda za šumske pokuse u Zagrebu, da obavim pedološka vanja na istraženom području.

S malim kreditom odobrenim po Ministarstvu šuma i ruda u tu svrhu, započeo sam s istraživanjima u najbližoj okolici Senja i ta istraživanja čine predmet ove studije.

Pošao sam od potrebe, da istraživanja budu u prvom redu pedološko-šumarska, t. j. da utvrde, kakav subsrat i stanište pružaju tla na području Senja i okolice, šumskim kulturama. U području senjskog inspektorata postignuti su dođuše pošumljivanjem već vrlo veliki uspjesi, no stradavanje je mladih kultura iz godine u godinu tako veliko, da samo neobično ustrajnim i smišljenim radom dobrih stručnjaka uspjeva pošumiti gole površine. Puno je opravdanja imala sumnja, da uzroke mnogih neuspjeha treba tražiti i u konstelaciji edafskih faktora vegetacije.

Pedološka se istraživanja o kojima je ovdje riječ odnose na mehanički i kemijski sastav i svojstva, te fiziološko-kemijska svojstva tla iz različitih nadmorskih visina i ispod različitih pokrova. Time je dobivena slika o glavnim edafskim faktorima, koji odlučuju o mogućnostima i uspjehu pošumljivanja na istraženom području

U drugome su redu ova istraživanja imala svrhu, da klasificiraju tla s gledišta pedogenetskog. Budući da se radi o skeletnim tlima, to se uopće ne može govoriti o razvijenim tipovima tla; ipak ova istraživanja pokazuju tendenciju u razvitku tala na području Senja i okolice i predstavljaju prvi prilog k pitanju genetske veze tala u vertikalnom pravcu u tome dijelu našeg primorskog Krša.

Napomenuti mi je, da je na kemijskim istraživanjima ovih tala sudjelovala asistentica tloznanstvenog zavoda gđica ing. J. Verlić. Gosp. prof. ing. A. Kaudersu, direktoru inspektorata u Senju izražavam hvalu na susretljivosti, koju mi je iskazivao prilikom terenskih istraživanja.

Situacija, reljefsko-morfološke i geološke prilike.

Istraživano se područje prostire između $14^{\circ}53'44''$ i $15^{\circ}14''$ istočne duljine (od Greenwica) i $44^{\circ}58'$ i $45^{\circ}4'$ sjeverne širine, te obuhvaća s jedne strane teren od Senja do Vratnika, dakle čitavu Senjsku dragu u vertikalnom pravcu, do najviše točke exponirane k moru i teren između Senja preko Jasikovca do Klarićevca i preko Grebena do Marije Snježne, Krivog puta, Crnog Vrh, Dulibe, Paljenika i Alinog bila, ukratko jedan mali dio sjevernog litoralnog Krša, s još većim vertikalnim rasponom, te s njim korespondirajući najbliži dio kontinentalnog Krša. Tako je dobivena predodžba o tlima, što se razvijaju na tome dijelu litoralnog Krša, u nadmorskim visinama od 0—1100 m, uz različite pozicije i inklinacije i pod različitim biljnim pokrovima, a sve do i malo preko dodirnih granica Krša primorskog sa Kršom kontinentalnim.

Petrografski substrat, na kojemu se razvijaju tla ovog područja, dosta je jednoličan; predstavlja naime u glavnom vapnenac, manje dolomit (i ako različitih formacija), s izuzetkom nedaleko Nabršnikova mlina, gdje se pojavljuju crvenkasto smeđi, zelenkasti i sivi lapori, škriljevci, konglomerati i pješčenjaci²² i između Lopaca, Sv. Mihovila, Vratnika i Senjskog bila, gdje se pojavljuje kamenje eruptivno i to diabaz-porfirit. Ta dosta velika jednoličnost kamenitog substrata istraživanog područja omogućuje lakše tumačenje utjecaja klimskih i bioloških faktora na razvitak tala i genetske veze tala u vertikalnom pravcu.

Konfiguracija je terena tipična kao i u ostalim dijelovima litoralnog Krša; prevladavaju uzvisine i strmine nad ravnim depresijama, pokrite sad jače sad slabije krupnijim i sitnijim vapnenčevim kršom. Veće površine i deblje slojeve sitnog tla ne nalazimo osim u depresijama i uvalama. Teren od Senja do Vratnika dobrim je dijelom pošumljen i uopće je jače obrastao vegetacijom, dok je teren od Senja prema Klarićevcu i Krivom putu ponajvećma goli krš, koji je samo mjestimice pošumljen (Jasikovac, Krivi put) ili se od unazad nekoliko godina pošumljuje (Greben, Stražbenica i t. d.), a ponajvećma je sasvim narijetko među vapnenčevim kršom obrastao nižom zeleni. Mjestimice se propinju točila. S različitih su visina jednog i drugog terena, različitih pozicija i inklinacija, petrografskih substrata, te ispod različitih vegetacijskih pokrova odabrani

uzorci tala za laboratorijska istraživanja. Karta na kraju ove studije prikazuje situaciju istraživanog područja i lokalitete, s kojih su uzimani uzorci tla za analizu.

U daljem će biti ukratko opisana tla, odabrana u svrhu mehaničke odnosno kemijske ili fiziološko-kemijske analize. Uzorci 1—12 odabrani su ponajviše s područja Serjska



Sl. 1. Profil „Senjska draga 1“.

draga, Petuova greda, Veljun, a uzorci 13—26 s područja Senj, Klarićevac, Marija Snježna, Krivi put, Duliba, Alino bilo.

1. Senjska draga. Nedaleko inspektorata za pošumljavanja krševa i goleti, s lijeve strane ceste Senj—Sv. Križ (u dvorištu Đure Bontića), otvoren je profil tla do dubljine od 2 m. (Sl. 1).

Gusti bilinski pokrov prorašćuje korijenjem 15 cm debeo sloj glinasto-šljunkovitog do kamenitog tla, sitno mrvičaste strukture, koji leži na dosta istrošenoj vapnenčevoj bazi. Boja je toga površinskog horizonta smeđa s neznatno crvenkastom niansom.

S poratom dubljine tlo ispunja samo šupljike i pukotine u istrošenom vapnencu, a intezitet crvene nianse postaje sve jači, tako, da od dubljine 120 cm tlo poprima boju tamno crvenu sa smeđom niansom. Ta crljenica, što se nalazi u dubljim pukotinama i kanalima vapnenca pokazuje nešto veću skupnost, od tla površinskog horizonta i kida se u orašaste agregate masnog sjaja.

Reakcija na CaCO_3 u čitavom je profilu pozitivna.

2. Senjska draga. Iza međe Senja s lijeve strane ceste, među vrlo sitnim vapnenčevim kršom, a na slabije nagnutim odronima, tlo ima boju žuto-smeđu s neznatno crvenkastom niansom. Ovo tlo pokazuje vrlo veliku sadržinu CaCO_3 i u finijim česticama, pa je boja vjerojatno uvjetovana prisustvom vrlo sitnog vapnenčevog praha.

3. Senjska draga. Iznad groblja s desne strane ceste, a ispod zatvorenog sklopa borove šume, razvija se tlo na vapnencu, koji je od površine mehanički izdrobljen u dosta krupne agregate; vapnenac zauzima 80% tla, a samo je na površini pokrit 3—5 cm debelim slojem borovih iglica. Među vapnenčevim se kršom razvija sitno tlo smeđe boje.

4. Senjska draga. Uzorak je tla s lijeve strane ceste Senj—Sv. Križ iza 1.5 km, s visine nad morem od 65 m; pozicija SSW, inklinacija 35°. Tlo se razvija na vapnencu i tvori pokrov 5—12 cm debeo, u neznatnoj mikroreliefskoj udubini; sadrži mnogo sitnog krša. Na mjestu, s kojeg je uzet uzorak, obrašćuje tlo najjače *Satureja variegata* i *Salvia officinalis*, koje drže čestice tla na okupu svojom korijenovom mrežom. Inače je teren, s kojeg je uzet uzorak, pokriven tek s 30% sitnog tla i to samo u mikroreliefskim depresijama, brazdama, pukotinama i sl., dok je najveći dio goli vapnenac, što je i prirodno, s obzirom na veliku inklinaciju toga terena. Boja je našeg uzorka tla crvenkast-smeđa, ali se mjestimice u pukotinama vapnenca zapažaju tla s izrazitije crvenom niansom.

Reakcija je na CaCO_3 pozitivna.

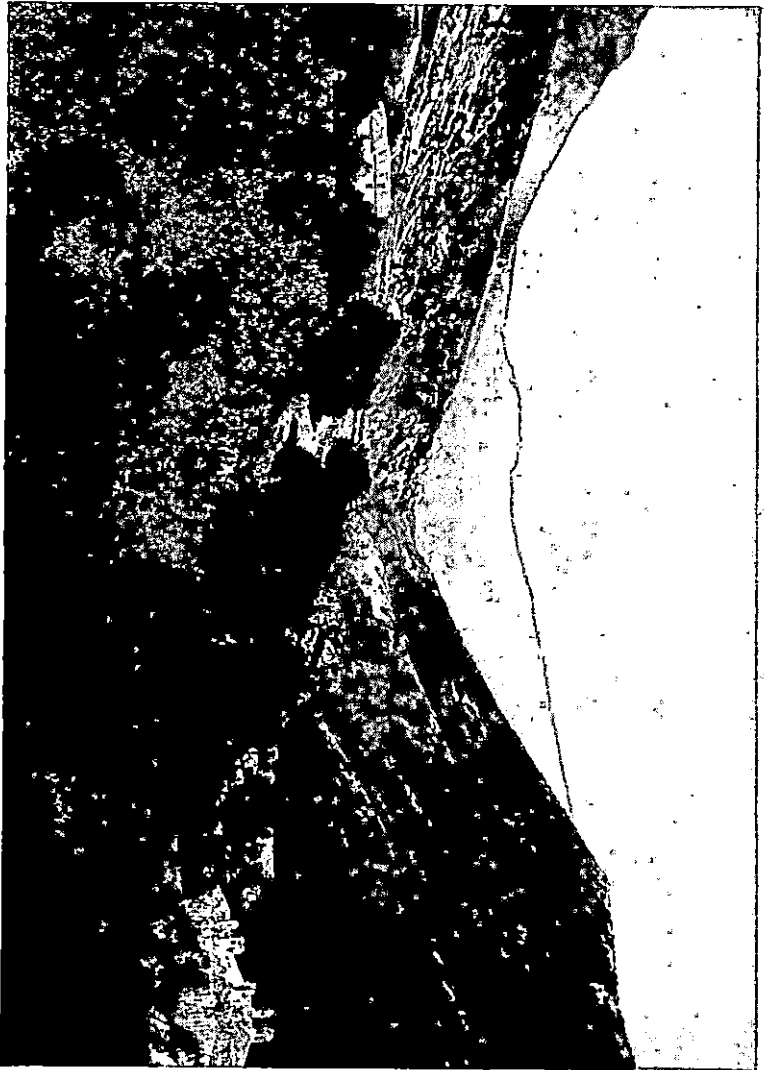
5. Senjska draga. Idući dalje senjskom dragom, morfološki se karakter tla bitno ne mijenja. Uzorak tla odabran iza Sv. Križa, s visine nad morem od oko 150 m, exp. W, incl. 35—40°, ispod pokrova *Salvia off.*, razvija se na lias-vapnencu; dominira boja smeđa sa sivkastim nahukom. Reakcija je na CaCO_3 vrlo intenzivna.

6. Senjska draga. Iza Sv. Križa uzet je treći uzorak tla, koji se razvija na dolomitnom vapnencu i to u visini nad morem od oko 260 m, exp. S, te inklinaciji od 30—35°, ispod pokrova niže zeleni. Morfološki karakter tla sličan je onome između Senja i Sv. Križa; boje je crveno-smeđe.

Sl. 2.

Senjska draga.

(Foto Kanders)



Iza Sv. Križa srećemo mjestimice i znatno jače slojeve tla, naročito u depresijama i na terenima s malom inklinacijom.

7. Senjska draga. Od sela Lopci između Sv. Mihovila i Vratnika s jedne, te Senjskog bila s druge strane razvi-



jaju se tla na uskom pojasu raibl naslaga, a onda na diabazporfiritu. Eruptivno kamenje dolazi relativno rijetko u Kršu, a u istraživanom području, jedino na ovom mjestu, te baš s obzirom na to, što nam se pružila prilika, da uočimo razlike između tala razvitih na vapnencu i diabazporfiritu uzeli smo uzorak iz toga eruptivnog područja i to iz branjevine sa 30—140 godina starom šumom, u kojoj dominira *Quercus sessiliflora*. Niži je bilinski pokrov vrlo rijedak, a u koliko dolazi prevladavaju trave. Sitno je tlo ovdje razvijeno do dubljine 1,5 m i veće, ali sadrži vrlo mnogo krupnijeg i sitnijeg krša; mjestimice vire iz njega i kompaktne stijene.

Iznad biljevišta »Kesten«, u visini od oko 346 m, ekspozicija NNW, incl. 6°, otvoren je profil na kome se do dubljine 120 cm. nisu dale zapaziti nikakove veće razlike u morfološkim svojstvima. Najveći je dio terena bez listinca, jer ga bura prenaša i akumulira pod gušćim grmljem, te na zaklonjenim mjestima i zaprekama. U koliko listinac krije tlo, prelazi u 2—3 cm debeo sloj humificiranog listinca, koji leži na sloju rahlog sivkasto-tamnog mineralnog tla, sa smeđom niansom, proraslog do 120 cm i dublje korijenjem hrasta i niže šumske vegetacije. U čitavom profilu ima sitnijih i krupnijih odlomaka diabazporfiritita po čemu se daje zaključiti, da se tlo nije razvilo »in situ«.

Smjerom k Sv. Mihovilu razvija se tlo na raibl-naslaga a dalje k Vratniku na dolomitu. Boja je tla u pojasu raibl naslaga žućkasto-crvenkasto-smeđa, na dolomitu sivkasto-smeđa s crvenkastom niansom, u koliko se tlo ne razvija u pukotinama stijena bez vegetacije, gdje poprma sve izrazitije crvenkastu niansu.

8. Sv. Mihovil. Iznad lugarnice u Sv. Mihovilu pod Petuovom gredom na nagibu, obraslom poglavito travom, zvanom »Kod bukve«, razvija se dosta debeo sloj tla na tamnom vapnencu boje smeđe s neznatno sivkastom niansom.

Vapnenčevog krša ima dosta, ali je mehanički i kemijski znatno usitnjen. Reakcija je na CaCO_3 kod sasma sitnog tla pozitivna. Uzorak tla uzet na visini od 630 m, s exp. SW i inklin. 12°.

9. Petuova greda. Na Petuovoj gredi pedeset metara iznad mjesta, s kojeg je uzet uzorak br. 8, teren je obrastao bukvom. Boja je tla tamna do tamno-smeđa, listinac debljine 2—4 cm. Reakcija na CaCO_3 kod sitnog je tla negativna. S porastom nadmorske visine tlo poprma sve

tamniju boju. humusa biva sve više. Uzorak tla uzet u visini od 680 m, s exp. S, nagib 18°. Zanimljivo je da u ovoj šumi uopće nema podmlatka.

Vrh je Petuove grede obrastao niskim bilinskim pokrovom; boja tla je tamno-smeđa. Trajno na njemu odigrava bura. Smjerom k Vratniku tlo je mehanički znatno istrošeno u vrlo sitne agregate. Mjestimice među ulomcima vapnenčevog krša nalazimo tla crvenkaste boje, mjestimice opet žućkaste sa slabo crvenkastom niansom. Tamo gdje ima mnogo finih disperzija CaCO_3 , prevladava boja svjetlije žućkaste.

Penjući se od Sv. Mihovila prema vrhu brda Veljuna, pored Orlovog gnijezda, tlo je mjestimice crveno-smeđe i to samo u strmim pukotinama vapnenca i odronima, inače je pod nižom i šumskom vegetacijom boje crvenkasto-smeđe, sve do visine od 700 m. Fizikalno se trošenje stijena odigrava ovdje vrlo intenzivno, kao što se vidi na površini velikih blokova i na sitnom kršu pod njima (točila). Često su naime goli blokovi vapnenca ispucani duboko u bezbroj manjih i većih agregata, što se ima pripisati poglavito jakom fizikalnom trošenju.

10. Velika Greda (Veljun). Na Veljunu, u visini od 780 m, ispod borove šume uzet je uzorak tla s exp. SSO i inklin. 8°. Tamno tlo debljine do 20 cm razvija se na vapnenčevom kršu, koji zauzima 60—70% čitave površine; ipak sitno tlo pokazuje, potpuno odsustvo CaCO_3 . Na vrhu Veljuna vlada skoro trajno bura.

11. Vel. Veljun. Spuštajući s vrha Veljuna prema Francikovcu, a na samom obronku Veljuna, tamno tlo pokriva 70—80% površine terena. Uzorak je tla uzet ispod sastojine bora stare preko 40 godina, u kojoj ima mjestimice vrlo lijepih egzemplara jele i ariša. Visina 730 m, exp. W, inklin. 12°.

Od površine 2—3 cm debeo sloj iglica prekriva taman humozan infiltracioni horizont, koji prelazi samo tu i tamo u tanak horizont mineralnog tla, nešto otvorenije boje.

Reakcija na CaCO_3 kod sitnog je tla negativna.

12. Dolac. Ispod Veljuna u depresiji Dolac, koja služi poljskim kulturama, a u visini od 600—650 m tlo je tamno-smeđe boje, duboko 60—80 cm i više, prhko, rasipa se u vrlo sitne mrvice.

Drugi smjer naših istraživanja ide sjevero-sjevero-istočno, od Senja do visine nad morem od 1100 m. Putem od Senja do Klaričevca diže se goli krš s inkl. 15—35°, na kojem samo mjestimice iz mehanički usitnjenog kamena strše buseni *Salvia* off. i *Artemisia coerulescens* ili jače

* 8. III. 1930. još je mjestimice tlo pokrivo snijegom.

razvijeni grmovi *Juniperus*-a *Oxycedrus*-a. Krš je ovdje znatno mehanički istrošen; samo se rijetko izdižu veće stijene vapnenca.

Prvi je uzorak tla uzet na Jasenju, koje je pošumljeno crnim borom, sa nešto crnog graba, crnog jasena i brijesta. (god. 1895.)

Miestimice se u pukotinama i brazdama vapnenca, u koje ne dopire korijenje vegetacije, dakle obično na strmim stijenama, nalazi tlo, kao residuum kemijski isrošenog vapnenca, s izrazito crvenom bojom.

13. **Jasenje.** Ispod Jasenja, sa n. visine od 180 m, exp. SW i inklin. 15°, uzet je uzorak tla za analizu. Sitno tlo izmiješano s mnogo krupnog i sitnog krša, koji zauzima 50% površine tla, dopire do dubljine 40—60 cm. Boja je sitnog tla smeđe-crvenkasta.

Penjući se prema Klarićevcu u visini od nekih 500 m prostire se u depresiji Oslje polje, s debljim slojem sitnog tla, boje smeđe do tamno-smeđe. Nad Klarićevcem, u visini od oko 600 m nalazi se branjevina Greben, na strmom terenu, koji se od 1922. god. pošumljava crnim borom i jasenom.

Salvia off., koja je toliko tipična za niže položaje, ovdje ne dolazi.

14. **Branjevina Greben.** Uzorak tla uzet je na podnožju brežuljka s exp. SSW i inklin. 4—6°. Tlo se razvija na vapnencu, boje je intenzivno smeđe sa slabo crvenkastim nahukom, debljine 30—40 cm, s mnogo sitnijeg i krupnijeg krša iz kojeg vire manje stijene vapnenca. Od niže su vegetacije najjače zastupane trave.

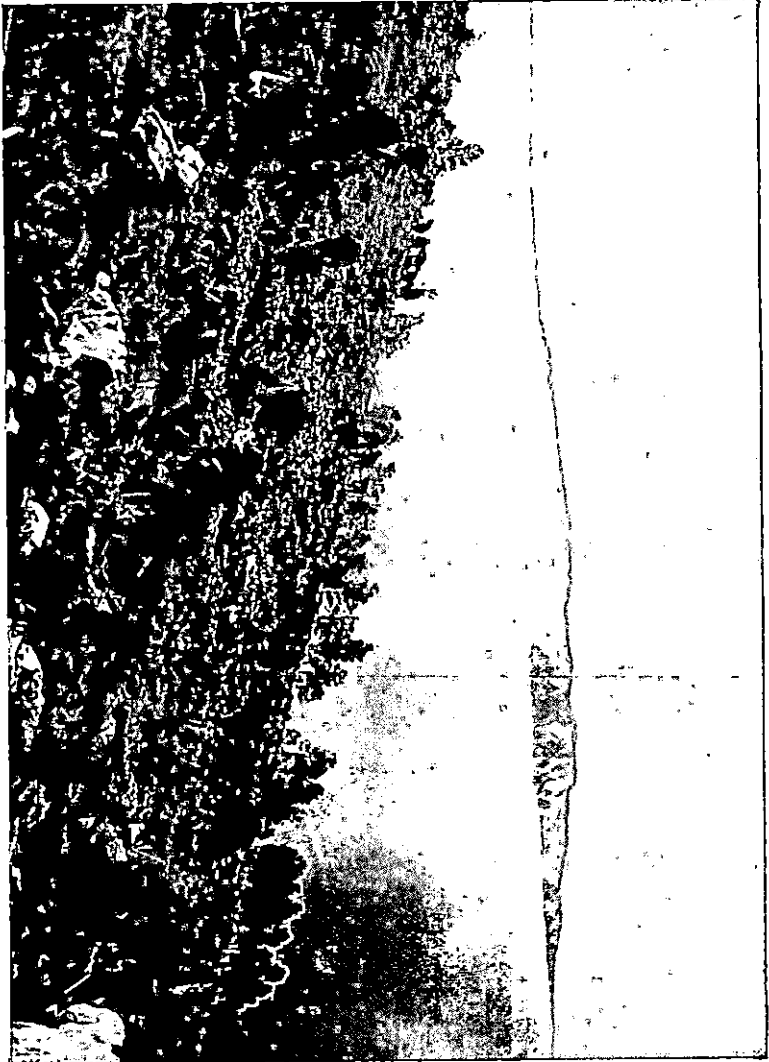
15. **Branjevina Greben.** Podalje iznad mjesta, s kojega je uzet predašnji uzorak tla, tlo najedamput mijenja smeđu boju u tamnu; iz sitnog tla strši kamenje, koje zauzima oko 50% površine.

S druge k sjeveru exp. strane Grebena tlo je u gornjem dijelu također tamne boje, no smjerom k podnožju gubi tamnu, a zadobiva smeđu do slabo crvenkasto-smeđu boju.

16. **Šabovac.** Na podnožju brda Šabovac u visini od 600 m, exp. SSW i inklinacije oko 5°, razvija se 15—25 cm debeo sloj fine svjetlije crnice, na mehanički znatno istrošenom, te korijenjem vegetacije izbušenom vapnencu. Površina je obrasla dosta gustim travnim pokrovom. Tu je uzet uzorak tla br. 16.

Putem k Mariji Snježnoj uz brdo Laćavac na exp. W., i u nizini, tlo je opet boje smeđe sa crvenkastom-žućkastom niansom. Sličnu boju pokazuje tlo na brdu Stražbenici.

17. Stražbenica. Pred Marijom Snježnom na podnožju brda Stražbenice, u visini od kojih 700 m, inklin. 10° , te exp. NNO, razvija se sitno tla među tršom, koji zauzima 65—75% površine; boje je s m e d e s t a m n o m niarsom. Dominira travni pokrov. Teren se pošumljava od godine 1925. Na



Sl. 3. Vanjska fizionomija krškog tla na Jasenju sjeverno od Senja.
• Foto Kauders: Pošumljavanje peljevine na Kršu.

samom je vrhu Stražbenice tlo jednako tamno-smeđe boje, kao i na podnožju.

Na putu od Marije Sniježne do Krivog puta tlo se razvija na vapnencu, koji je mehanički i kemijski istrošen do

dosta velike dubljine: odlikuje se bojom crveno-smeđom; sloj sitnog tla nije kompaktan, već je izmiješan sa 50—60% sitnijeg i krupnijeg kamenja. Uzorak takvog tla uzet je s Šolićevog brijega.

18. Šolićev brijeg. Od Krivog puta, smjerom k Dulibi, počinju prirodne bukove šume, pod kojima na vapnencu istrošenom kemijski i mehanički do dosta velike dubine nalazimo nešto jače razvijen sloj sitnog tla. Boja je površinskog horizonta obično smeđa u koliko sadrži organsku tvar; u dubljim horizontima smeđa boja poprima crvenu nijansu, koja u najdonjim horizontima kod tla među ispucanim agregatima vapnenca postaje sve intenzivnije crvena. Na ovom se području sastaje litoralni Krš s kontinentalnim.

19. Djeteline. Profil je otvoren s lijeve strane puta Krivi put—Duliba, pred Crnim Vrhom, na terenu zvanom Djeteline ispod niske bukove šume. Visina nad morem oko 800 m, exp. SO, inkl. 2—3°. Sloj listinca debljine 3—5 cm, boje tamno smeđe strukture mrvičaste. Sitnog vapnenca skoro i nema. Samo mjestimice vire iz tla omanje stijene.

Ispod infiltracijonog sloja leži 10—20 cm debeo sloj mineralnog tamno smeđeg tla s crvenkastom nijansom, proraslog korijenjem, na kojemu vise sitne mrvice tla; sitnog krša ima nešto više nego u horizontu nad njim. Ovaj sloj leži na kemijski i mehanički dosta istrošenom vapnencu, koji u bezbrojnim pukotinama do dubljine 150 cm sadrži nešto tla, boje intenzivno svjetlo crvene. Korijenje bukve prodire do dubljine od 130 cm.

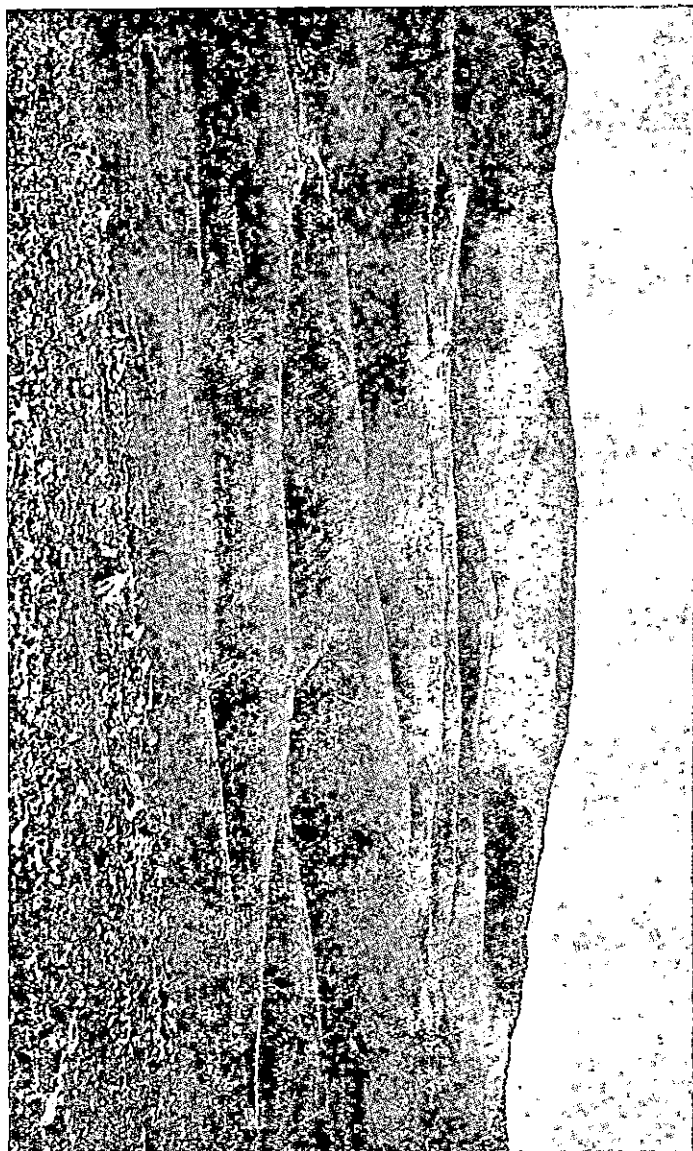
20. Ispod Crnog vrha prostiru se lijepe košalice u depresijama, čije je tlo žućkasto-crvenkasto debljine 60—80 cm; samo mjestimice (15%) proviruju stijene vapnenca. Jedino je površinski horizont do dubljine 15 cm boje smeđe s tamnom nijansom; u tome se horizontu širi korijena mreža trava, što na tim košalicama prevladavaju.

Spuštajući se u Dulibu prema Paljeniku, često viri svjetlo-crvenkasto tlo ispod travnog pokrova.

21. Paljenik. Uzvisina obrasla šumom, Abies-Fagus. Visina nad morem preko 700 m, exp. N, inkl. 20°.

Stijene vapnenca pokrite mahovinom, zauzimaju oko 10% površine terena. Pod mahovinom se na vapnencu ne tvori sloj crnice kao što to nalazimo na unutarnjem Kršu, nego neznaatan sloj smeđeg mineralno-organskog tla. To znači, da su ovdje uvjeti za mineralizaciju mrtve organske tvari znatno povoljniji, nego u zoni tipičnog kontinentalnog krša. Sloj sitnog tla seže do dubljine od 40—60 cm, ali ga nalazimo i u većoj dubljini, u manjim količinama među raspuklinama vapnenca.

Profil je otvoren ispod jedne jele. Od niže su vegetacije jednako zastupane trave kao i ostala zelen. Površina je tla nokrita listincem bukve i jele, debelim jedva 0.5 do 1 cm ispod



Sl. 4. Zaleđe primorskog Krša kod Krivog puta.

kojega leži oko 0.5 cm deo horoznat humificiranog listinca; tai prelazi u infiltracijoni horoznat debljine 3—4 cm, boje t a m n o - s m e d e, našto slijedi horoznat rahlog ž u ć k a s t o-

smeđe g tla s neznatnom crvenkastom niansom, proraslog koričenjem i izbušenog hodnicima faune. U dubljini od 20 cm tlo postaje zbijenije, kida se u grumenčice, te poprima boju nešto zatvoreniju, ali izrazitije crvenkastu. Od 40—50 cm počimlju ulomci vapnenca, koji se s porastom dubljine sve više miješaju sa sitnim tlom. U dolini ispod ove uzvisine na travnjaku viri mjestimice žučkasto-crvenkasto tlo.

22. *Matića draga*. Između Paljenika i Alinog bila prostire se dugačka košanica na slabo naklonjenom terenu, zvana *Matića draga*, obrasla travom, među kojom bujno vegetiraju mahovine.

Profil kopan u visini od oko 920 m, exp. N. i inkl. 5—8°, pokazuje ovakav morfološki karakter: pod mahovinsko-travnim pokrovom tlo je od površine tamno-smeđe, proraslo koričenjem, vrlo prhko, prelazi od 10 ili 15 cm u tlo smeđe boje sa sivkastom niansom, nešto zbijenije, humozno, proraslo koričenjem sve do 60 cm. Sloj je sitnog tla debeo 150 cm i više.

23. *Alino bilo*. Penjući se *Matića dragom* prema *Alinom bilu* ne zapaža se nikakva bitna razlika u karakteru tla, ali se na hrptu *Alinog bila* u visini od nekih 980 m, pojavljuje najedamput vrlo prhka crnica, sad siromašnija, sad bogatije ulomcima vapnenca, pokrivajući tlo do dubljine od 15—20 cm; oko 15% površine zauzimaju vapnenčeve stijene. Tlo obrašćuje vegetacija tipična za vrhove unutarnjeg krša.

Teren je izvrnut jakoj buri, koja ovdje prema izjavi Šumara uopće ne prestaje.

24. *Alino bilo*. Oko 10 m južno od mjesta, gdje je uzet uzorak 23, ispod pokrova niže zeleni, obrašćuje hrbat *Alinog bila* klekovina bukve, koja se razvija potpuno u smjeru vjetrova. Pod njom se tvori prhka crnica na vapnencu, do iste dubljine kao i pod bilinskim pokrovom. Na hrptu se *Alinog bila* sreće mediteranska klima s kontinentalnom. *Alino bilo* je eksponirano sjevero-istočno prema Vel. Kapeli, a jugo i jugozapadno prema moru. Na samom hrptu prevladava utjecaj kontinentalne klime, ali se već nekoliko metara ispod samog vrha na strani eksponiranoj k moru, očito ispoljava utjecaj primorske klime, na samom tlu.

25. *Alino bilo*. Jedva 30 koraka ispod hrpta *Alinog bila* i mjesta, sa kojeg je uzet uzorak tla br. 24, a pri exp. WSW, na mjestu zaklonjenom od bure, nema više crnice ni pod klekovinom ni pod nižim bilinskim pokrovom, već se tu razvija blijedo-smeđe prhko tlo, s mnogo vapnenčevog krša. Razvitak je tala na *Alinom bilu* najbolji dokaz da je tvorba crnice na planinskim vrhovima našega krša klimatski uvjetovana.

26. *Alino bilo*. Obronak *Alinog bila*, exp. WSW (dakle k moru) u visini od oko 920 m, i sa inkl. 10—15°, pošum-

ISPRAVAK

k Pedološkim istraživanjima Senja i t. d,

Strana :	redak :	mjesto :	treba da stoji :
102 (12)	k slici 4.	—	Foto Kauders.
112 (22)	12., kolona 1.	Petnova	Petnova
117 (27)	3. odozdo	Greben 6	Greben 14
118 (28)	16., kolona 2.		6,82
120 (30)	3. odozgo	najmanje	manje
120 (30)		osmog retka	dok dušika ima u njemu u dosta
		odozdo	velikoj količini. Kisela reak-
126 (36)	u skrižaljci 18.		
	1., kolona 6.	0,65	5,65
	6., " 1.	Greben 14	Greben 15
	9., " 5.	6,75	6,80
	11., " 5. i 6.	6,80 6,70	6,60 6,10
	12., " 5.	6,60	6,95
	13., " 5.	1,95	6,15
	14., " 5.	6,15	6,90
	15., " 5.	6,55	6,95
132 (42)	24. odozdo	rasvaraju	rastvaraju

ljavan od 1922. g. crnim borom; površina vapnenčevog krša pokrivena je s 50% svijetlo-tamnog sitnog tla, koje se rasprašuje kao pepeo. Ovaj je teren izvrgnut dosta jakom utjecaju bure, što se prebacuje preko Alinog bila tolikom snagom, da mladi borići poprimaju tipičan vjetru prilagođen habitus, (s jednostrano razvijenim granjem u smjeru vjetra). Dominira travni pokrov. Spuštajući se s Alinog bila prema Krivom putu, tlo gubi tamnu niansu, te poprima slabo crvenkastu; tako pod kompleksom bukove šume iznad Krivog puta dominira crvenkasto-smeđa boja, koja je tipična za najveći dio tala na istraživanom području.

Klimske prilike.

Kad bismo htjeli potpuno razumjeti sve temeljne procese, koji se u tlima istraživanog područja odigravaju i ocijeniti utjecaj fizikalnih, kemijskih i bioloških agenata trošenja kamenitog substrata, a naročito kad bi htjeli potpuno objasniti genetsku vezu između tala, što se na ovom području razvijaju, morali bismo biti tačno upućeni u sve promjene klimskih prilika na ovome terenu. Žalibože mi raspoložemo s podacima o godišnjim i mjesečnim temperaturama i oborinama samo s dva mjesta našeg područja i to s podacima meteorološke stanice u Senju (inspektorat) u visini od 36 m nad morem i meteorološke stanice u Sv. Mihovilu, u visini od 595 m. Ti se podatci odnose na decenij 1908/1917, a sakupljeni su ovdje u skrižaljka 1, 2, 3 i 4.

Senj

Skrižaljka 1.

Godina Année	Ukupne godišnje oborine u mm. Les précipitation annuelles en mili- mètres.	Prosječna godišnja temperatura, u °C. La temperature annuelle moyenne.	Kišni faktor. po Langu La facteur pluvial d' après Lang.
1908	1349,8	13,57	99,46
1909	1609,4	13,55	118,78
1910	2458,6	14,21	173,02
1911	1490,2	14,74	101,09
1912	1442,0	13,03	110,66
1913	1321,8	13,77	95,99
1914	1425,8	13,87	102,79
1915	1794,0	13,95	128,60
1916	1459,4	14,95	97,61
1917	1448,9	14,15	105,22

Sv. Mihovil

Skrizaljka 2.

Godina Année	Ukupne godišnje oborine u mm. La précipitations annuelles en mili- mètres.	Prosječna godišnja temperatura u °C. La température annuelle moyenne.	Kišni faktor po Langu. La facteur pluvial d' après Lang.
1908	1442,6	8,7	165,80
1909	1878,6	10,5	178,90
1910	2605,1	9,11	285,90
1911	1767,5	9,7	182,20
1912	2000,5	8,4	238,15
1913	1790,7	8,6	208,22
1914	1429,8	8,5	168,20
1915	2104,7	8,8	239,17
1916	1977,7	10,2	193,89
1917	1507,7	8,9	169,40

Iz tih se podataka vidi, da je prosjek godišnjih oborina za razdoblje 1908/1917. iznosio za Senj 1583 mm, a za Sv. Mihovil 1850 mm. Absolutni minimum u Senju pada u god. 1913. i iznosi 1321 mm, a absol. maksimum pada u god. 1910. i iznosi 2458 mm. Absolutni je minimum u Sv. Mihovilu bio 1914. god. i iznosio je 1429 mm, dok je abs. maks. iznosio 2605 mm. (godine 1910).

Dalje se iz tih podataka vidi, da je absolutni minimum oborina još uvijek skoro dva puta veći od prosjeka oborina na pr. u Banatu. U Senju padne najviše oborina u jesen i zimi, najmanje u maju i junu. Jednako i u Sv. Mihovilu. No ako ispedimo količine oborina, koje padnu ljeti u području Senja s količinom oborina, koje padnu u isto vrijeme na pr. u Zagrebu, onda vidimo, da ljeti padne više oborina u Senju nego u Zagrebu.

Prosječna godišnja temperatura za razdoblje 1908/1917. iznaša za Senj 13,98, a za Sv. Mihovil 9,14. Najtopliji su mjeseci juli i august, najhladniji su u Senju januar s prosječnom temperaturom od 4.62°C, a u Sv. Mihovilu također januar s prosječnom temperaturom 0.95°C i februar s 0.73°C. Navedeni podatci pokazuju, da na području Senjske drage s porastom nadmorske visine rastu prosječne godišnje oborine, a smanjuju se prosječne godišnje temperature i to dosta osjetljivo.

Sigurno je, da te promjene nalaze odraza i u svostvima tla, što se na tom području razvijaju. Povećanje oborina i snižavanje temperature ima za posljedicu jaču akumulaciju humusa u tlu, ali humusa kiselog i jaču destrukciju mineralnog kompleksa tla.

Njemački je istraživač Lang¹³ uveo klasifikaciju tala klimazonalnu na temelju t. zv. kišnog faktora, koji izražava koliko milimetara oborina otpada ra 1° C godišnje prosječne topline. Klimu s faktorom ispod 40 naziva aridnom, s faktorom od 40 do 60 humidnom, s kišnim faktorom iznad 60 naziva perhumidnom, a klimu s kišnim faktorom iznad 160 naziva perhumidnom. Na temelju podataka sakupljenih u skrižaljkama vidimo, da kišni faktor za Senj iznaša 113, a za Sv. Mihovil oko 202. Spadao bi prema tome Senj u područje humidne, a Sv. Mihovil u područje perhumidne klime. Po Langovoj bi se shemi imale na području Senja razvijati crnice, a na području Sv. Mihovila tla sa sirovim humusom i izbijeljena tla. Međutim, kao što ćemo kasnije vidjeti, Langov se sistem klasifikacije ne da primieniti bez korekcije za naše područje.

Senj

Skrižaljka 3.

Godine 1908-1917 Années	Prosječne oborine mjesečne u mm. Précipitations moyennes mensuelles.	Prosečne tem- perature mje- sečne u °C. Temperatures moyennes mensuelles.	Mjesečni kišni faktor. Le facteur pluvial mensuel.	Klimatska oznaka po Langu. Désignations climatiques d'après Lang.
Januar	111,91	4,68	23,90	perhumidan
Februar	110,94	5,81	19,09	"
Mart	158,56	9,55	16,61	"
April	123,75	12,36	10,01	humidan
Maj	84,63	17,22	4,91	"
Juni	80,95	21,22	3,81	granica aridne i humid, humidan
Juli	120,93	22,62	5,35	"
August	98,37	22,89	4,30	"
September	146,76	18,48	7,94	"
Oktober	172,46	14,48	11,91	"
November	205,80	9,95	20,60	perhumidan
December	177,93	8,35	21,32	perhumidan

Jedan je vrlo važan klimski faktor na čitavom istraživanom području vjetar, koji znatno utječe na isparivanje vlage i sušenja tla i smanjuje tako humidnost klime: on je vjerojatno razlogom, što se na području Senja razvijaju crvenkasto-smeđa tla, a u višim nadmorskim položajima litoralnog Krša mjesto izbijeljenih tala smeđe crna tla s crvenkastom nijansom, odnosno tamna tla.*

* Očito Langova klasifikacija nije tačna u koliko svrstava tip crnica u humidno područje.

Sv. Mihovil

Skrizaljka 4.

Godine 1908-1917 Années	Prosječne oborine mjesečne u mm. Précipitations moyennes mensuelles.	Prosječne tem- perature mje- sečne u °C. Températures moyennes mensuelles.	Mjesečni kišni faktor. Le facteur pluvial mensuel.	Klimatska oznaka po Langu. Désignations climatiques d'après Lang.
Januar	151,34	0,95	—	Klima nivalna
Februar	90,41	0,73	123,8	Klima perhumid.
Mart	166,63	4,57	36,46	" "
April	131,65	7,65	17,02	" "
Maj	105,14	12,49	8,41	" humidna
Juni	107,83	16,20	6,65	" "
Juli	147,38	18,17	8,11	" "
August	119,93	17,99	6,66	" "
September	214,44	13,13	16,33	" perhumidne
Oktober	225,00	9,54	23,58	" "
November	193,51	7,33	26,41	" "
December	197,23	3,50	56,35	" "

Još nam točniji uvid u razvitak tala pod utjecajem klime pružaju mjesečni kišni faktori koje sam zaveo (¹⁴) kod ocjenjivanja utjecaja klimskih faktora, a koji izražavaju količinu oborina, što otpada na 1°C prosječne mjesečne temperature. Podatci o prosječnim oborinama i temperaturama u pojedinim mjesecima, te mjesečnim kišnim faktorima za Seni i Sv. Mihovil prikazani su u skrizaljka 3 i 4.

U Senju bi po Langu bilo 5 mjeseci perhumidnih, 6 humidnih, a jedan bi bio na granici aridne i humidne klime, dok bi u Sv. Mihovilu bio jedan mjesec na granici nivalne i perhumidne klime, daljih sedam imao bi karakter perhumidne a četiri karakter humidne klime. U Senju bi pogodovalo 5 mjeseci razvitku izbijeljenih tala, 2 mjeseca razvitku crnica, 2 razvitku smeđih tala, a 3 razvitku crvenih odnosno žutih tala. U Sv. Mihovilu 7 bi mjeseci pogodovalo razvitku izbijeljenih tala, 2 razvitku crnice, a 3 razvitku smeđih tala. Ali ako se uzme u obzir, da je vjetar onaj faktor, koji, kao što rekosmo, ublažuje humidnost ovog područja, onda je razumljivo, zašto se na području Serja razvija crvenkasto smeđe tlo, a na području Sv. Mihovila i u višim položajima tamno i smeđe tlo, mjestimice s crvenkastom ili žućkastom niansom.

Tekstura i struktura tala.

Pedološka su istraživanja, kao što već istakosmo, imala u prvom redu svrhu, da pruže sliku o tlima kao staništima i substratima šumskih kultura. Glavni su edafski činioci, koji određuju mogućnost i intenzitet razvoja šumskih kultura: tekstura, kao faktor koji ograničava sferu širenja korijenove mreže, te voda, zrak, hraniva, reakcija i toplina tla, kao faktori fiziološki.

Poznavanje mehaničkog sastava (teksture) tla od važnosti je prije svega zato, jer od stupnja disperznosti čestica ovisi mogućnost rasprostranjenja i prehrane biljnog korijenja, dakle i vrijednost tla kao staništa. S druge strane prilike vode i vazduha u tlu, kao činioca vegetacije, ovisne su o strukturi tla, koja je opet određena mehaničkim sastavom tla i načinom povezanosti čestica. Da se dakle vidi, kakove prilike postoje za vodu i vazduh u istraživanim tlima, bilo je potrebno, upoznati njihov mehanički sastav i fizikalna svojstva.

Mehanička je analiza provedena metodom isplakivanja po prof. K o p e c k o m¹⁵ i pipetmetodom po G r a č a n i n u¹⁶. Fizikalna se analiza nije mogla provesti s tlom u prirodnom stanju najviše radi toga, što je tlo plitko i izmješano s kamenitim kršom i jer je pored toga i suviše prhko odnosno usitnjeno u nepovezane agregate. Da se ipak dobije predodžba o fizikalnim svojstvima sitnog tla, naročito o kapacitetu za vodu, izvršeno je istraživanje u valjcima prof. K o p e c k o g¹⁷ ali tako, da je sitno tlo nasuto u valjke.

Higrosopicitet je određen po R o d e w a l d - M i s c h e r l i c h u.¹⁸

Osim u ravnijim depresijama, koje zauzimlju manji dio terena, i u području eruptivnih stijena, koje dolaze samo na jednom mjestu istraživanog terena, mi ne nalazimo uopće kompaktnijih slojeva sitnoga tla, koji bi bili deblji od 20—30 cm, i koji ne bi pokazivali veći postotak sitnijeg i krupnijeg vapnenčevog krša. Najveći je dio istraživanog područja pokrit sitnim i krupnijim kamenom, u kojemu sitno tlo participira sa 30—60%, a između kojega vire sad veće sad manje stijene vezanog kamena. Sitni i krupniji krš i sitno tlo predstavljaju stanište i substrat, koji pod utjecajem klimskih faktora kao što su oborine, vjetrovi i t. d. kao i pod utjecajem sile teže na naklonjenom terenu neprestano mijenjaju položaj (denudacija i ablacija). Spomenuti su klimski faktori razlogom, što se na

golom Kršu ne može nikada razviti sloj kulturnog tla. Jer najveći dio sitnog tla, koji se je pod utjecajem njihovim iz kamenitih masiva od mezozoika do danas razvio, prenešen je njihovim utjecajem u depresije.

Voda je zapravo jedan od najmoćnijih faktora, koji na golom Kršu utječe na tvorbu tla, pa prema tome utiskuje tlima i vrlo tipičan teksturni i strukturni karakter.

Analitički podatci o mehaničkom sastavu tala (skrižaljka 5) pokazuje, da se na Kršu razvijaju tla vrlo različitog mehaničkog sastava; nije rijetkost, da u neposrednoj blizini ilovastog tla nalazimo pjeskovito, a nedaleko ovog opet glinasto tlo. To je zato, što je relief krškog tla neobično variabilan i što postoji mogućnost najrazličitijeg premještenja čestica tla prilikom svake pa i slabije kiše. Znači, da se mehanički sastav sitnog tla na golom kršu na svakom koraku mijenja, različito prema inklinaciji terena, odnosno mogućnosti odplavlivanja različitih kategorija čestica uopće. Pa ipak imaju tla na ovom dijelu litoralnog krša u pogledu mehaničkog sastava neka zajednička svojstva, u koliko se razvijaju pod jednakim klimskim i biološkim prilikama. Uzmemo li, da su koloidne čestice one konstituente tla, koje najizrazitije utječu na njegovu strukturu i njegov život, te svrstamo li sva tla istraživanog područja po sadržini čestica, koje se daju koloidno dispergirati u vodi, onda dobivamo jednu dosta karakterističnu pojavu: zapažamo naime, da sva tla, koja se razvijaju na vapnencu, na nagibima, a naročito bez ili pod slabijim utjecajem bioloških, a pod jačim utjecajem klimskih faktora — imaju zajedničko svojstvo, a to je oskudica čestica, što se daju u vodi koloidno dispergirati. Naprotiv u tlima depresija i terena, gdje se jače ispoljava utjecaj bioloških faktora na razvitak tala, nalazimo redovito znatno više spomenutih čestica. Pri tome je nadasve zanimiva činjenica, da je kod prve skupine tala sadržina čestica manjih od 0.002 mm. vrlo malena i onda, kad tlo pokazuje znatno veliku količinu čestica manjih od 0.01 mm; tako crljenica »Senjska draga 1« sadrži 94% čestica manjih od 0.01mm, a samo 3.64% čestica manjih od 0.002 mm. Slično ima u »Senjska draga 5« oko 61% čestica manjih od 0.01 mm, a samo 2.9% čestica manjih od 0.002 mm.

Crljenica »Senjska draga 1« u vodi bubri i znatno povećava svoj obujam. Već se po toj pojavi može uzeti, da u crljenici ima koloidne mase, koja se dođuše u vodi ne da dispergirati, jer se nalazi u stanju teško reversibilnog hidrogela. Pod utjecajem dosta visokih temperatura i oskudice oborina u vrijeme ljetnih perioda, koloidni ferihidroksid prelazi iz stanja zola u ireverzibilno odnosno teško reverzibilno gel-stanje.

Mehanički sastav tala
Composition mécanique du sol

Skrizaljka 5.

Oznaka tla. Désignation du sol	Dubljina horizonta u cm. Profondeur de l'horizon	U sitnom tlu ima čestica u % Terre fine contient des particules en pourcents				Skelet Squelette u %	Čestica <0,002 mm u % sitnog tla Les particules <0,002 millimètres en pourcents de la terre fine	Tekstura sitnog tla.
		< 0,01	0,01 — 0,05	0,05 — 0,1	0,1 — 2 mm			
Senjska draga 1	90—100 cm	94,10	0,90	1,70	3,30	—	3,64	Ilo
Senjska draga 2	4— 15	29,63	22,17	6,85	41,35	36,0	7,10	Pjeskovita ilovača
Senjska draga 3	0— 10	50,79	26,07	16,74	6,40	29,2	16,31	Glineno- ilovasto tlo
Senjska draga 4	0— 10	52,38	10,82	8,04	28,76	56,5	13,27	Glineno tlo s pijeskom
Senjska draga 5	0— 12	61,5	22,80	14,0	1,7	57,6	2,90	Glineno tlo
Senjska draga 6	0— 10	28,04	31,92	23,88	16,16	—	4,28	Slabo pjeskovita ilovača
Senjska draga 7	5— 15	28,20	10,60	9,20	52,00	36,2	4,70	Pjeskovito- glinasto- ilovasto
Senjska draga 7	70— 90	36,22	12,43	6,48	38,88	50,8	0,40	Pjeskovito- glinasto- ilovasto
Sv. Mihovil 8	0— 15	60,15	19,69	5,26	14,90	6,6	24,76	Glina
Petuova greda 9	5— 14	77,05	16,39	4,93	1,73	—	30,95	Ilo
Velika greda 10	0— 12	39,86	36,23	21,58	2,34	—	6,73	Ilovača
Veljun 11	3— 10	56,70	30,03	9,64	3,64	—	17,40	Glineno- ilovasto tlo
Dolac 12	0— 16	71,92	24,45	1,79	1,84	—	20,84	Glina
Jasenje 13	0— 9	16,24	12,80	11,70	58,26	29,5	4,25	Glineno- ilovast pijesak

Oznaka tla Désignation du sol	Dubljina horizonta u cm Profondeur de l'horizon	U sitnom tlu ima čestica u % Terre fine contient des particules en pourcents				Skelet Squelette u en %	Čestica <0,002 mm u % sitnog tla Les particules <0,002 millimètres en pourcents de la terre fine	Tekstura sitnog tla
		< 0,01	0,01 — 0,05	0,05 — 0,1	0,1 — 2 mm			
Greben 14	2— 14 cm	66,50	25,45	7,10	0,95	18,2	7,04	Glineno tlo
Greben 15	0— 12	11,90	20,40	17,18	50,52	90,6	1,41	Glineno- ilovast pijesak
Šabovac 16	0— 12	24,18	25,40	13,80	36,60	1,8	1,47	Glineno- ilovast pijesak
Stražbenica 17	0— 10	35,18	13,38	10,04	41,40	64,9	7,95	Pjeskovito- glineno- ilovasto
Šolićev brijeg 18	0— 18	23,46	7,60	6,44	62,50	84,0	9,36	Glineno- ilovast pijesak
Djeteline 19	0— 5	22,34	11,14	8,02	58,50	0,6	6,19	Ilovasti pijesak
Isp. Crnog Vrh 20	2— 10	44,68	18,46	6,20	30,46	—	8,91	Glineno- ilovasto- pjeskovito
Isp. Crnog Vrh 20	40— 60	69,50	19,06	0,55	10,88	—	14,00	Glina
Paljenik 21	7— 16	49,10	9,00	5,16	36,66	—	13,77	Glineno- pjeskovito
Matića draga 22	0— 8	14,46	20,50	14,64	50,40	—	5,23	Ilovast pijesak
Matića draga 22	30— 40	49,80	35,98	3,62	10,60	—	5,47	Glinasta ilovača
Alino bilo 23		25,62	51,30	11,48	11,60	0,3	1,66	Ilovača
Alino bilo 24	0— 12	16,46	23,72	14,54	45,28	0,5	2,75	Pjeskovita ilovača
Alino bilo 25	0— 16	49,26	23,92	6,00	20,82	—	26,66	Glinasta ilovača
Alino bilo 26	2— 14	34,78	38,82	8,08	18,32	1,4	2,42	Ilovača

Higroskopicitet tla
Higroscopicité du sol

Skrizaljka 6.

Oznaka tla Désignation du sol	Horizontat Profondeur de l' horizon	Higroskopicitet po Rodewald- Mitscherlichu Higroscopicité d'après Rodewald- Mitscherlich	u en %
Senjska draga 1	90—110	10.20	
Senjska draga 2	4—15	2.94	
Senjska draga 3	0—10	12.15	
Senjska draga 4	0—10	9.24	
Senjska draga 5	0—12	1.75	
Senjska draga 6	0—10	4.92	
Senjska draga 7	0—15	4.30	
Sv. Mihovil 8	0—15	7.18	
Petnova Greda 9	5—14	8.77	
Velika Greda 10	0—12	16.48	
Veljun 11	3—10	9.81	
Dolac 12	0—16	—	
Greben 14	2—14	10.47	
Djeteline 19	6—16	7.18	
Ispod Crnog Vrh 20	40—60	7.41	
Paljenik 21	7—16	5.51	
Alino bilo 24	0—12		
Alino bilo 26	2—14	8.32	

Pod vegetacijskim pokrovom naročito šumskim, a posebno pak u višim terenima, naročito vlažnim, nalazimo u tlima čestice, koje se mogu u vodi znatno jače koloidno dispergirati. Tako već u području Senjske drage smeđe tlo broj 3 ispod borove šume iskazuje 16.31% čestica manjih od 0.002 i ako čestica manjih od 0.01 mm ima znatno manje nego u crljenici »Senjska draga 1«. Jedino na hrptu Alinog bila u crnici nema veće količine glinenih čestica ni pod nižim vegetacijskim pokrovom ni pod šumom; razlog je u tome, što se sve čestice, koje se u vodi dađu koloidno dispergirati ispiru i odlaze u depresije na obroncima brda. I zaista mi vidimo, da u glinastoj ilovači iz depresije na obronku Alinog bila (broj 25) ima vrlo velika količina čestica manjih od 0.002 mm.

Da crljenica »Senjske drage 1« zaista obiluje koloidima, pokazuje najbolje i vrijednost dobivena za higroskopicitet toga tla (skrizaljka 6). Iz skrizaljke 6 vidi se također, da se

većina tala na istraživanom području odlikuje dosta velikim higroskopicitetom, pa se već po tome daje zaključiti, da su tla bogata koloidima.

Odsustvo hidrozola u tlima, što se razvijaju poglavito pod utjecajem klimskih faktora, a slabije pod utjecajem vegetacije (crljenice u pukotinama vapnenca i crveno-žučkasto tlo na odronima) razlogom je relativno dosta slabe povezanosti čestica tla u suvom stanju, dakle prhkosti i dobivosti u vrlo sitne agregate. Naprotiv u tlima, što se razvijaju pod jačim vegetacijskim pokrovom, ima dosta velika količina hidrozola, koji tlo u suvom stanju čine skupnim, vežući čestice u čvrste grudice.

Konačno, da dobijemo predodžbu o fizikalnim svojstvima tala istraživanog poručja, mi smo utvrdili kod 6 tala s različitim mjestima kapacitet tla za vodu i to kako utezni tako i volumni, dalje spec. težinu, a pored toga i volumen pora, te kapacitet za vazduh; dobivene vrijednosti dakako da ne prikazuju potpuno vjerno prilike u tlu, jer tlo nije analizirano u prirodnoj njegovoj strukturi.

Rezultate ovih istraživanja prikazuje skrižaljka 7.

Fizikalna svojstva
Les propriétés physiques

Skrižaljka 7:

Oznaka tla	Abs. kapacitet za vodu u % Capacité pour l'eau en %		Spec. težina Poids spécifique	Volumen pora u % Volume des espaces lacunaires	Kapacitet za vazduh u % Capacité pour l'air
	utezni poids	volumni volume			
Senjska draga 1	37,5	32,5	2,60	65,7	33,2
Senjska draga 2	24,9	33,2	2,62	39,2	16,0
Jasenje 13	55,5	35,0	2,28	72,3	37,3
Petuova grada	105,3	67,4	2,52	74,6	7,2
Vel. Greda 10	115,0	57,2	2,07	76,3	19,1
Dolac 12	46,3	34,7	2,36	67,9	23,2

Vidimo, da se u nižim položajima kod mineralnih tala apsolutni kapacitet za vodu (volumni) kreće oko 30%, te da s porastom nadmorske visine raste kako utezni tako i volumni kapacitet i to vrlo osjetljivo: volumni se kapacitet podvostručava, a utezni postaje do 3 puta veći. Možemo uzeti, da je apsolutni kapacitet tla za vodu kod tala nižih položaja osrednji, dok je kod tala viših položaja visok. Pa makar da je apsolutni kapacitet tla za vodu osrednji u nižim, a visok u višim

položajima i uza sve to, što na području Senja padne 1.584 mm oborina godišnje, ipak su tla toga područja fiziološki dosta suva i to s razloga, što je intenzitet insolacije velik, zasićenost vazduha vodenim parama minimalna, intenzitet vjetra neobično velik, a naročito još zato, što je higroskopicitet tla visok i što su tla plitka, tako da imaju malen maksimalni i apsolutni fiziološki kapacitet za vodu. Pri tome pod malnim kapacitetom razumijevamo onu količinu fiziološke vlage, koju tlo može uopće zadržati u čitavom aktivnom sloju, dok pod apsolutnim fiziološkim kapacitetom razumijevamo onu količinu fiziološke vlage, što otpada na volumnu ili uteznu jedinicu tla. Što se tiče apsolutnog fiziološkog kapaciteta, mi vidimo na temelju analitičkih podataka, da je on malen-u-tl-im-a-ni-ž-ih-polo-ž-a-j-a, jer veliki procenat otpada na higroskopsku vlagu, koja je na površini čestica tla vezana silom od nekoliko hiljada atmosfera i koja nema za vegetaciju nikakovog značenja.

S obzirom na maksimalni fiziološki kapacitet tla za vodu izgledaju prilike za opskrbu vegetacije vodom još nepovoljnije. Krška su tla plitka i zato mogu u sebi zadržati minimalne količine oborinske vode.

Dok duboko ilovasto na području Zagreba može (teoretski uzeto) primiti svih 900 mm oborina i u sebi ih razdijeliti do dubljine od jedan i po ili dva metra, dotle krška tla, budući da su plitka, mogu primiti i zadržati tek neznatnu količinu oborina; a sav višak vode, nakon što ispere tlo, ostavlja ga i odlazi u obliku gravitacione vode najkraćim putem u depresije i podzemne tokove, duboko pod kamenitim svodovima. Apsolutni je kapacitet tla za vodu kod krških tala vrlo malen, naročito ako pod tлом razumijevamo smjesu sitnog krša sa sitrim tлом. Kamen vapnenac sam po sebi ima vrlo malen kapacitet za vodu, a kako on participira u tlu sa 40—70%, to je očito, da samo sitno tlo ne može mnogo vode zadržati. Uzmimo, da je prosječni aps. kapacitet za vodu krškog tla 25% i da tlo tvori kompaktni sloj debljine 20 cm, to bi značilo, da tlo na površini od jednog kvadratnog metra, a do dubljine 20 cm može zadržati 40 litara vode, t. j. može primiti i zadržati 40 mm oborina. Sav višak tvori gravitacionu vodu, koja je za vegetaciju izgubljena. A zapravo možemo reći, da krško tlo pod površinom od 1 m², a do dubljine od 20 cm, ne može zadržati prosječno ni 40 litara vode, jer je njegov kapacitet za vodu, s obzirom na veliko prisustvo sitnijeg i krupnijeg krša, još znatno manji.

Vidimo dakle, kako nepovoljne uvjete života pruža krško tlo vegetaciji već s obzirom na apsolutni i maksimalni kapacitet za vodu. Krško tlo nije sposobno da primi i zadrži veću

količinu vlage u vrijeme humidnih perioda i da je konzervira za vrijeme kad ustreba vegetaciji.

Eto ovi podaci pokazuju jasno, da je nizak maksimalni i apsolutni fiziološki kapacitet tla za vodu onaj faktor, koji uvjetuje nesigurnost razvitka gajenih kultura, naročito mladih, na istraživanom dijelu litoralnog Krša, a naročito u ekstremno suvim godinama. Ako se još uzme u obzir veliko isparivanje vlage iz ovih tala pod utjecajem vjetrova, koji kao što je poznato u području Senja postizava veoma velik intenzitet, onda je još jasnije, da je oskudica vode onaj faktor, koji u velike odlučuje o uspjesima pošumljavanja Krša u spomenutom području.

Zato je pitanju vlage, kao faktora vegetacije, potrebno posvećivati pažnju barem u prvo vrijeme, dok šuma ne razvije gust sklop i ne počne sama utjecati na klimu tla i klimu atmosfere. Kako, to je pitanje tehničke provedbe.

Kemijski sastav i svojstva.

Kemijska su istraživanja imala svrhu, da pruže sliku o kemijskom sastavu i svojstvima tala, što se razvijaju na području Senja i okolice; pri tom je glavna pažnja posvećena sastavu u svojstvima kemijski aktivnijeg dijela sitnog tla, t. j. onog dijela, koji se rastvara u 10%-noj solnoj kiselini. U drugome su redu ova istraživanja imala svrhu, da dadu sliku o intenzitetu promjena toga aktivnijega dijela mineralnog kompleksa tla, kao i o akumulaciji i karakteru organskog dijela, na različitim mjestima našeg istraživanog područja. Određivanje je sastava izvataka tla u 10% HCl vršeno po Gedroizu,¹⁰ ukupni dušik određen je po Jodelbueru,²⁰ humus po Knopu,²¹ karakter humusa po Schütze-u,²² SiO₂ u 5% KOH po Gedroizu, te reakcija vodenog ekstrakta tla kao i ekstrakta tla u n-KCl kolorimetričkom metodom pomoću nitro i dinitrofenolskih indikatora po Michaelisu.²³ Analiza solnokiselog izvataka, te određivanje humusa i ukupnog dušika, provedena je kod 10 tala iz različitih nadmorskih visina i položaja, te ispod različitih pokrova. Pored toga je kod svih tala istražena reakcija izvataka tla u destiliranoj vodi i u normalnom kalijском kloridu, dalje je utvrđen i karakter humusa, a kod većine tala i sadržina humusa u tlu. Time je unešeno više svjetla u kemizam tih tala i dobivena slika o tenderciji njihovog daljeg razvitka.

Evo rezultata tih istraživanja:

Senjska draga 1
Crljenica iz dubljine 100–130 cm. Skrizaljka 8.

Rastvorivo u Soluble en 10% HCl 3h 100°C	u en %	Opaska
SiO ₂	1,85	Visina nad morem oko 35 m, exp. S, inklin, 85
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	22,85	
Al ₂ O ₃	10,57	
Fe ₂ O ₃	12,05	
CaO	0,61	
MgO	0,15	
K ₂ O	0,05	
Na ₂ O	0,23	
P ₂ O ₅	0,10	
SO ₃	0,14	
Ukupno	25,88	
N (ukupni dušik)	0,07	
Humus	0,86	
pH u H ₂ O	7,15	
pH u n-KCl	6,50	

Ova crljenica, koja zapravo predstavlja prelazni horizont AB, dakle horizont eluvijalno-iluvijalni odlikuje se u pogledu kemijskog sastava: 1. visokom sadržinom SiO₂ a naročito seskvioksida; 2. relativno dosta niskom sadržinom vapna i 3. vrlo niskom sadržinom sadržinom humusa.

Od alkalija ima vrlo malo kalija, a znatno više natrija.

Senjska
"draga
5.

Analiza sitnog tla pokazuje, da je skoro 50% tla rastvorivo u 10% HCl, ali da od toga najveći dio otpada na CaO, manje na MgO, dok osida ima u tlu svega 7,09%. Na željezo otpada samo 1,27%. Kalija ima malo, a natrija nešto više. Fosfora ima također malo, sumpora nasuprot znatno više. Sadržina je humusa dosta niska, slično kao i kod slabo podzoleranih hrvatskih tala. Ukupnog dušika ima dosta. Reakcija je vodenog izvataka skoro neutralna, dok je reakcija izvataka tla u rastvoru kalijevog klorida vrlo slabo kisela.

Senjska draga 5

Skrizaljka 9.

Rastvorivo u Soluble en 10% HCl 3h, 100°C.	u en %	Opaska
SiO ₂	0,40	Tlo u visini n. m. od 150 m, exp. W, inkl. 35-40°, ispod <i>Salvia</i> off.
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	7,09	
Al ₂ O ₃	5,73	
Fe ₂ O ₃	1,27	
CaO	34,35	
MgO	7,34	
K ₂ O	0,08	
Na ₂ O	0,12	
P ₂ O ₅	0,09	
SO ₃	0,17	
Ukupno	49,17	
SiO ₂ u 5% KOH	9,02	
N (ukupni dušik)	0,16	Schütze-ova reakcija: negativna
Humus	2,47	
pH u H ₂ O	6,90	
pH u n-KCl	6,55	

Ovo je tlo doduše manje rastvorivo u 10% solnoj kiselini, od tla Senjska draga br. 5, ali jedino zato, što u njemu nema uopće CaCO₃; s druge se pak strane ono odlikuje znatno većom količinom željeza i aluminija; SiO₂ topivog u HCl i KOH ima manje.

Senjska
draga
7.

Kalija ima dosta malo, a natrija dva i po puta više nego kalija, Fosfora ima jednako malo, a sumpora jednako mnogo kao i u prvom tlu, koje se razvilo na vapnencu. Sadržina je ukupnog dušika niska jednako i sadržina humusa. Za razliku od susjednih tala na vapnencu, ovo tlo ima slabo kiselu reakciju vodenog izvataka, a dosta kiselu reakciju izvataka tla u normalnom kalijском kloridu.

Količina substancijski rastvorivih u 10% HCl kod tla Greben 6 dosta je velika, pogotovo kad se uzme da od toga malen procenat otpada na CaCO₃, a najveći na Al₂O₃ i Fe₂O₃. Uudara u oči, da u ovom tlu ima dosta kalija i fosfora, a također i na-

Greben
14.

trija i sumpora; na prvi se mah čini to čudnovato, kad znamo, da se i ovo tlo razvija iz vapnenca, kao i tlo Senjska draga 5, koje spomenutih elemenata ima malo. Ali po sadržini humusa, kojeg kao što vidimo ima u ovom tlu vrlo mnogo, možemo

Senjska draga 7
Analiza horizonta tla iz dubljine od 5–15 cm. Skrižaljka 10.

Rastvorivo u Soluble en 10% HCl 3 ^b i 100°C.	u en %	Opaska
SiO ₂	0,65	Visina n. m. 346 m, exp. NNW, inkl. 6°. Tlo ispod Quercus sesiliflora na diabazporfiritu.
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	15,10	
Al ₂ O ₃	8,67	
Fe ₂ O ₃	6,34	
CaO	0,96	
MgO	0,67	
K ₂ O	0,07	
Na ₂ O	0,19	
P ₂ O ₅	0,09	
SO ₃	0,18	
Ukupno	17,91	
SiO ₂ u 5% KOH	28'9	
N (ukupni dušik)	0,09	Reakcija po Shütze-u: boja blijedo smeđa
Humus	1,79	
pH u H ₂ O	6,25	
pH u n-KCl	5,00	

Iako objasniti, zašto kalija i fosfora ima u grebenskom tlu više. To su fosfor i kalij, koje su biljke za života rezorbirale u svojim organima, a koji se još i sada nalaze u tlu u organski vezanom obliku. Reakcija je vodenog izvotka tla skoro neutralna, dok je reakcija izvotka tla u n-KCl vrlo slabo kisela.

Ukupna je množina rastvorivih substancija u površinskom horizontu veća nego u horizontu od 60–120 cm, pogotovo ako se izluče vrijednosti dobivene za CaO; naročito je velika razlika u pogledu aluminija, kojeg u površinskom horizontu ima znatno više. Uopće svih substancija osim vapna ima u površinskom horizontu više nego u nižem horizontu.

Djeteline
19.

Greben 14

Skrizaljka 11.

Rastvorivo u 10% HCl Soluble en 10% HCl 3 ^h kod 100°C	u en %	Opaska
SiO ₂	0,52	Podnožje brežuljka Greben, v. n. m. 600 m, exp. SSW., inkl. 4–6°; tlo obraslo travom.
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃ + P ₂ O ₅	20,73	
Al ₂ O ₃	13,18	
Fe ₂ O ₃	7,53	
CaO	1,22	
MgO	0,30	
K ₂ O	0,17	
Na ₂ O	0,28	
P ₂ O ₅	0,12	
SO ₃	0,27	
Ukupno	23,61	
N — ukupni	0,17	Schützeova reakcija: svjetlo smeđe
Humus	10,02	
pH u H ₂ O	6,85	
pH u n- KCl	6,35	

Udara u oči, da uza sve to, što nema mnogo humusa u površinskom horizontu, ima fosfora i kalija u dosta velikoj količini. To je lijep primjer, kako šuma konzervira hraniva i čuva plodnost krškog tla. Prodirući korijenjem u dublje horizonte šumsko drveće oduzima istrošenom vapnencu oslobođena hraniva, deponira ih u svojim organima a naročito u lišću, da ih opet na jesen u tom lišću, pošto je obavilo fiziološku funkciju, vrati tlu. Eto zato nalazimo pod šumskim pokrovom u kršu relativno više hraniva, nego u susjednom golom tlu.

Procentna je sadržina ukupnog dušika osrednja. U čitavom je profilu reakcija izvotka tla u vodi skoro neutralna, dok je reakcija izvotka tla u normalnom KCl vrlo slabo kisela:

U ovome je tlu sadržina substancija rastvorivih u 10% HCl dosta niska. Kalija ima dosta, fosfora i sumpora malo. Reakcija je na CaCO₃ negativna, dok je reakcija vodenog izvotka tla kisela, a izvotka u norm-KCl dosta kisela. Sirovaštvo se ovog horizonta, u pogledu fosfora i sumpora daje protumačiti jednako kiselom reakcijom tla, kao i činjenicom, da korijenje trava intenzivno resorbira hranive anione i da ih prenaša iz nižih horizonata u više.

Ispod
Crnog
vrha 20.

Paljenik 21. Količina je rastvorivih substancija u 10% HCl jednaka skoro kao i u horizontu 6—16 profila »Djetelina 19«, pri čemu najveći procent otpada na Al_2O_3 i Fe_2O_3 . Kalcija ima najmanje, a magnezija više, kalija i natrija ima opet manje, ali još uvijek dosta velika količina. Fosfora i sumpora ima naprotiv znatno

Djeteline 19

Analizirana su dva horizonta i to od 6—16 i od 60—120 cm.

Skrižaljka 12.

Rastvorivo u 10% HCl Soluble en 10% HCl 3h kod 100°C u %	Tlo iz dubljine Profondeur de l' horizon		Opaska
	6—16 cm	60-120 cm	
SiO_2	0,57	0,78	Visina n. m. 800 m, exp. SO, inkl. 2—3 ispod bukove šume na vapnencu.
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$	19,37	12,76	
Al_2O_3	12,29	6,21	
Fe_2O_3	7,90	6,43	
CaO	0,94	5,66	
MgO	0,28	0,15	
K_2O	0,21	0,14	
Na_2O	0,40	0,26	
P_2O_5	0,18	0,12	
SO_3	0,12	0,08	
Ukupno	22,07	19,95	
SiO_2 u 5% KOH	3,04		
N — ukupni	0,13		Schützeova reakcija; boja svjetlo žućkasta
Humus	2,70		
pH u H_2O	6,90	6,90	
pH u n-KCl	6,60	6,50	

manje. Kao što se iz skrižaljke vidi, tlo je i humusom oskudno, najveći procent otpada na Al_2O_3 i Fe_2O_3 . Kalcija ima manje, čija ekstrakta tla u n-KCl svjedoči o jačim promjenama mineralnog kompleksa ovoga tla. Odsustvo aniona, naročito P_2O_5 , bez sumnje stoji u vezi s kiselom reakcijom ovoga tla.

Ova se crnica, koja se već po boji razlikuje od svih do-
Alino sadanjih tala, odlikuje vrlo niskom sadržinom tvari rastvorivih
bilo 23. u 10% HCl. Zanimljivo je, da u solnokiselom ekstraktu ove
 crnice, koja sadrži 9,71% organskih tvari, ima najviše Al_2O_3 i

Ispod Crnog Vrh 20
 Analiza horizonta tla iz dubine od 40—60 cm. Skrižaljka 13.

Rastvorivo u 10% HCl Soluble en 10% HCl	u % en %	Opaska
SiO ₂	0,45	Visina n. m. 820 m. Košanice obrasle travom.
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	13,88	
Al ₂ O ₃	7,84	
Fe ₂ O ₃	5,96	
CaO	0,23	
MgO	0,35	
K ₂ O	0,13	
Na ₂ O	0,24	
P ₂ O ₅	0,08	
SO ₃	0,06	
Ukupno	15,42	
SiO ₂ u 5% KOH	3,79	
N — ukupni	0,19	Schützeova reakcija: žučkasto sa slabo smeđom niansom.
Humus	1,60	
pH u H ₂ O	5,95	
pH u n-KCl	5,00	

Fe₂O₃. Vidimo također, da ovo tlo ima dosta veliku količinu ne samo CaO i MgO, nego i K₂O, Na₂O, te fosfora i sumpora. Očito je, da su sve te substancije organski vezane, u crnoj materiji humusu. Utvrđeno je dalje, da je od organskih tvari prešlo u solnokiselni rastvor 1,95%, te je i po tome jasno, da najveći dio hranivih materija u solnokiselom rastvoru potječe od humusa.

I ako ovo tlo sadrži mjestimice ulomke vapnenca, nema bazičnu ili neutralnu već nezatno kiselu reakciju vodenog ekstrakta, a slabo kiselu reakciju izvotka tla u normal. kalij-skom kloridu; znači, da postoji tendencija tvorbe kiselog humusa.

Pod samim vrhom Alinog bila, na terenu nešto zaklonjeno od bure, tlo gubi crnu boju i postaje blijedo-smeđe. Sadržina humusa smanjuje se o čitava tri procenta, no kako ana-

**Alino-
bilo 25.**

liza pokazuje ima ga još uvijek toliko, koliko ga ima na pr. u ruskom černozeu. Toj relativno velikoj sadržini organskih tvari treba pripisati, što je tlo dosta obilno hranivima. Količina je u HCl rastvorivih substancija kod ovoga tla veća, nego kod one crnice sa vrha Alinog bila, a to se povećanje ima pripisati isključivo većoj sadržini rastvorivog Fe_2O_3 i Al_2O_3 . Naprotiv vidimo, da je vapno iz tla dosta isprano. Zato je reakcija vodenog ekstrakta tla i ekstrakta u n-KCl slabo kisela.

Paljenik 21

Analiza horizonta tla iz dubine od 7–16 cm. Skrižaljka 14.

Rastvorivo u 10% HCl Soluble en 3h 100°C	u en %	Opaska
SiO_2	0,73	Visina n. m. oko 700 m. exp. N, inklin, 20°, tlo ispod Abies-Fagus.
$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{P}_2\text{O}_5$	20,05	
Al_2O_3	11,39	
Fe_2O_3	8,62	
CaO	0,23	
MgO	0,35	
K_2O	0,16	
Na_2O	0,30	
P_2O_5	0,04	
SO_3	0,08	
Ukupno	21,94	
N ukupni	0,14	Schützeova reakcija: crvenkasto žućkasta boja
Humus	1,82	
pH u H_2O	5,95	
pH u n-KCl	4,80	

Alino
bilo 26.

U ovom pepeljastom tlu, koje se unazad nekoliko godina pošumljava crnim borom, ima relativno dosta malo u 10% HCl rastvorivih substancija. Reakcija na CaCO_3 u sitnome tlu je negativna i ako se tlo razvija među vapnenčevim kršom. To znači, da se vapno iz ovog tla znatno ispire. Da se doista tlo dosta intenzivno ispire, dade se ustvrditi i po aktivnom i izmjeničnom aciditetu. S druge strane je čudnovato: odakle veća količina P_2O_5 u ovom tlu, kad znamo, da se u kiselim tlima fosforna kiselina lako ispire. Razumijeti ćemo i to kad se

Alino bilo 23

Skrizaljka 15.

Rastvorivo u 10% HCl Soluble en 10% HCl 3h 100° C	Tlo sadrži u % en %	Opaska
SiO ₂	0,48	Greben Alinog bila visina 980 m, inkl. 10° Crnica. Pokrov niže zeleni.
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	9,09	
Al ₂ O ₃	5,92	
Fe ₂ O ₃	3,02	
CaO	1,46	
MgO	0,36	
K ₂ O	0,25	
Na ₂ O	0,49	
P ₂ O ₅	0,15	
SO ₃	0,27	
Ukupno	12,55	
N — ukupni	0,37	Schützeova reakcija: smeđe
Humus	9,71	
pH u H ₂ O	6,80	
pH u n-KCl	6,45	

sietimo, da Gramineae trebaju veliku količinu aniona. te da prema tome i trave, koje poglavito obrađuju ovo tlo, rezorbiraju mnogo P₂O₅ i konzerviraju ga u površinskom horizontu.

Iz navedenih se istraživanja vidi, da je mineralni dio tala ovoga dijela litoralnog Krša oskudan hranivima: sadržina hranivih supstancija raste s porastom sadržine organske tvari, a opada s porastom aciditeta tla. Siromaštvo tala hranivima dolazi do izražaja naročito u pogledu fosfora, a manje u pogledu kalija i ukupnog dušika.

U kakvom su obliku hraniva u istraživanim tlima, o tom će dati odgovor fiziološko-kemijska analiza.

Što se tiče k a r a k t e r a h u m u s a, to pokazuje kvalitativna Schütze-ova reakcija, da se u tlima nižih nadmorskih visina, u koliko se razvijaju na vapnencu, ne tvori kiseli humus, dok se kod tala što se razvijaju na diabaz-porfiritu opaža slaba tendencija zakiseljavanje humusa. Takva se tendencija zapaža sve jače s porastom nadmorske visine i kod tala, što se razvijaju na vapnencu. Tako u visini nad morem od 600 m tlo s

»Greben 14.« daje pozitivnu Schütze-ovu reakciju, makar da se razvija u vapnencu. Humus, koji se tu dosta znatno akumulira, ima slabo kiseo karakter. Slično je i humus s nešto više položenog terena »Greben 15« slabo kiseo. Crnica se Šabovca ima također kiseo karakter.

U koliko već sprijeđa nije označen karakter humusa, prikazuje ga skrižaljka br. 18.

Alino bilo 25

Skrižaljka 16.

Rastvorivo u Soluble en 10% HCl 3h 100°C	Tlo sadrži u en %	Opaska
SiO ₂	0,54	
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	13,78	
Al ₂ O ₃	13,78	
Fe ₂ O ₃	5,73	
CaO	0,40	
MgO	0,39	
K ₂ O	0,30	
Na ₂ O	0,49	
P ₂ O ₅	0,10	
SO ₃	0,22	
Ukupno	16,22	
SiO ₂ u 5% KOH	7,01	
N — ukupni	0,29	Schützeova reakcija: svjetlo smeđe
Humus	6,07	
pH u H ₂ O	6,25	
pH u n-KCl	5,65	

U skrižaljci je dalje naznačena reakcija na CaCO₃, reakcija izvarka tla u vodi i normalnom kolijskom kloridu, te postotna sadržina humusa u tlu.

Iz podataka navedenih u skrižaljci proizlazi, da je prisustvo nezasićenog humusa u višim zonama litoralnog Krša kao i u susjednim područjima kontinentalnog Krša uvjetovano poglavito klimatski, jer ga nalazimo na vapnencu, među vapnenčevim kršom i ispod različitih biljnih pokrova.

Alino bilo 26

Skrizaljka 17.

Rastvorivo u 10% HCl Soluble en 3h 100°C	Tlo sadrži u % en %	Opaska
SiO ₂	0,59	Visina n. m. 920 m, exp. WSW, inkl. 10–15° Svjetlo tamno, kao pepeo sipko tlo, ispod travnog pokrova.
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅	11,16	
Al ₂ O ₃	6,59	
Fe ₂ O ₃	4,45	
CaO	0,61	
MgO	0,18	
K ₂ O	0,24	
Na ₂ O	0,46	
P ₂ O ₅	0,12	
SO ₃	0,17	
Ukupno	13,53	
SiO ₂ u 5% KOH	7,19	
N — ukupni	0,29	
Humus	2,56	
pH u H ₂ O	6,25	
pH u n-KCl	5,85	

Vidimo također, da ne postoji pozitivan odnošaj između zasićenosti humusa i reakcije ekstrakta tla u vodi odnosno u n-KCl: naročito je značajno, da se u tlima, koja pokazuju neutralnu odnosno slabo bazičnu reakciju vodenog ekstrakta, može tvoriti kiseo humus što najbolje ilustrira analiza tla Alino bilo 24 i Velika Greda 10. Sitni ulomci vapnenca, koji se među kiselim humusom nalaze, utječu na reakciju vodenog ekstrakta tla, čineći ga neutralnim odnosno slabo bazičnim. Humus opet sam nije bazičan, jer se sve rastvoreno vapno prvom kišom ispere iz plitkog krškog tla.

Fiziološko-kemijska analiza.

Ekstrakcijom je tla u 10% solnoj kiselini dođue dobivena predodžba o količini hraniva rastvorivih u toj kiselini, ali je ostalo neriješeno pitanje, jesu li ta hraniva u fiziološki aktivnom t. j. biljkama pristupnom obliku. Da na to pitanje odgovorimo,

Skrizaljka 18.

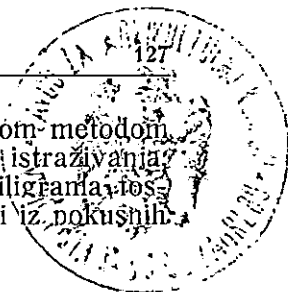
Oznaka tla Désignation du sol	Schütze-ova reakcija Réaction de Schütz	Sadržina humusa Humus u % en %	Reakcija na CaCO ₃ Réaction sur CaCO ₃	pH u dans		Opaska
				H ₂ O	n-KCl	
Senjska draga 1.	bez boje	0,86	+	6,80	6,65	Uzorci tla uzeti u martu 1930.
Senjska draga 2.	bez boje	0,04	+++	7,00	6,70	
Senjska draga 3.	svijetlo-smeđa do žućkasta	3,56	—	7,00	6,75	
Senjska draga 4.		—	+++	6,95	6,60	Uzorci tla uzeti u augustu 1929.
Senjska draga 6.	blijedo žućkasta	—	++	6,55	6,65	
Senjska draga 7. [listinac]	žućkasto smeđa	—	—	6,15	6,25	
Senjska draga 7. (70—90)	blijedo žućkasta	—	—	1,95	5,00	
Sv. Mihovil 8.	blijedo žuto	3,99	+++	6,60	6,65	Uzorci tla uzeti u martu 1930.
Petuova greda 9.	svijetlo-smeđe	—	—	6,80	6,70	
Velika greda 10.	intenz. crveno- smeđe	18,10	—	6,80	6,80	
Veliki Veljun 11.	svijetlo-smeđe	6,74	—	6,75	6,60	
Dolac 12.	svjetlo-smeđe	6,88	—	6,75	6,10	
Jasenje 13.	crvenkasto žućkasta	—	+	7,05	6,65	Uzorci tla uzeti početkom septem- bra godine 1929.
Greben 14.	svijetlo-smeđa	—	+++	—	—	
Šabovac 16.	crvenkasto- smeđa	—	—	6,75	6,20	
Stražbenica 17.	blijedo-smeđa	—	—	7,25	6,75	
Matića draga 22.	tamno-crven- kasto smeđa	—	—	5,85	5,25	
Alino bilo 24.	smeđa	—	++	7,45	7,35	
Alino bilo 25.	svijetlo smeđa	—	—	6,25	0,65	

+++ znači: vrlo mogo CaCO₃;

++ dosta;

+ ima;

— nema.



proveli smo analizu nekih tala fiziološko-kemijskom metodom po Neubauer-Schneideru²⁴. Rezultati tih istraživanja sakupljeni u skrižaljci 19 pokazuju, koliko su miligrami fosforne kiseline i kalija rezorbirale mlade biljke raži iz pokusnih tala za 18 dana vegetacije.

Skrižaljka 19

Broj tla. Numeros du sol.	Porijeklo tla. Origine du sol.	Horizont od — do ccm. Profondeur de l'horizon	Rezobirano hraniva iz tla. Elements nutritifs résorbés du sol.	
			P ₂ O ₅ u mg.	K ₂ O u mg.
14	Greben [branjevina]	0—8	—2,10	1,09
19	Djeteline	6—16	—13,43	13,60
20	Ispod Crnog vrha	40—60	—2,17	0
21	Paljenik	7—16	—5,04	4,22
26	Alino brdo	0—10	2,87	0

Ovi se rezultati odnose na vrijednosti rezobiranih hraniva iz tla, koje su dobivene tako, da je od ukupne količine spomenutih hraniva u biljkama izraslim na tlu, odbijena količina hraniva u biljkama izraslim na potpuno čistom pijesku. I ako se ove analize odnose samo na pet uzoraka tla, one ipak pružaju vrlo poučnu sliku o sadržini fiziološki aktivnog fosfora i kalija u tim tlima. One pokazuju, da su sva tla bez razlike potpuno siromašna lako pristupnim fosforom, šta više, da je i samo tlo oduzelo sjemenu jedan dio fosforne kiseline, te ga u sebi vezalo. Sva tla osim »Djeteline« pokazuju oskudicu lako pristupnog kalija.

Ova su istraživanja u toliko interesantnija, što utvrđuju nazor, da se na temelju same kemijske analize ne da zaključivati o bogatstvu tla aktivnim hranivima. Tla s Grebena i Alinog bila pokazuju dođuše dosta veliku sadržinu fosfora, i još veću sadržinu kalija u ekstraktu 10% HCl, pa su ipak siromašna kako fiziološki aktivnim fosforom tako i kalijem. Biće nam to razumljivo kad se sjetimo, da su spomenuta tla bogata organskom materijom, te da se prema tome fosfor i kalij nalaze u organski vezanom a biljkama nepristupnom obliku. Što se tiče fosforne kiseline; to je sigurno, da bi se i ona

isprala, kad ne bi bila u tome netopivom obliku. U pogledu kalija udara u oči, da ga ima ipak nešto slobodnog i ako u malim količinama; izgleda to čudnovato, kad znamo, da su alkalije inače u tlu vrlo pokretljive, pa da se prema tome i najlakše ispiru. No prisustvo slobodnog kalija dađe se protumačiti činjenicom, da vazduh u blizini mora sadržati male količine soli (Bal en J.²⁹) i to poglavito NaCl i KCl, koji oborinama i vjetrovima trajno dospjevaju u tlo. Ta je pretpostavka u toliko vjerojatnija, što je analizom dokazano, da natrija ima u tlu dosta velika količina, a uvijek više nego samog kalija. Našim je istraživanjem utvrđeno, da čak i oborinska voda u Gospiću, dakle u području pod Velebitom a od mora udaljenom, sadržava velike količine alkalija.³⁰

U tlima sa niskim procentom humusa t. j. kod većine mineralnih tala na golom Kršu do 600 m nad morem, ima kao što smo vidjeli, malo fosforne kiseline i u samom solnokiselom izvatku tla. Znači, da su tla na području Senja i okolice oskudna fosforom, te je zato potrebno, mlade kulture snabdjevati fosfornom kiselinom, barem u prvih nekoliko godina razvoja, dok listinac resp. iglice ne počmu vraćati tlu u njima konserviranu fosfornu kiselinu i dok i samo korijenje ne počme jače vezati oslobođenu fosfornu kiselinu iz mineralnog dijela tla.

Za određivanje fiziološki aktivnog dušika u tlu nemamo do sada sigurne kvalitativne metode, ali imamo kvalitativnu,³⁰ kojom smo mogli utvrditi, da u istraživanim tlima nema dovoljno ni fiziološki aktivnog dušika. Prehrani bi kultura dušikom trebalo posvetiti pažnju barem u prvo vrijeme njihova razvoja. Kod toga treba imati u vidu dvije stvari: 1. da se u substratu bogatom dušikom razvija korjenov sistem biljaka slabo; to znači, da bi jače gnojenje tla dušikom moglo imati nepovoljan utjecaj na razvoj korjena mladih kultura i 2. postoji mogućnost, da šumske kulture Krša trebaju malo dušika i da se zadovoljavaju orim količinama, koje dospjevaju u tlo oborinama i fiksacijom elementarnog dušika mikrobiološkim putem. To pitanje treba još riješiti daljim istraživanjem.

Koračno ostaje neriješeno, u kojem obliku treba davati mladim kulturama fosfornu kiselinu, dušik, a eventualno i kalij. To je problem za sebe, na koji će se pozitivno moći odgovoriti istom onda, kad budu poznata fiziološka svojstva gajenih kultura, fiziološka svojstva gnojiva i svojstva tla. Moramo žalibože odmah napomenuti, da još uvijek nisu dovoljno poznata fiziološka svojstva šumskih kultura*.

* Uopće se u šumarsko-naučnoj literaturi osieća manjak fiziološko-eksperimentalnih istraživanja.

No u koliko se tiče svojstava gnojiva i tla, te klimskih prilika, moglo bi se pretpostaviti, da gnojenje fosfornom kiselinom u obliku trikalcijum-fosfata može imati povoljan utjecaj s razloga, jer se tlo može pognojiti (u kućice) većim količinama gnojiva bez bojazni, da će se prvom kišom isprati ili da će gnojivo ispoljiti toksično djelovanje u vrijeme suvlje periode, uslijed porasta koncentracije tekuće faze tla. Što se tiče uporabe superfosfata, treba imati na umu, da se fosfor, koji se nalazi u njemu poglavito u obliku u vodi toplivog monokalcijumfosfata, može lako ispirati prilikom prve jače kiše, u koliko, vežući se s željezom i aluminijem ne pređe u biljkama teško pristupan željezni ili aluminijski fosfat. I jedno i drugo govori protiv upotrebe superfosfata na ovim tlima, a za upotrebu trikalcijskog fosfata, u toliko više, što je fosforna kiselina u trikalcijumfosfatu znatno jeftinija nego u superfosfatu.

U pogledu dušikovih gnojiva ne zna se koje bi gnojivo djelovalo najbolje. Znamo tek toliko, da je dušikova umjetna gnojiva bolje upotrebljavati u malim količinama ali češće, jedno s razloga, što su ta gnojiva u vodi rastvoriva te lako povećavaju koncentraciju rastvora tla do škodljivih granica u vrijeme suvlje periode, a drugo zato, što se iz tla ispiru.

Da gnojenje krških tala prilikom pošumljavanja i tokom prvih nekoliko godina razvitka mladih kultura može donijeti pozitivne rezultate, očito je, ako se uzme u obzir, da su sadnja tla potpuno isprat substrat, u kojemu mlade sadnice često ne nalaze već ni u prvo doba potrebitu hranu. Tek kad šuma zaraste goli Krš, nastaju povoljnije prilike za njenu prehranu. Sloj rastresitog tla postaje deblji, intenzitet translokacije koloidnih disperzija i ispiranje hranivih substancija oslabi, šuma korijenjem mobilizira hraniva iz dubljih horizonta ili ih zadržava na putu iz viših u niže horizonte, te iznosi i vraća s listincem na površinu tla. Niža šumska flora učestvuje također na konzervaciji i mobilizaciji fosforne koseline u površinskom sloju. I mrtvi šumski pokrov izolira tlo od utjecaja sunčanih energija, smanjuje gubitak vlage iz tla isparivanjem, utječe dakle povoljno na vlažnost tla. Zbog svega se toga pojačava znatno mikrobiološka aktivnost tla, raste i fiksacija elementarnog dušika, u kratko, stvaraju se povoljniji prirodni uvjeti za život i prehranu vegetacije.

Mikrobiološka aktivnost.

Da potpunimo predodžbu o biološkim svojstvima i dobijemo uvid u promjene biološke aktivnosti tala istraživanog područja, ispitali smo i ako tek grubo, i mikrobiološku aktivnost od osam tala, ispod različitih pokrova.

Istraživanja su vršena metodom prof. Ivanoffa,²⁷ a baziraju na pretpostavci, da postoji pozitivna korelacija između mikrobiološke aktivnosti i količine ugljičnog dioksida, koju mikroorganizmi tla izdišu. Mjerenja vršena aparatom u tu svrhu naročito modificiranim*, prikazana su u skrižaljci 20.

Dobivene se vrijednosti odnose na visinu stupca žive u manometru nakon različitih intervala pokusnog vremena**.

Skrižaljka 20.

Broj tla Numeros du sol	Porijeklo i oznaka tla Origine et désignation du sol	Porast visine stupca žive u manometru u mm nakon dana L'élévation du mercure dans le manometre en milimètres d'après écoulement des jours :							
		4	5	6	7	8	9	10	12
5	Senjska draga	0	3	7	21	13	9	8	9
7	Senjska draga [5-15]	0	0	8	7	17	12	6	8
14	Greben	0	0	0	2	3	7	11	10
19	Djeteline [6-16]	0	0	0	0	2	1	2	2
20	Ispod Crnog vrha [40-10]	0	0	0	0	0	1	1	3
21	Paljenik [7-16]	0	0	0	4	17	32	10	11
24	Alino bilo	0	0	3	12	39	11	5	11
26	Alino bilo	0	0	0	6	22	35	13	7

Podatci sakupljeni u skrižaljci prije svega pokazuju, da sva tla osim »Djeteline 19« (6-16) i »Ispod Crnog Vrh 20« (40-60) sadrže dosta aktivnih mikroba, što je bez sumnje značajno, kad se znade, da su tla plitka, izvrgnuta jakoi insolaciji i uopće jakom utjecaju atmosferilija, te da su pored toga suva, a kao što rezultati kemijske i fiziološko kemijske analize pokazuju i hranivima siromašna, te prema tome nisu na-

* Aparaturu ćemo opisati na drugom mjestu.

** Temperatura tokom pokusa kretala se je od 17° do 19° C.

ročito podesan substrat za mikroorganizme. Zanimljivo je, da je aktivnost mikrobiološka znatno veća, nego što smo je mogli utvrditi kod kulturnih tala fakultetskog dobra u Zagrebu.

S druge je strana karakteristična pojava, da se mikrobiološka aktivnost ovih krških tala manifestira tek nakon 5—6 pokusnih dana, dok se kod tala iz humidnih naših krajeva dade dokazati već nakon 2—3 dana, uz istu pokusnu temperaturu; izgleda da su se mikrobi krških tala, barem u vrijeme naših istraživanja ljeti nalazili u stadiju neke anabioze.

Dinamika procesa u tlima istraživnog područja.

U dosadanjem smo razlaganju vidjeli, kakvo stanište i substrat pružaju današnja tla na istraživnom području šumskim kulturama. Međutim tla žive t. j. ona se razvijaju i mijenjaju a po tome mijenjaju se i njihova svojstva kao staništa i substrata; zato je naročito kod šumarsko-pedoloških istraživanja potrebno voditi računa o dinamici procesa u tlima i o tendenciji njihovog daljeg razvitka.

Dva faktora, koja najizrazitije utječu na život tla, jesu klima i vegetacija. A na Kršu kao i svugde po goletima dominira utjecaj klime, radi odsustva ili slabog prisustva biotskih agenata. Mi ćemo na temelju podataka o svojstvima tala i klimskih prilika na istraživnom području najprije ocijeniti utjecaj klime na tvorbu i dalji razvitak sitnog tla, a nakon toga i utjecaj bioloških, odnosno kombinirani utjecaj klimsko-bioloških faktora na procese tvorbe i razvitka naših tala.

Djelovanje je klime na fizikalno trošenje kamenitog substrata u istraživnom području dosta izrazito kako u nižim tako i u višim položajima, ali je znatno ograničeno; suhim se i mokrim fizikalnim trošenjem tvore ponajvećma samo krupniji i sitniji agregati kamenitog krša (koje srećamo svugde na površini), dok se sitno tlo tvori znatno manje radi homogenosti kamenitog materijala. Sitno se tlo razvija fizikalnim putem više pod utjecajem teže, (sklizanjem po odronima i strminama) i erozivnim radom vode, a samo neznatno i radom vjetrova. Kemijsko je trošenje Krša našeg područja dosta jako, jer je količina oborina velika, ali je još uvijek slabije nego u području kontinentalnog Krša, gdje se oborinska voda u tlu ispod razvijenog vegetacijskog pokriva udružuje sa svojim pomagačima CO₂ i H-ionima, koji njezino rastvaralačko djelovanje bitno pojačavaju.

Činjenica, da na ovom dijelu litoralnog Krša nalazimo tek vrlo tanke slojeve tla, u kojima 30—70% i više otpada na sitniji i krupniji krš, svjedoči o relativno sporij tvorbi tla uz isključivi utjecaj klimskih faktora.

Vapnenci su i dolomiti našeg Krša vrlo čisti; Tućan² je opsežnim istraživanjima utvrdio, da sadrže relativno malu količinu u HCl nerastvorivih substancija i oksida željeza i aluminija; za primjer neka posluži nekoliko analiza vapnenca i dolomita iz Senjske drage, koje navodi Tućan² (skrižaljka 21).

Porijeklo i oznaka vapnenca odnosno dolomita	Netopivo u HCl Insoluble dans } HCl	Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ + FeO	CaCO ₃	MgCO ₃	U nerastvorivom dijelu nađeni minerali
Vap. Senjska uz cestu 2,5 km.	0,16	0,24	98,48	1,38	Kremen i pirit muskovit glinaste substancije, turmalin i cirkon
Vap. Senjska draga kod 4,5 km.	0,13	tragovi	98,64	1,70	
Vap. Senjska draga kod 4,5 km.	0,09	0,10	99,24	0,94	
Dolomit kod Vratnika 14,7 km.	0,14	0,1	57,17	42,35	

Pod isključivim se utjecajem oborinske vode vrlo polagano rasvaraju karbonati vapna i magnezija, a zaostaje onaj u HCl nerastvorivi dio, te oksidi željeza i aluminija. Tlo, koje se na litoralnom Kršu tvori kemijskim putem pod isključivim utjecajem klimskih agenata, predstavlja u vodi nerastvorivi residuum vapnenca s tipičnom crvenom bojom. Mi takovo crveno tlo nalazimo na našem istraživanom području samo u pukotinama i brazdama vapnenca. Ima ga kako u višim tako i u nižim položajima, ali u malim količinama. To je ona crljenica, koja je tipično tlo mediteranskih krajeva, a koja u klimskim prilikama našeg područja, pod utjecajem biotskih faktora, gubi crvenu boju. Kemijske analize tala israživanog područja pokazuju, da neka tla sadrže među sitnim frakcijama i CaCO₃ i to u znatno velikoj mjeri. Ta su tla uzeta u blizini ceste, pa je sigurno CaCO₃ dospio u ta tla eolskim putem. Inače je CaCO₃ rastvoren i ispran, a u koliko ga u tlu ima, dolazi u obliku grubljih disperzija i sačuvanih petrografskih agregata. Tla uz ceste poprimaju sivkast nahuk baš radi velike sadržine vapnenčeve prašine.

Količina sitnog tla, što se iz vapnenca tvori pod isključivim utjecajem klimskih agenata, kao što se vidi iz gore navedenih analiza, ne može biti velika. Za bolju predodžbu,

kako se sporo tvori sitno tlo pod isključivim utjecajem klimskih agenata, neka posluži ovaj grubi račun. Uzmemo li, da na vapnenac, u kojem ima 0,5% u vodi nerastvorivih substancija, djeluje čista oborinska voda, koja sadrži neznatno CO_2 , a u kojoj bi se okruglo rastvorilo oko 0,003 gr. vapnenca u 100 gr vode (²³), to bi se na području Senja, gdje pane 1583 mm oborina godišnje, rastvorilo na svakom hektaru u 15.830.000 l vode oko 474,9 kg vapnenca, a zaostalo bi 2'374 kg nerastvornog residijuma. To znači, da bi za razvitak sloja tla debljine 35 cm uz čisto kemijsko djelovanje atmosferske vode, a uz pretpostavku, da je 1 ha tla do dubljine 35 cm težak 4.000.000 kg bilo potrebno vrijeme od oko 1.666.666 god. Ugljični dioksid pojačava znatno destruktivno djelovanje vode. Ako uzmemo, da je oborinska voda zasićena ugljičnim dioksidom, uz tlak od 1 atmosfere, onda se u takovoj vodi rastvara 0,13 gr vapnenca u 100 gr vode²³, ili u 15.830.000 l vode zasićene ugljičnim dioksidom rastvorilo bi se oko 20.579 kg vapnenca, što znači, da bi se razvilo 102,89 kg tla na ha. Za razvitak sloja debelog 35 cm, trebalo bi u ovome slučaju 38.834 godine. Za isto vrijeme, za koje bi se radom čiste vode razvio sloj sitnog tla debljine 35 cm, razvio bi se pod utjecajem vode nasićene ugljičnim dioksidom sloj tla 40 i više puta deblji. Po tom vidimo, kolika je razlika između tvorbe tla na vapnencu, pod utjecajem čiste vode i vode zasićene uglj. dioksidom. Oborinska voda sadrži doduše uvijek nešto CO_2 , ali je ta količina malena: zato je razumljivo, zašto su na golom Kršu potrebne vrlo duge periode, pa da se pod isključivim utjecajem atmosferičija razvije ma i vrlo tanak sloj sitnog tla. Pod vegetacijskim se pokrovom, obogaćuje voda s CO_2 a prema tome odigrava i kemijsko trošenje vapnenca mnogo većom brzinom.

Zato je za razvitak tla na vapnencu od eminentne važnosti pojava edafona, naročito vegetacije; gdje god se na istraživanom području golog Krša pojavljuje flora, mijenja ona redovito ne samo fiziognomske znakove već i kemijski sastav tla. Prije svega njen se utjecaj ispoljava u promjeni boje tla i to: u nižim nadmorskim visinama mijenja boju tla u crvenkasto-smeđu, koja s porastom nadmorske visine poprima sve tamniju niansu, a gubi crvenkastu, koju opet na granici litoralnog i kontinentalnog Krša zamjenjuje ili sa tamnom bojom (vrhovi Alinog bila i Veljuna) ili žučkasto-crvenkastom do svijetlo-crvenkastom smeđom. (Paljenik, Duliba i Ispod Crnog Vrh).

I ako je količina organske tvari, koja se svake godine na tlima Krša proizvode dosta malena, ipak je procentna sadržina humusa u tlu relativno velika, naročito u višim položajima. Ali i u nižim položajima tla imaju 2,5—3% organske tvari;

ta je količina potpuno dovoljna, da zakrije crvenu boju nerastvorivog vapnenčevog ostatka.

U području Senja mogli bi se procesi mineralizacije organske tvari s obzirom na temperaturu koja tu vlada odigravati tokom čitave godine, a najmanje tokom 10 mjeseci i to od marta do decembra, dosta velikim intenzitetom: međutim nedostatak vlage i uopće relativno brzo sušenje tla u ljetnim mjesecima oslabljava znatno mineralizaciju organske tvari. Tako možemo objasniti zašto u tlima nižih položaja ima relativno dosta humusa i to po prilici toliko, koliko n. pr. i u tlima okolice Zagreba. Vjerojatno je također, da se obamrla vegetacija nižih područja teže humicira nego na kontinentalnom Kršu, ako već ne radi nepovoljnije kemijske građe, a ono radi nedostatka vlage i jakog isušavanja organske tvari tokom ljetne periode. U višim je položajima uvjetovana akumulacija humusa dosta dugom zimskom periodom, nepovoljnom za razaranje organske tvari mikrobiološkim putem i dosta malom vlažnošću tla za vrijeme ljetne periode. Tipičan je primjer zato crnica na vrhu Alinog bila. Slabo razvijen niži bilinski pokrov, odnosno klekovina proizvode i predaju tlu svake godine doduše malo organske tvari, ali se ta tvar trajno nagomilava: snijeg dugo pokriva tlo, a niska temperatura onemogućuje rastvaranje organske tvari. Kad snijeg okopni, a tlo se zagrije, ono se vrlo brzo osuši, jer nad vrhovima Alinog bila vlada trajno bura. Tako s jedne strane niske temperature, a s druge strane nedostatak vlage uvjetuju akumulaciju organske tvari. Ono malo mineralnih tvari, što se razvije trošenjem vapnenca ispere se i transportira u depresije na obroncima brda.

Od ove najviše tačke našeg istraživanog područja, pa do najniže, ispoljuju klimski i biološki faktori u različitim kombinacijama različit utjecaj na razvitak tala, koji se održava u već opisanim morfološkim mehaničko-fizikalnim i kemijskim osobinama.

Kako utječu pojedine vrste biljaka na razvitak tala u Kršu nije poblizje studirano, jer su zato potrebna prethodna fitosocijološka istraživanja. Tek se grubo može povući zaključak o utjecaju niže zeleni s jedne i šume s druge strane na razvitak tala na istraživanom dijelu litoralnog Krša.

Tereni s nižom zeleni predstavljaju krševe i goleti, na kojima se sitno tlo tvori tek do neznatne dubljine; u koliko se tla nalaze na strminama i nagibima, podliježu ne samo trajnom siromašenju hranivima, već i denudaciji i ablaciji. Niži je bilinski pokrov preslab, a da bi se mogao oduprijeti abiotskim elementima, koji Krš trajno ogoljuju.

Mnogo izrazitije utječe šuma na razvitak tla: ona je zapravo jedini biotski faktor, koji može da suzbije škodljivo djelovanje klimskih fak-

torat t. j. da dade procesima ablacije i denudacije slabiji, a procesima kemijskog trošenja kamenitog substrata jači intenzitet. Šuma ne samo što oslabljava spomenuti škodljivi rad atmosferilija, već ona utječe a na tvorbu rastresitog tla i na njegovu plodnost još i na druge načine. Korijenje šumskog drveća, izlučujući ugljični dioksid u zajednici s vodom korodira i probija vapnenac stvarajući u njemu luknje i kanale, u kojima se učvršćuje, (a koji služe i kao privremeni reservoiri za vodu), te prodiru u dublje horizonte povećavajući znatno sferu trošenja kamenitog substrata; u kanalima i pukotinama odlaže mrtvu organsku tvar, koja prilikom humifikacije i mineralizacije u zajednici s vodom nagriza vapnenac, i oslobada vegetaciji potrebna hraniva; ukratko, već samo korijenje šumskog drveća mijenja fizikalno kemijski i biološki čitav površinski sloj zemljine kore do dosta velike dubljine.

Utjecaj nadzemnog dijela šumskog drveća od jednako je velike važnosti kao i podzemnog; šuma odlaže mrtvu organsku tvar (listinac) na površinu tla, iz koje se prilikom humifikacije i mineralizacije tvore intermistički produkti, kao što su različite kiseline i CO_2 , koje vrlo energično utječu na rastvaranje vapnenca. A ne samo to! Sama organska tvar, koju šuma odlaže na površini, povećava sloj rastresitog tla i popravlja osjetljivo njegovu teksturu.

Mi ne raspolazemo s podacima o količini listinca, koji se na istraživanom području pod tipičnim kulturama tvori, a koji bi nam dozvolili tačniju ocjenu utjecaja listinca na porast sloja rastresitog tla. Za približnu predodžbu neka posluži jedno istraživanje Graf a za Leinigen a^o kod Sv. Petra (na Kršu), po kojemu je ispod 27 godišnje sastojine crnog bora količina zrakosuhog listinca iznosila 1'254—1'382 kg. na 1 m².

Konačno, pod šumskim pokrovom, u tlu zaštićenom od prejake insolacije, pojavljuje se i intenzivniji život mikroflora, koja svojim vitalnim procesima, naročito dihanjem u velike utječe na trošenje vapnenca i tvorbu rastresitog tla.

Šuma je doduše, gdje god se pojavljuje, vrlo važan pedološki faktor, ali njezino značenje jedva da igdje može biti toliko presudno za razvitak tla, kao baš na našem Kršu.

LITERATURA

1. LORENZ, J. R.: Bericht über die Bedingungen der Aufforstung und Kultivierung des kroatischen Karstgebietes. Mitteilungen k. k. geogr. Gesellschaft Wien 1860. S 115.
2. WESSELY J.: Das Karstgebiet Militär-Kroatiens u. s. w., Zagreb 1876.
3. TIETZE E.: Zur Geologie der Karsterscheinungen: Jahrbuch d. k. k. geol. Reichsanstalt. Wien 1880.

4. KRAMER E.: Istraživanja o postanku tako zvane »terre rosse«. Rad jugoslavenske Akademije Zagreb 1889.
5. TUČAN F.: Die Kalksteine und Dolomite, Beograd 1911. i Terra rossa, deren Natur und Eestehung. N. Jahrb. Miner. B. Bd. 34.
6. GRAF ZU LEININGEN: Entstehung und Eigenschaften der Roterde. Internationale Mitteilungen für Bodenkunde 1917. Hf. $\frac{1}{2}$ u. $\frac{3}{4}$. Beiträge zur Oberflächengeologie und Bodenkunde Istriens. Naturwissenschaftl. Zeitschrift f. Forst- und Landwirtschaft. 1911. Hf. 1 u. 2.
7. ŠANDOR F.: Sammlung von Bodenarten Kroatiens und Sloveniens¹¹ und Bilder über die Kultivierung dieser Bodenarten. Verhandlung der 2. internationalen Agrogeologenkonferenz. Stockholm, 1911.
8. GORJANOVIĆ-KRAMBERGER: Die Klimazonen-Bodenkarte des Königreich Kroatiens-Slavonien. Verhandlungen der 2. internationalen Agrogeologenkonferenz. Stockholm, 1911.
9. RAMANN E.: Bodenbildung und Bodeneinteilung. Berlin 1928.
10. HARRASSOWITZ H.: Südeuropäische Roterde. Chemie der Erde 1928.
11. REIFENBERG A.: Entstehung der Mediterran-Roterde. Dresden-Leipzig 1929.
12. POLJAK J. Izvještaj o detaljnom snimanju karte Senj-Otočac u god. 1912. i 1913.
Vijesti geološkog povjerenstva za Kraljevine Hrvatsku i Slavoniju Sv. III. i IV., Zagreb 1914.
13. LANG R.: Verwitterung und Bodenbild. Stuttgart 1920.
14. GRAČANIN M.: Pedološka istraživanja fakultetskog dobra Maksimir (Pedološke studije na maloj površini) Zagreb 1929. (Pripravljeno za štampu).
15. KOPECKÝ J.: Půdoznalství, Prag 1928.
16. GRAČANIN M.: Nova aparatura za određivanje glinenih čestica pipetmetodom. Glasnik za šumske pokuse. Knjiga 3.
17. KOPECKÝ J.: Die physikalische Eigenschaften des Bodens, Wien 1914.
18. MITSCHERLICH E.: Bodenkunde f. Land- und Forstwirte 1923.
19. GEDROIZ K.: Chemische Bodenanalyse, Berlin 1926.
20. WIESSMANN H.: Agrikulturchemisches Praktikum, Berlin 1926.
21. WANSCHAFTE U. SCHUCHT. Anleitung z. wissenschaft. Bodenuntersuchungen 1924.
22. SCHÜTZE W.: Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1873.
23. MICHAELIS L.: Deutsche med. Wochenschrift 1920. i Wochenschrift f. Brauerei 1921.
24. NEUBAUER-SCHNEIDER: Zeitschrift f. Pflanzenernährung und Düngung 1923. T. A. Bd.
25. BALEN J.: Le Karst Yougoslave 1928. Str. 29.
26. GRAČANIN M.: Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung und Bodenkunde T. B. 1930. Jg. IX. Hf. 7.
27. IVANOFF: Centralb. f. Bakteriologie II, 1909.
28. LANDOLT-BÖRNSTEIN: Physikalisch-chemische Tabellen I. Berlin 1923.
29. BLANCK E.: Die Mediterran-Roterde. Handbuch der Bodenlehre Bd. III. Berlin 1930.
30. GRAČANIN M.: Pedološka istraživanja vriština Ličkog polja. Poljoprivredna knjižnica Sv. I. Znanstvena izdanja, Zagreb 1931.

LES RECHERCHES PÉDOLOGIQUES DE SENJ ET SES PROCHEES ENVIRONS.

Cette étude est le commencement des recherches pédologiques systématiques du Karst yougoslave littoral. Elle se rapporte sur une petite partie de ce Karst dans la région de Senj et ses environs s'étendant entre 14°53'44" de latitude Est de Greenwich et entre 44°58' et 45°4' de largeur Nord. Elle embrasse par conséquent tout la Senjska Draga jusqu'à son plus haut point exposé à la mer; ensuite le terrain au nord de Senj qui traverse »Alino bilo« jusqu'à Paljenik, en un mot une petite partie du Karst littoral avec une grande variété d'élévation et la plus proche partie du Karst continental qui lui correspond. On s'est formé ainsi une idée sur les sols qui se développent sur cette étendue du Karst littoral dans les altitudes de 0 à 1100 m, avec des différents expositions et inclinaisons, comme aussi avec des végétations diverses, et tout cela, jusque et au delà des frontières limitrophes entre le Karst littoral et le Karst intérieur.

Le substrat pétrographique sur lequel se développent les sols de cette région est assez uniforme; il représente principalement le calcaire, un peu de dolomie avec une exception entre Lopci, Sveti Mihovil, Vratnik et Senjsko Bilo, où apparaissent les roches éruptives, à savoir celles du diabase porphyrique. Cette assez grande uniformité du substrat pierreux, facilite l'interprétation des influences de facteurs climatiques et biologiques sur le développement des sols et de leurs liens génétiques dans le sens vertical. La configuration du terrain est ici typique comme dans les autres parties du Karst littoral: ce qui domine ce sont les hauteurs au-dessus de dépressions plates, couvertes des débris de roches tantôt grands tantôt petits. Nous ne trouvons pas d'étendue plus grande comme non plus de couches du sol fin sauf dans les dépressions. Senjska Draga est en grande partie boisée et elle à d'une manière générale, une végétation plus abondante. Tandis qu'au contraire le terrain au nord de Senj représente surtout le Karst dénudé, boisé seulement en partie, ou qu'on reboise ces dernières années. On a choisi pour les recherches du laboratoire des sols de tous ces différentes altitudes avec leurs expositions et inclinaisons diverses, avec leurs substrats pétrographiques variés, et enfin au-dessous des couvertures végétales inégales.

Le tableau 1. représente la situation de la région examinée et les lieux d'où ont été pris les échantillons en question.

Le facteur qui influe avant tout sur le développement des sols c'est le climat. Dans les tables 1, 2, 3, 4, on a réuni les données sur les précipitations et la température de deux endroits de la région en question, savoir pour la station météorologique de Senj (36 m d'altitude) et pour celle de Sv. Mihovil (altitude 525 m). A Senj les précipitations annuelles sont de 1583 millimètres et à Sv. Mihovil de 1850 millimètres. La température moyenne est de + 13.98 à Senj et de + 9.14 à Sv. Mihovil. Cela signifie que déjà dans une petite étendue, avec une élévation verticale petite, le climat change sensiblement. Ces changements se reflètent dans le développement des sols. Le »facteur pluvial« d'après Lang fait pour Senj 113 et pour Sv. Mihovil 202. D'après le schéma classificateur de Lang c'est le terreau qui devrait se développer dans la région de Senj, et le terreau cru et les sols blanchis dans celle de Sv. Mihovil. Comme nous allons le voir le système de classification de Lang ne peut être employé sans correction pour notre région, où la »bura« (le vent du quadrant N-E) a une influence prépondérante et qui diminue l'humidité du climat.

Les présentes recherches pédologiques avaient avant tout pour but de nous donner une idée du caractère des sols en tant que fondement de la végétation, spécialement en tant que fondement de cultures forestières. On se proposait ensuite par elles une classification des sols du point de vue pédogénétique. Etant donné qu'il s'agissait de sols squelletes (rocailleux) on ne

pouvait du tout parler des types développés des sols. Malgré cela ces recherches démontrent les tendances dans le développement des sols dans la région de Senj et ses environs et constituent ainsi le premier apport à la question du lien génétique des sols dans le sens vertical dans cette partie du Karst littoral yougoslave.

Texture des sols.

A l'exception des dépressions plates qui occupent la partie moins grande du terrain dans la région de roches éruptives, nous ne trouvons pas du tout des couches plus compactes de terre fine qui dépasseraient l'épaisseur de 20 à 30 ctm. et qui ne contiendraient un pourcentage de débris de la pierre calcaire. Ces débris du calcaire et les sols fins constituent le fondement et le substrat qui, sous l'influence des facteurs climatiques et sous l'influence de la gravitation sur un terrain incliné, changent de position. C'est à ces facteurs-là, qu'il faut attribuer le développement des sols d'une composition mécanique très diverse. Ce n'est pas chose rare de trouver immédiatement à côté d'un sol argileux un sol sablonneux, et près de celui-ci un sol limoneux. Cela provient de ce que le relief du sol du Karst est extrêmement varié et qu'un déplacement fort poussé des particules des sols est possible à l'occasion de chaque pluie, même la moins abondante. Malgré le fait que le changement de composition mécanique se produit à chaque pas, les sols ont, en ce qui concerne cette composition mécanique, certaines propriétés communes en tant qu'ils se développent dans les mêmes circonstances climatiques et biologiques. Si nous réunissons tout les sols d'après la constitution de leurs particules subissant une dispersion colloïde dans l'eau, nous obtenons un phénomène assez caractéristique, savoir que tous ces sols qui se développent sur le calcaire en pente, surtout sous l'influence diminuée des facteurs biologiques, ont une propriété commune qui est précisément l'absence de la dispersion en question. Au contraire, dans les sols de dépressions et dans les terrains où l'influence des facteurs biologiques est plus grande, nous trouvons régulièrement beaucoup plus de particules mentionnées. Ce qui est extrêmement intéressant ici, c'est que dans le premier groupe des sols le contenu des particules au-dessous de 0,002 millimètres est très petit, même alors quand le sol possède une grande quantité de particules au-dessous de 0,01 millimètres. Ainsi échantillon »terra rossa«, Senjska Draga 1 contient 94 pour cent au-dessous de 0,01, et seulement 3,64 pour cent des particules au-dessous de 0,002 millimètres. Cette »terra rossa Senjska Draga 1« contient pourtant la masse colloïde qui ne se laisse pas disperser dans l'eau parcequ'elle se trouve sous forme d'hydrogel. Sous l'influence de la température très élevée et en absence de précipitations pendant les périodes d'été le ferri-hydroxide colloïdal passe de l'état »sol« dans l'état »gel« irréversible ou difficilement réversible.

Sous la végétation, surtout forestière et en particulier dans les terrains humides, les sols contiennent beaucoup plus de particules qui se laissent disperser colloïdemment dans l'eau (Voir le tableau 5 et 6).

Structure des sols.

L'absence d'hydrosol dans les sols qui se développent avant tout sous l'influence de facteurs climatiques, et moins sous celle de la végétation, produit le manque d'unité entre les particules du sol à l'état sec, et par conséquent son émiettement dans des petits groupes d'agrégats.

Au contraire les sols qui se développent sous une végétation plus abondante contiennent une assez grande quantité d'hydrosol qui à l'état sec fait le sol uni en le liant dans des agrégats solides.

Dans le tableau 7 on a représenté les propriétés physiques des sols typiques de la région étudiée.

La capacité absolue d'eau chez les sols d'une élévation moins grande est à peu près de 30 pour cent, tandis qu'avec le progrès de l'élévation, la capacité d'eau augmente très sensiblement quant au poids et quant au volume. Le volume augmente doublement et le poids devient jusque trois fois plus grand. Bien que la capacité absolue du sol pour l'eau soit moyenne dans grandes, et bien que dans la région de Senj les précipitations soient de 1584 millimètres par an, les sols de cette région sont assez secs au point de vue physiologique. Cela tient à ce que l'intensité de l'insolation est grande, et l'humidité de l'air petite, puis à la grande intensité du vent, et surtout enfin à ce que l'hygroscopicité du sol étant élevée et les sols étant peu profonds, ils ont la capacité physiologique maxima et absolue pour l'eau assez petite. Nous comprenons ici sous la capacité physiologique maxima, cette quantité d'humidité physiologique que, d'une manière générale, toute épaisseur physiologiquement active peut contenir tandis que sous la capacité physiologique absolue nous entendons la quantité d'humidité physiologique qui se rapporte à l'unité du poids ou volume du sol.

Composition et propriétés chimiques

des sols sont présentées dans les tableaux 8 à 18 dans lesquels on a également désigné les lieux, les altitudes, les expositions et inclinaisons du terrain.

Dans la majorité de cas les extraits du sol dans HCl de 10 pour cent contiennent le plus de sesquioxides (Al_2O_3 et Fe_2O_3) et seulement rarement ils contiennent aussi des quantités plus grandes du carbonate de chaux ($CaCO_3$). Ce dernier se trouve dans des quantités plus grandes seulement dans les hauteurs moins grandes à côté des routes ou dans les sols en pentes qui s'émiette; alors qu'on n'en trouve pas dans les sols qui ne reçoivent pas de nouveaux apports de terre ni comme poussière, ni sous aucune autre forme.

L'alcalium s'y trouve en quantité relativement grande, bien que cela parait étonnant au premier abord, vue que nous savons que l'alcalium est facilement soluble dans l'eau et par suite d'un déplacement facile. Mais cette présence assez grande d'alcalium est due à l'alcalium de l'eau de mer qui par la pluie où par le vent parvient dans les sols. La preuve que cet alcalium provient réellement de l'eau de mer c'est, qu'on trouve dans le sol plus de natrium que de potasse.

Il y a peu de phosphor et quand on le trouve dans des quantités plus grandes il est lié à des formes organiques. En un mot la partie minérale du sol subit une destruction considérable et elle s'appauvrit sous l'influence exclusive de facteurs climatiques.

En ce qui concerne la partie organique du sol, nos recherches ont abouti à montrer que dans les hauteurs moins élevées il se développe un humus neutre ou saturé par des bases. Avec l'élévation de l'altitude on aperçoit la tendance vers «l'acidification» de l'humus. A partir de 600 m d'altitude cete tendance vers la formation d'humus acide se manifeste même dans des sols, se développant sur du calcaire et devient de plus en plus sensible à mesure que le Karst littoral approche du continental et

cela, sans égard à la végétation sous laquelle les sols se développent. Il ressort de là avec évidence que le caractère chimique d'humus est avant tout conditionné par les facteurs climatiques.

Même le pourcentage d'humus contenu dans le sol dépend des conditions climatiques, et c'est seulement à l'intérieur de facteurs climatiques que se manifeste assez sensiblement l'influence de la végétation. C'est ainsi que nous trouvons d'une manière générale dans les sols d'une moindre élévation une quantité relativement moins grande d'humus que dans les régions plus élevées où les conditions de la minéralisation de matières organiques sont moins favorables.

Les recherches ont montré ensuite que la réaction des sols d'une élévation moindre est neutre ou presque neutre ($\text{pH} = 6,80 - 7,00$) d'une manière semblable à la réaction de l'extrait de l'eau des sols d'une élévation plus grande est presque neutre, bien que dans ces sols il se forme un humus acide. Cela paraît paradoxal au premier abord et pourtant cela se laisse très bien expliquer. Il s'agit en effet des sols squelettes qui contiennent toujours, au moins en quantités moindres, des débris du calcaire qui influe sur la réaction de l'extrait aquatique en la poussant vers le côté alcalin. L'extrait des terres dans une solution KCl normale (acidité changeable) chez des sols d'une moindre élévation est très petit, tandis que chez des sols d'une élévation supérieure il est plus grand. Il est tout à fait grand chez des sols voisins du Karst intérieur.

L'analyse physiologico-chimique

d'après Neubauer et Gračanin, a montré, que les sols de la région étudiée sont très pauvres en phosphore et dans la majorité des cas en potasse et azote. Ces recherches donnent encore une nouvelle preuve, que la seule analyse chimique ne permet pas de conclure à la richesse de sol en matières nutritives qui sont physiologiquement actives (table 19).

Activité micro-biologique des sols

examinée sommairement par la détermination de la quantité de CO_2 démontre (table 19) que même les sols d'une élévation moindre, bien qu'exposés à une forte insolation sont riches en microbes. Les recherches font voir que les micorbes au moment où les échantillons avaient été pris (août 1929.) se trouvaient en état d'anabiose.

La systematique et la pédogénèse.

Etant donné qu'il s'agit presque exclusivement des sols squelettes, il n'est possible de donner qu'un jugement sur les tendances de développement des sols en se fondant sur les propriétés morphologiques et le processus dynamique.

Dans les moindres élévations, jusqu'à la limite de la formation de l'humus acide (environs 600 m), il se développe, sous l'influence de facteurs climato-biologiques, le type du sol rougeâtre-brun. Dans les altitudes supérieures dans la zone de la formation d'humus acide, les sols rougeâtre-bruns reçoivent d'abord un ton plus foncé, pour passer ensuite dans deux groupes de sols, savoir: ceux de terrains protégés, qui reçoivent un ton grisâtre, tandis que ceux de sommets (Alino bilo et Veljun) qui séparent le Karst littoral du Karst intérieur sur des endroits exposés à la «bura» passent dans des sols de l'humus cru. Le premier groupe

des sols passe successivement dans des sols rougeatre-bruns clairs du Karst intérieur, alors que les sols du second groupe se séparent nettement des sols du Karst intérieur.

Dans la région étudiée nous trouvons, il est vrai, la «terra rossa», des sols jaunâtres et grisâtres, mais ces sols ne sont pas le produit-type de la désagrégation du calcaire sous l'influence de facteurs climatobiologiques. Nous trouvons la «terra rossa» dans les altitudes plus et moins grandes et cependant elle n'est pas le sol-type de la région étudiée. Elle se trouve d'une manière sporadique dans des pentes de calcaire et sur des pentes où il n'y a pas de végétation où bien encore là, où la végétation n'a pas une influence directe sur le développement du sol. Elle disparaît et se transforme dans un sol rougeatre-brun partout où le facteur biologique se manifeste dans une mesure plus grande. Environ 2 à 3 pour cent de matière humique, surtout de matière organique colloïdale dans les sols de moindre élévation suffit pour masquer la couleur rouge du résidu calcaire non soluble dans l'eau.

La région étudiée offre justement toutes les conditions nécessaires pour l'étude de la genèse de «terra rossa» et son lien avec les autres types du sol. Nos sols rougeatre-bruns lient la typique «terra rossa» de la région méditerranéenne avec les sols rougeatres-bruns clairs (jusqu'au jaunâtre-brun) du Karst intérieur, comme aussi avec les sols de l'humus cru de sommets de notre Karst. Si nous trouvons, par quelques endroits, parmi des sols rougeatre-bruns, ceux d'un ton jaunâtre-brun, cela est dû à la présence de grandes quantités de particules fines de calcaire. Pareillement, les tons grisâtres doivent être attribués à une plus grande quantité de petites particules de calcaire (à la poussière éolique à côté des routes).

La forêt comme facteur pédologique dans le Karst.

Le fait que dans la région étudiée nous trouvons seulement des couches de la terre fine, dans lesquelles 30 à 70 pour cent appartient aux petits ou grands débris du calcaire, témoigne d'une formation relativement lente du sol se déroulant sous l'influence exclusive de facteurs climatiques. Les calcaires et les dolomies de notre Karst sont très purs. Les calcaires contiennent plus de 99 pour cent de CaCO_3 tandis qu'une partie minime appartient à un résidu non soluble.

Si nous supposons que sur le calcaire qui contient 0,5 pour cent des substances non soluble dans l'eau, influence l'eau pure de précipitations, qui contient une quantité minime de CO_2 , il s'ensuivrait que dans la région de Senj où il y a 1589 millimètre de précipitations annuelles, environ 474 kilos de calcaire par hectare seraient dissouts et 2,37 kilos resteraient comme résidu non soluble. Sous l'influence de l'eau saturée par CO_2 , 20,579 kilos de calcaire seraient dissouts et il resterait 102 kilos du sol par hectare qui ne le seraient pas. Pour obtenir dans le premier cas une couche de sol épaisse de 35 centimètres on aurait besoin d'environ 1,666,666 ans, et dans le second cas, pour la même épaisseur, il faudrait environ 38.834 ans. De là nous voyons quelle est la différence de la formation du sol sous l'influence de l'eau pure et de l'eau saturée par CO_2 . Sous une couverture végétale qui enrichit l'air atmosphérique et terrestre de CO_2 la désagrégation du calcaire se fait beaucoup plus rapidement. Par là on voit aussi comment la végétation est un facteur important dans le Karst.

Mais les terrains avec la végétation moins élevée représentent les roches et les terrains dénudés sur lesquels se développe le sol d'une épaisseur minime. En tant que les sols se trouvent sur des pentes plus ou

moins grandes, ils subissent non seulement un appauvrissement constant en matières nutritives, mais ils souffrent de dénudation et d'ablation. La couverture végétale peu élevée est trop faible pour pouvoir s'opposer à des éléments abiotiques qui provoquent une dénudation constante du Karst.

Beaucoup plus fortement influe la forêt sur le développement du sol. Elle est à la vérité le seul facteur biotique qui peut contrecarrer l'influence nuisible de facteurs climatique c'est-à-dire le seul qui peut donner aux processus de dénudation et d'ablation une intensité moins grande, et à ceux de désagrégation chimique du substrats pierreux une intensité plus grande. Les racines des arbres forestiers en exhale CO_2 en union avec l'eau fendent le calcaire et y pénètrent en créant en lui des fissures et des canaux dans lesquels elles s'acrochent et qui leur sert de réservoirs pour l'eau. Dans ces canaux et fentes les arbres déposent la matière organique morte qui, à l'occasion d'humification et de minéralisation, en union avec l'eau, mord le calcaire et délivre les éléments nutritifs nécessaires. En un mot déjà les racines des arbres forestiers changent tout l'horizon de l'écorce terrestre dans une assez grande profondeur. L'influence de la partie extérieure des arbres forestiers a une égale importance. La forêt dépose la matière organique morte sur le sol de laquelle, à l'occasion de l'humification et de minéralisation, il se forment des produits intermédiaires, comme sont les différents acides, et la même CO_2 qui activent très sensiblement la solution du calcaire. La seule matière organique augmente la couche de la terre fine et répare sensiblement sa structure. Enfin sous la couverture forestière dans un sol protégé d'une insolation trop forte, une vie intense de la micro-flora et de faune apparaît et celle-ci avec ses processus vitaux, influe sur la dépense du calcaire. La forêt, où elle apparaît, est un facteur pédologique très important, mais son importance ne ressort nulle part mieux que dans notre Karst.

PROF. Dr. MIHOVIL GRAČANIN:

APARATURA ZA ODREĐIVANJE GLINENIH ČESTICA PIPETMETODOM.

(Eine Apparatur für die Bestimmung des Rohtones
mittels Pipetmethode).

Mehanička analiza tla postaje sve više dnevnim poslom i potrebom ne samo naučenjaka pedologa, već i kulturnog tehničara i svih onih, čiji su radovi vezani s poznavanjem građe tla. To je razlog, što istraživanja u metodičko mehaničke analize idu u posljednje vrijeme poglavito za usavršavanjem dosadanih metoda u pogledu tačnosti, a naročito u pogledu tehničke uporabivosti. Starije metode sedimentacije i isplakivanja imaju svoje bitne nedostatke, koje ih ili čine neuporabivim za serijske analize, kao što je to slučaj kod starijih metoda sedimentacije (na pr. po Atterbergu) ili u uopće nepodesne za određivanje finih disperzija (na pr. po prof. Kopeckom.)

Metode sedimentacije po Kühnu, Atterbergu i dr. iziskuju neobično dugo analitičko vrijeme i to tim dulje, čim je disperznost tla veća.

Primjera radi navesti ću, da je za određivanje glinenih čestica (čestica $< 0,002$ mm.) jednog srednje teškog glinasto ilovastog tla (iz Maksimira) metodom Atterbergovom bilo potrebno 70 radnih dana sa oko 100 ispuštanja suspenzije. Sam ovaj primjer dovoljno ilustrira, da su starije metode sedimentacije potpuno nepodesne za serijske analize, koje su inače toliko potrebne za pedološko-kartografska, kulturno tehnička i slična istraživanja. Konačno bi se spomenutim metodama moglo mnogo prigovoriti i s teoretske strane, no ta ćemo pitanja ostaviti za sada po strani.

God. 1922. objelodanili su A. W. Robinson¹ te Jennings, Thomas i Gardner² skoro istovremeno novu metodu za mehaničku analizu tla t. zv. pipetmetodu, koja bazira na principu sedimentacije, ali se razlikuje od starijih metoda time, što se ne dijele i ne određuju sve čestice tla

uzetog u posao, već se nakon određenog vremena sedimentacije uzima iz suspenzije tla alikvotni dio i iz njega izračunava procentna sadržina odgovarajući frakcije.

Pipet metoda, kao i starije metode sedimentacije, osniva se na predpostavci, da suspendirane čestice, kad padaju, ne utječu jedna na drugu, te da su na početku sve čestice jednolične dispergirane u čitavoj suspenziji. Ima se na pr. odrediti sadržina čestica manjih od 0,002 mm. Kako čestice s radiusom $< 0,002$ mm. trebaju 8 h. (po Atterbergu), da u vodi prevale put od 10 cm, to će nakon toga vremena (računajući od svršetka mućkanja suspenzije) sve čestice s radiusom većim od 0,002 iz spomenutog stupca vode visokog 10 cm kvantitativno ispasti, dok će čestice manje od 0,002 mm lebditi u suspenziji; u tankom će se sloju 10 cm ispod površine suspenzije nalaziti suspenzija tla u prvotnoj koncentraciji, ali bez onih krupnijih čestica. Uzmemo li iz toga sloja alikvotni dio, možemo izračunati procentnu sadržinu te frakcije u tlu. Slično možemo utvrditi i sadržinu ostalih čestica, ali samo onih, kod kojih je vrijeme sedimentacije još dovoljno dugo t. j. znatno dulje od vremena potrebnog za oduzimanje uzorka; izgleda, da ta mogućnost prestaje kod čestica, čija veličina odgovara vremenu sedimentacije od 7,5 minuta po Atterbergu. Princip je pipet-metode dakle vrlo jednostavan i potrebno je bilo konstruirati još aparaturu, koja bi analizu tla pipet-metodom učinila tačnom i uporabivom za istraživanja tehnička i serijska naučna. Takove su aparature za analizu tla pipet-metodom konstruirali do danas: Robinson,¹ Jenningsen, Thomas i Gardner,² Krauss,³ Köttingen⁴ i Köhn.⁵ Nijedna međutim nije ustaljena i još se uvijek radi oko njihovog usavršenja po načelu tačnosti, tehničke uporabivosti i jeftinoće. Kako sam u posljednje vrijeme provadao u većoj mjeri prikritična pedološka istraživanja na teškim glinenim i glinasto-ilovastim tlima, kod kojih je određivanje sirove koloidne gline uobičajenom metodom Atterbergovom iziskivalo za svaku analizu 60—70 radnih dana sa 80—100 sifoniranja, bio sam upućen, da se koristim prednostima, koje pruža pipet-metoda. No činjenica, da su postojeće aparature preskupe, odnosno složite i da s metodičke strane ne ostaju bez prigovora, ponukala me je da poradim na njihovom usavršenju i prilagodim već uobičajenom načinu provođenja mehaničke analize u našem zavodu. Pri tome sam gledao naročito na potrebu, da se olakša određivanje čestica manjih od 2 mikrona.

Napomenuti ću prije svega, da se Robinsonova aparatura sastoji iz valjka i obične pipete, koja je učvršćena na stalku tako, da se može u vertikalnom pravcu po volji i automatski kretati. Pipeta se dakle ponire u suspenziju. Sprava se po

Jenningsenu Thomas i Gardneru sastoji iz valjka za sedimentaciju, na kojemu je pričvršćen cio sistem cijevi za ispuštanje suspenzija.

Krauss je konstruirao aparat, podesean doduše za serijske analize, ali vrlo skup, tako da njegova upotreba jedva dolazi u obzir. Najjednostavnija je sprava Köttgen-ova; nakon mučkanja suspenzije valjak se zatvori čepom, kroz koji prolazi pipeta, čiji je donji vrh horizontalno savinut i staklena cijev spojena s gumenom puhaljkom, kojom se pipeta automatski puni.

Robinson-ovom je aparatu (usavršenom po Agricultural Education Association) vrlo slična sprava M. Köhn-ova. Pipeta je pričvršćena na stalku ozubljenom daščicom, koja se daje po volji pomicati u vertikalnom pravcu. Na milimetarskoj se ljestvici može tačno kontrolirati visina donjeg traka pipete, koji se u suspenziju ponire. Principijelno nema nikakve razlike između Köhnove i Robinsonove aparature; kod oba se aparata pipeta ponire u suspenziju čas prije svršetka vremena sedimentacije. Slično i kod aparata Kraussovog. Upravo je najveći nedostatak tih sprava, što se pipeta ponire neposredno pred uzimanjem uzorka, jer se i pri najopreznijem poniranju pipete suspenzija uzviri. Jedino kod tala siromašnih česticama glinenim taj se utjecaj ne ispoljava u većoj mjeri.

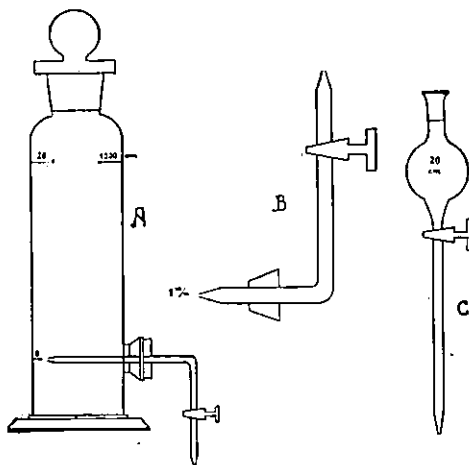
Nedostatak spomenutih aparata nastoji odkloniti Köttgen i to mu uspijeva u toliko, što svakom valjku daje posebnu pipetu, koju ponire na početku sedimentacije. Ali dok tako otklanja jednu nepriliku, zavađa drugu: Visina se pipete koja prolazi kroz čep mora naime pri svakoj analizi udešavati, radi pokretljivosti pipete u čepu i čepa u grlu valjka za sedimentaciju. Ta manipulacija iziskuje često dosta vremena, a spojena je i s uzvirivanjem, što još više umanjuje vrijednost te inače jednostavne aparature. Ni ispiranje pipete nije jednostavno, jer je cijev uska i savinuta. Köttgen-ova se preporuka, da se prigodom uzimanja uzorka pipeta okreće ne može prihvatiti, jer se time izaziva jače strujanje, koje može povući u pipetu i teže već sedimentirane čestice.*

Glavna je dakle zadaća pri konstrukciji nove aparature za disperziodnu analizu pomoć pipetmetode bila, da se od strane nedostaci spomenutih aparata, a da se pri tome sačuva jednostavnost i uporabivost za serijska istraživanja. Pri tome su naročito respektirana vrlo vrijedna saznanja, koja je stekao Köhn⁵ teoretskim ispitivanjem osnovanosti pipetmetode.

* God. 1929. objavio je Köttgen novu konstrukciju aparata vrlo sličnu konstrukciju našeg aparata. U to vrijeme bila je ova radnja već pripravljena za štampu, a sam ovdje opisani aparat upotrebljava se u floznanstvenom zavodu gospodarsko-šumarskog fakulteta od jula 1928 g.

U daljem biće ukratko opisan aparat i metoda određivanja čestica $<0,002$ mm pomoću toga aparata. Tokom su prošle (1928.) i ove godine vršena pomoću tog aparata već mnogobrojna istraživanja u tlo znanstvenom zavodu gospodarsko-šumarskog fakulteta i dobiveni rezultati potpuno zadovoljavaju.

Opis aparata: Stakleni je valjak za sedimentaciju (A) visok oko 30 cm, sadržine preko 1000 cm^3 , s postranim otvorom $2\frac{1}{2}$ cm povrhi dna i s gornjim širokim otvorom u kojem stoji zabrušen stakleni čep (sl. 1). Postrani otvor na valjku nosi gumeni čep, kroz koji prolazi koljenasta cijev (B); krak

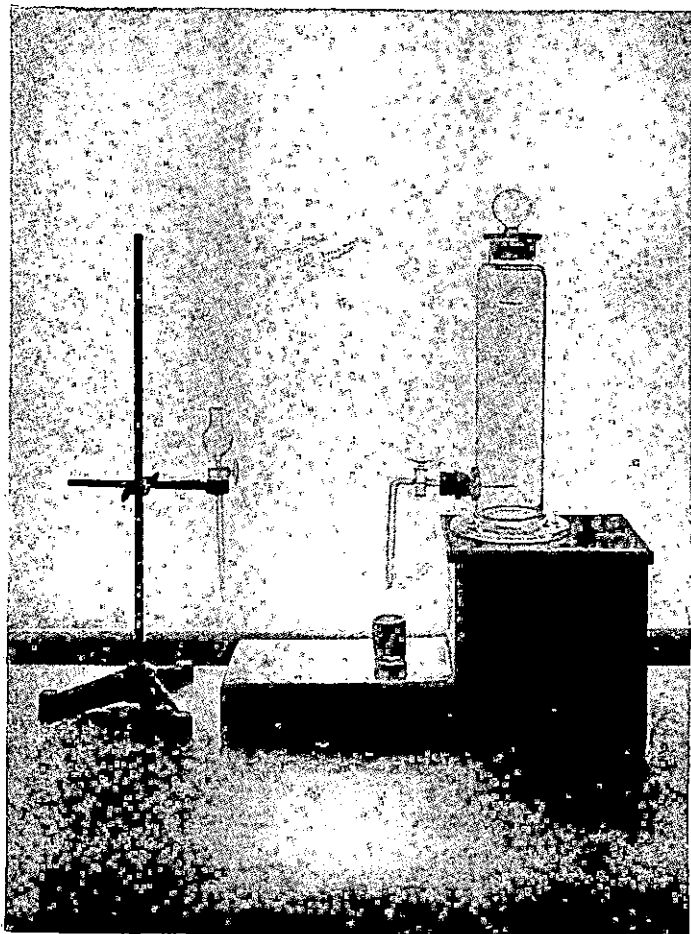


Slika 1.

cijevi, koji se horizontalno pruža do polovice valjka, sužuje se, tvoreći na kraju 1 mm širok otvor. Drugi krak nosi odmah pod koljenom ventil, koji reguliše komunikaciju između oba kraka koljenaste cijevi; drugi se kraj kraka sužuje jednako kao i krak u valjku. Na valjku se u visini otvara koljenaste cijevi nalazi značka 0; 10 cm iznad ove stoji značka 10, a opet 10 cm iznad ove značka 20. Volumen, koji zaprema voda resp. suspenzija do značke 20, iznaša ca 1000 cm^3 . Značke nijesu na valjku urezane, već se određuju tako, da se značka 0 označi na mjestu, na kome se zaustavi nivo vode, kad je koljenasta cijev otvorena. Gdje je zaveden valjak za sedimentaciju po Novaku,⁶ može se i on upotrebiti, samo je potrebno zamjeniti koljenastu cijev s našom, a volumen suspenzije do značke 20 kod svakog posebno odrediti.

U garnituru te aparature spada dalje, tačno kalibrirana staklena pipeta (C), kojoj je grlo dovoljno široko, tako da se suspenzija tla iz koljenase cijevi na valjku može dova-

dati; na donjoj se cijevi za ispuštanje suspenzije iz pipete nalazi ventil. Ova staklena pipeta imade sadržinu 20 cm³; za čitavu seriju valjaka, koje obslužuje jedan analitičar treba imati samo jednu pipetu. Konačno u garnituru spada mali porculanski lončić (sl. 2) sa stabilnim dnom, numeriran brojem odgovarajućeg valjka za sedimentaciju.



Slika 2.

Postupak kod određivanja čestica manjih od 0,002 mm:

K 10 gr. sitnog tla (prosijanog sitom s okruglim otvorima promjera 2 mm) pridoda se 100 cm destilirane vode, dobro se razmješa staklenim štapićem i ostavi u pokrtoj porculanskoj

zdjeljici 24 sata da se razmoči. Nakon toga se suspenzija opet dobro promiješa i kuha na slabom plamenu uz češće miješanje i dolijevanje vode. Suspenzija se na to ohladi i prenese dekantacijom u valjak za sedimentaciju, dopuni do značke 20 destiliranom vodom i mučka energično jednu minutu, našto se valjak ostavi da miruje. Nakon vremena sedimentacije, koje za čestice ispod 0,002 mm iznaša po Atterbergu 16^h, otvori se ventil na koljenastoj cijevi i prvih nekoliko cm³ suspenzije uhvati u posebnu čašu, dok se daljih 20 cm³ hvata u kalibriranu pipetu sa širokim grlom. Odmjerenih 20 cm³ suspenzije kvantitativno prenese u izvagnut porculanski lončić. Suspenzija se u lončiću odpari na vodenom kupatilu do suva, zatim suši u sušioniku 10 minuta kod 100—105°C i ohladi u u exikatoru. Razlika u težini lončića s česticama tla i lončića praznog jest težina tražene frakcije tla u 20 cm³ suspenzije t. j. u 0,2 gr. tla. Sadržina tražene frakcije u procentima jednaka je $\frac{b \cdot 100}{0,2}$, gdje je *b* sadržina te frakcije u 0,2 gr. tla.

U koliko se pomoću te aparature dadu određivati i grublje čestice kao na pr. čestice praha i glinaste čestice po Schöne-u, nije ustanovljeno; te se čestice određuju do sada u našem zavodu jednostavnom i vrlo podesnom metodom ispiranja pomoću aparata prof. K o p e c k o g.⁷ Čini nam se, da će određivanje grubljih frakcija biti otežčano njihovom relativno velikom brzinom sedimentacije i dosta malenom brzinom, kojom se uzorak suspenzije može odabirati, ako se ne nade podesan dispergens veće gustoće. Određivanje grubo koloidnih čestica pomoću pipet-metode ima još i svoje naročito značenje i prednost, jer omogućuje upotrebu destilirane vode, što se u Atterbergovom aparatu poradi prevelike potrošnje destilirane vode može jedva provesti; rabi se, stoga dest. voda samo kod naučnih istraživanja tla i ako bi bilo od velike važnosti, da se upotrebljava i pri određivanju čestica <0,002 mm. u tehničke svrhe. Kod nas je u Zagrebu mogućnost upotrebe vodovodne vode za određivanje čestica manjih od 0,002 mm čak potpuno isključena, radi velike količine CaCO₃ i MgCO₃ koje ta voda sadrži, a koji prema istraživanju A. S e i w e r t h a⁸ jako osjetljivo utječu na rezultate analiza. Tlo, koje je dispergirano u destiliranoj vodi, iskazivalo 20,43% sirove gline, pokazivalo je dispergirano u vodi vodovodnoj samo 3,75% tih čestica. Ovaj primjer jasno svjedoči, da su prednosti što ih pruža pipet-metoda vrlo velike, kao i to, da je određivanje finijih čestica tla, koje se približuju dimenzijama koloida, u pedološko-tehničkoj praksi jedino moguće pipet-metodom.

ZUSAMMENFASSUNG:

Vom Verfasser wurde eine Apparatur* für die mechanische Analyse des Bodens mittels Pipettmethode konstruiert, (Abb. 1. und 2.) welche im bodenkundlichen Institute der landwirtschaftlich-forstwirtschaftlichen Fakultät in Zagreb seit dem Jahre 1928 mit Erfolg benutzt wird. Mit dieser Apparatur sollen die Serienanalysen möglichst vereinfacht werden, um besonders die Bestimmung des Rohtones (Teilchen $< 0,002$ ccm) nicht nur für Pedologen, sondern auch für Kulturtechniker und Geobotaniker zugänglicher zu machen. Bekanntlich verlangt die Bestimmung des Rohtones nach der Methode von Atterberg bei sehr schweren Böden 60—80 maliges absyphonieren, was gewöhnlich 60—80 Arbeitstage in Anspruch nimmt. Die Bestimmung des Rohtones mittels der alten Atterbergschen Methode hat auch andere Nachteile, unter welchen besonders bei den Massenanalysen die grosse Konsumtion des destillierten Wassers in Betracht kommt, was den Wert dieser Methode für technische Zwecke erniedrigt. Die Benutzung des Zagreber Leitungswassers für die Zwecke der dispersoiden Analyse ist ungeeignet, wegen seines grossen Gehaltes an CaCO_3 und MgCO_3 , welche besonders die Rohtonwerte stark beeinflussen.

Die beschriebene Apparatur besteht aus einem Sedimentationszylinder, einer entsprechend breithalsigen Pipette von 20 ccm Inhalt mit Hahn auf dem Abflussrohr und einen stabilen Porzellantiegel von 40 ccm Inhalt. Der Sedimentationszylinder, dessen Höhe ungefähr 30 cm beträgt und der so gebaut ist, dass das Volumen bis zum Zeichen 20 cca 1000 ccm beträgt — trägt unten einen $2\frac{1}{2}$ cm breiten Tubus in welchem ein Gummistopfen mit Abflussrohr eingesetzt ist. Das Abflussrohr ist ein rechteckig gebogenes Glasrohr, welches am im Sedimentationszylinder sich befinden den Ende in Form einer Pipette zugespitzt ist, so das die Öffnung einen Durchmesser von 1 mm hat; der zweite Schenkel trägt gleich unter der Rohrbiegung den Hahn, ist am Ende ebenso zugespitzt wie der erste. Ein jeder Analytiker braucht nur eine breithalsige Pipette für eine ganze Serie der Sedimentationszylinder.

In jedem Zylinder wird der Nullpunkt, d. h. die Höhe des Wassers bei offenem Hahn bestimmt und 20 ccm über diesen ein zweites Zeichen gemacht. Es kann auch der Schlammzylinder nach Prof. Novák V. verwendet werden, wo er schon eingeführt ist.

Der Gang der Analyse ist folgender:

Zu 10 gr Boden (unter 2 mm Korndurchmesser) wird ungefähr 100 ccm destilliertes Wasser in einer Porzellanschale zugesetzt, mit Glasstab gerührt und 24 Stunden aufweichen gelassen. Dann wird die Bodensuspension eine halbe Stunde auf schwacher Flamme gekocht, abgekühlt, mit auf Finger aufgezoogenem Kautschuk mechanisch gerieben, zuerst die trübe Flüssigkeit durch Dekantation und dann der grobkörnige Rest in den Sedimentationszylinder übergeführt, mit destilliertem Wasser bis zum Zeichen 20 gefüllt, auf den Zylinder der Glasstopfen aufgesetzt, eine Minute lang energisch geschüttelt und stehen gelassen. Nach Falzeit, welche nach Atterberg für die Bodenteilchen kleiner als 0,002 mm und Fallhöhe 20 cm 16 Stunden beträgt, wird der Hahn auf dem Abflussrohr geöffnet, die ersten ccm in Becherglas aufgefangen, und die weiteren 20 ccm in die unterlegte breithalsige Pipette ablaufen gelassen. Die so gewonnene Probe wird durch die Öffnung des Hahnes auf der Pipette in Porzellantiegel entleert, und die auf den Pipettwänden anhaftenden Bodenteilchen mit etwas destilliertem Wasser in den Tiegel herausgespült. Die Bodensuspension wird auf dem Wasserbade bis zur Trockene eingedampft, in Trockenschrank bei 100—105° C getrocknet und dann im Exikkator abge-

* Über diese Aparatur wurde auf der Sitzung der I. Kommission in Prag im Jahre 1929. referiert.

kühlt, gewogen, die Menge des Rohtones in 20 ccm der Bodensuspension d. h. in 0,2 gr Boden berechnet und in Prozenten ausgedrückt.

Inwieweit auch gröbere Fraktionen des Bodens mittels Pipettmethode bestimmt werden können, ist nicht festgestellt.

LITERATURA:

1. Robinson G.: Journal of agricult. science 1922., 306.
2. Jennings D., Thomas M. and Gardner W.: Soil science 1922., 485.
3. Krauss G.: Internationale Mitteilungen für Bodenkunde 1923. 147.
4. Kötffgen P.: Zeitschrift für Pflanzenernährung und Düngung. T. A. Bd. IX. 1927., 35.
5. Köhn M.: Zeitschrift für Pflanzenernährung u. Dg. T. A. 1927. Bd. IX. 364, Bd. X. 91 i 1928. Bd. XI. 50.
Landwirtschaftliche Jahrbücher, 1928., 485.
6. Novák V.: Zprávy pedologické, sekce č. 7. Brno.
7. Kopecký J.: Pudoznalstvi. Praha 1928.
8. Seiwerth A.: Glasnik za šumske pokuse, Zagreb, 1926. 1.

PROF. Dr. MIHOVIL GRAČANIN :

ISTRAŽIVANJE TLA ŠUMSKOG RASADNIKA U CRIKVENICI.

Un examen pédologique dans la pépinière de Crikvenica.

Uvod.

U šumskom rasadniku crikveničkom počele su unazad nekoliko godina stradavati jednogodišnje sadnice bora (*Pinus laricio*) i bagrema (*Robinia pseudoacacia*), pa je s obzirom na veliko značenje toga rasadnika za pošumljavanje krševa i goleti bilo od interesa da se utvrdi, ne leži li možda razlog propadanja sadnica i u nepovoljnim promjenama edafskih faktora.*

Rasadnik crikvenički leži oko 1.2 km sjevero-istočno od mjesta Crikvenice s desne strane potoka Dubračina u starom potočnom koritu, te predstavlja potočni aluvij, koji je umjetno povećan (obogaćen) nanosom sitnog tla. Osnovan je god. 1908. sa svrhom da posluži odgajivanju sadnica za pošumljavanje krševa i goleti sjevernog dijela litoralnoga Krša. Glavne su kulture crni bor i bagrem, koje radi skromnosti najbolje odgovaraju namijenjenoj svrsi. Kako je površina rasadnika malena to je tlo čitavog areala maksimalno iskorišćivano, tako, da je u 20 godina bor došao 10 puta na isto mjesto. Gajenje je spomenutih kultura na tlu toga rasadnika uspijevalo niz godina, ali je zadnjih nekoliko počelo iz godine u godinu sve jače nazadovati. Sjeme kultura proklija normalno, sadnice vegetiraju 14 dana, našto dosta naglo ugibju. Nijedna naglo uginula biljka nema normalno razvijenog glavnog korijena. Čim se razvije sekundarno korijenje, biljke se odpravaju i ne ginu. Ipak je razvoj preostalih sadnica dosta slab; naročito sadnice bora pokazuju mjestimice izrazitu klorozu. Utvrđeno je također, da sadnice iz sjemena zasijanog kasnije stradavaju znatno više.

Na dijelu rasadnika, na kojem je nanesen sloj novog tla, pokazuje bagrem tri puta jači razvoj od istovremeno nosija-

* Istraživanja su obavljena 1928. godine.

nog na susjednom starom tlu. Pojava mjestimičnog naglog ugibanja mladih sadnica, te veća sigurnost ranijeg sijanja, daje naslućivati, da su po srijedi bolesti resp. štetočinje. S druge strane vrlo slab razvoj preostalih sadnica i kloroza iglica svjedoče, o nepovoljnom stanju nekih edafskih činioca vegetacije.

Pedološko istraživanje.

Da se utvrdi, u koliko razlog stradanja sadnica leži u promjenama tla, izvedena su pedološka istraživanja. Otvorena su u svemu dva profila i to jedan ispod crnog bora, drugi ispod bagrema, te su uzeti uzorci za fizikalnu, mehaničku i kemijsku analizu. Fizikalna analiza provedena je po Kopecký-Burgeru,¹ mehanička u aparatu po Kopecký-u², a određivanje glinenih čestica pipetmetodom po Gračanin-u³. Kemijska analiza odnosila se je na određivanje substancija topljivih u 10% solnoj kiselini po Gedroizu⁴, humusa po Knopu,⁵ ukupnog dušika po Jodelbaueru⁶, i reakcije tla u filtratu vodenog izvotka i izvotka u n-KCl, kolorimetrijskom metodom po Mihaelisu⁷. Higroskopicitet je određen metodom Rodewald-Mitscherlichovom⁸. Istraživanja fizikalnih i mehaničkih svojstava izvedena su u čitavim profilima, dok je kemijska analiza provedena samo od površinskih horizonata tla.

Tekstura tla.

Mehanički sastav tala prikazan je u skrižaljci I. Profil br. 1 predočuje mehanički sastav tla ispod bora, a profil br. 2 ispod bagrema.

Skrižaljka I.

Broj profila Numeros de profil	Dubljina u cm. Epaisseur en mm	Promjer čestica [Diamètre des grains]						
		0,01 mm	0,01—0,05 mm	0,05—0,1 mm	0,1—2,0 mm	< 0,002 mm	Iznad > 2,00	Ispod < 2,00
1.	0—10	41,04%	28,32%	14,14%	16,50%	9,60%	5,10%	94,90%
	25—35	40,46 ..	28,82 ..	16,86 ..	13,86 ..	11,97 ..	5,51 ..	94,49 ..
	35—45	36,34 ..	16,60 ..	12,10 ..	34,96 ..	6,96 ..	66,40 ..	33,60 ..
2.	0—10	34,76 ..	21,80 ..	15,00 ..	28,44 ..	9,10 ..	8,21 ..	91,79 ..
	50—60	37,56 ..	28,56 ..	16,66 ..	17,28 ..	4,81 ..	9,35 ..	90,65 ..

Tlo ispod bora: od površine glinasta ilovača s malo rastrušenog šljunka ide do dubljine 35 cm, našto naglo prelazi

u horizont šljunka i kamenja izmiješanog s nešto pjeskovito-glinasto-ilovastog tla.

Ispod bagrema profil je dubok više od 1 metra, a sastoji se iz slabo pjeskovite ilovače, u kojoj je rastrušeno nešto šljunka i kamenja.

Fizikalna svojstva.

Prilike vode i zraka uvjetovane su strukturom tla i spec. hidrološkim prilikama, koje na području crikveničkog rasadnika vladaju. Prosječne godišnje oborine u Crikvenici iznose oko 1452 mm; kad se uzme u obzir, da rasadnik leži u starom potočnom koritu, te da je izvrnut i periodičkim poplavama, onda je jasno, da vlage u prvo doba vegetacije imaju sadnice dovoljno na raspoloženju. Pitanje je samo kako tlo gospodari vlagom i kakovi vodeno-zračni odnošaji vladaju u tim tlima. Podatci o fizikalnim svojstvima sakupljeni u skrižaljci II. pokazuju, da je ukupni volumen pora u tlu osrednji, te da je odnošaj između apsolutnog kapaciteta tla za vodu i kapaciteta za vazduh — koji odlučuje o mogućnosti kretanja vlage i aerizaciji tala — povoljan u čitavom profilu.

Skrižaljka II.

	Apsolutni kapacitet za vodu u % Capacité absolue pour l'eau	Volumna težina Poids de volume	Specifična težina Poids spécifique	Volumen pora Volume des espaces lacunaires	Kapacitet za vazduh Capacité pour l'air	Higroskopicitet Hygroscopicité
Profil I.						
5—12 cm	45,07%	1,54	2,68	42,50%	17,43%	3,72
48—35 ..	32,57 ..	1,47	2,69	45,35 ..	12,78 ..	—
Profil II.						
5—12 cm	32,03%	1,44	2,67	56,07%	14,04%	3,10
50—65 ..	33,17 ..	1,49	2,74	45,62 ..	11,75 ..	—

Prema tome je jasno, da u konstelaciji fizikalnih i mehaničkih svojstava tala crikve-

ničkog rasadnika ne leži uzrok ugibanja sadnica.

Kemijska svojstva i sastav.

Kemijskom analizom najgornjega horizonta profila I. i 2. utvrđeno je prije svega, da je vodeni izvadak ovih tala ili skoro neutralan, a da je izvadak u normal. kloridu vrlo slabo kiseo (vidi skrižaljku III).

Skrižaljka III.

Oznaka profila Désignation du profil	pH } dans l'eau u vodi	pH } u norm KCl dans KCl normal
Prof. I. 0 —10 cm 95—45 cm	7,00 7,10	6,45 6,80
Prof. II. 0 —10 cm 50—60 cm	6,85 7,00	6,40 6,70

I ako do sada nije experimentalno utvrđen utjecaj reakcije na razvoj *Pinus laricio* i *Robinia pseudoacacia*, ipak se daje na temelju dosadanjeg iskustva prakse zaključiti, da reakcija tala crikveničkog rasadnika pogoduje razvoju obiju kultura. *Pinus laricio* uspijeva naime po prof. Petračiću⁹ kako na vapnenom (bazičnom) tako i na vrištinskom tlu (kiselom). I Kraus¹⁰ je utvrdio, da bor podnaša znatno veliku kiselost tla (pH=4,0). Po svemu izgleda, da se život bora kreće u dosta širokim granicama koncentracije H-iona. U pogledu bagrema Petračić je mišljenja, da on ne podnosi kiselu humozna, kao ni alkalična tla. Znači da voli neutralnu reakciju. Prema tome reakcija tala crikveničkog rasadnika prija kako razvoju sadnica bora tako i bagrema.

Kemijskom analizom utvrđeno je dalje, da ispitivana tla sadrže količinu hraniva odnosno ostalih sastojaka topivih u 10% solnoj kiselini, kako to prikazuje skrižaljka IV.

Iz podataka se o kemijskom sastavu vidi, da su tla crikveničkog rasadnika vrlo siromašna fosforom i kalijem, a dosta siromašna dušikom.

Skrizaljka IV.

Topivo u 10 ⁰ / ₀ HCl u 0 ⁰ / ₀ Soluble dans HCl de 10 ⁰ / ₀ en 0 ⁰ / ₀	Profil I.		Profil II.	
	horizont od } horizon de }	0-10 cm	horizont od } horizon de }	0-10 cm
SiO ₂		0,45		0,39
Fe ₂ O ₃ +Al ₂ O ₃ +P ₂ O ₅		6,91		6,27
Fe ₂ O ₃		3,98		3,42
P ₂ O ₅		0,06		0,02
CaO		13,32		20,48
MgO		1,31		0,79
Na ₂ O		0,10		0,08
K ₂ O		0,06		0,05
Pored toga tla su sadržala u 0 ⁰ / ₀				
Humusa		2,76		1,69
Dušika ukupnog		0,10		60 ⁰ / ₀

Kada se uzme u obzir, da mlade sadnice trebaju vrlo velike količine hraniva, naročito dušika, kalija i fosfora i to skoro deset puta više od odraslog drveća, a po prilici isto toliko kao i šećerna repa, onda je jasno, da tlo crikveničkog rasadnika nema dovoljno hraniva za prehranu mladih sadnica, te da ih je neophodno potrebno dodavati u obliku fosfornih, kalijevih i dušičnih gnojiva.*

Konačno treba napomenuti, da trajan turnus bor-bagrem već kroz 20—30 godina može na plitkom tlu kao što je crikveničko dovesti do umornosti tla i to ne samo radi jednostranog iscrpljenja hraniva, već i radi jednostranih promjena bioloških i kemijskih svojstava tla, koje se običnom analizom ne dadu ustanoviti, a koje mogu nepovoljno utjecati na život sadnica.

Poljoprivrednoj praksi već je odavno poznato, da se mnoge biljke uzastopce gajene ne podnose. U Češkoj je trajna ophodnja ječam-repa brzo morala biti uklonjena, jer su iz godine u godinu prirodi sve jače podbacivali. Poznato je, da se ni lan dvije tri godine uzastopce ne podnosi: da li korijenje lana izlučuje kakove toksine ili slično, nije do sada utvrđeno. Znade se također, da jednostrano iskorišćavanje tla pogoduje razvoju specifičkih bolesti odnosno štetočinja, te da je u praksi poznata »umornost tla« uvjetovana i promjenom

* Već je prvo gnojenje tala 1929. god. obavljeno na osnovu ovih istraživanja, imalo povoljno djelovanje na razvitak sadnica.

mikrobioloških prilika. Da je tako svjedoči u mnogim slučajevima uspješno liječenje »umornosti« tla parcijalnom dezinfekcijom. Upravo pojava naglog ugibanja sadnica u crikveni- ničkom rasadniku daje naslućivati, da se radi o nepovoljnom utjecaju agenasa bioloških; pokus s dezinfekcijom tla zaslu- žuje pažnju.

Bilo bi konačno uputno, da se u turnus šumskih rasad- nika na Kršu unese ugašenje, ili što je još bolje, da se zavede gajenje leguminoza za zeleni gnoj.

LITERATURA:

1. Burger: Physikalische Eigenschaften der Wald- und Freilandböden, Zürich 1922.
2. Kopécky J.: Půdoznalství, Prag 1928.
3. Gračanin M.: Aparatura za određivanje glinenih čestica pipetmeto- dom. Glasnik za šumske pokuse, knjiga 3.
4. Gedroiz K.: Chemische Bodenanalyse, Berlin.
5. Wahnschaffe-Schucht: Anleitung zur wiss. Bodenuntersu- chung, Berlin 1914.
6. Wiessman H.: Agriculturchemisches Praktikum, Berlin 1926.
7. Michaelis-Gyemont: Biochemische Zeitschrift 1920.
8. Mitscherlich A. E.: Bodenkunde f. Land- und Forstwirte, 1923.
9. Petračić A.: Uzgajanje šuma I. dio, Zagreb, 1925.
10. Krauss G.: Zur Aziditätbestimmung in Waldböden, Forstwissen- schaftliches Zentralblatt, Berlin 1924.

RESUMÉ:

L'auteur donne un rapport sur la cause de dépérissement de jeunes plantes *Pinus laricio* et *Robina pseudoacacia* de la pépinière de Crikvenica (littorale Croate, Yougoslavie) du point de vue pédologique.

Cette pépinière étant dans le lit d'un ancien ruisseau, représente l'alluvium plat, sur lequel on cultive depuis plus de vingt ans de jeunes plantes qui servent pour le reboisement de terrains dénudés du Karst.

Malgré le fait que la culture mécanique du sol et l'engraissage avec du fumier naturel soient très intenses, on remarque ces dernières années un dépérissement grandissant de ces jeunes plantes.

Les plantes se développent normalement dans les premiers 15 jours, puis, ou bien ils périssent, ou s'ils continuent à vivre, ils montrent une chlorose très prononcée.

L'auteur a fait des recherches sur la composition mécanique, prop- riétés physiques et composition et propriétés chimique de ces terres.

Les analyses de deux profils ont montrés, que la texture et la struc- ture sont assez favorables au développement de jeunes plantes. (Voir les tabl. I. et II.). Ensuite on a constaté que la réaction de l'extrait de ce sol dans l'eau distillée se montre comme neutre ou bien presque neutre (tabl. III.). Et étant donné que le *Pinus laricio* et *Robina pseudoacacia* subissent bien la réaction neutre (d'après ce qu'on en connaît à present) il est

évident que aussi même la réaction du sol n'est pas non plus le facteur qui cause le déperissement de ces plants.

L'analyse chimique a montré que les sols examinés sont très pauvres en acide phosphorique et en potasse et assez dépourvus de l'azote. Comme les jeunes plantes ont un grand besoin de ces substances, presque autant que la betterave, il s'ensuit qu'il faut chercher la cause de ce déperissement dans un épuisement de ces substances dans les sols de la pépinière, provenant d'une plantation successive et continuelle de *Pinus-Robinia*. Probablement il s'agit aussi de lassitude causée par le changement défavorable microbiologique. Il faudrait pour s'en rendre bien compte faire un essai de désinfection du sol.

L'engraissage avec engrais chimique a donné déjà la première année des résultats rémarcables. En vue de revenir à l'ancienne fertilité il serait bon d'introduire dans les pépinières du notre Karst la jachère ou bien la culture de légumineuses qui serviraient de fumier vert.

PROF. ING. STANKO FLÖGL:

O PUTOKLIZINI U KRIVULJI.

Über den Riesweg in der Krümmung.

SADRŽAJ:

Uvod.

I.

1. Klizanje neteškog tijela u luku kružnice, stalnog uzdužnog nagiba
2. Klizanje teškog tijela na podlozi bez trenja, izvedenoj u luku kružnice stalnog uzdužnog nagiba
3. Klizanje teškog tijela na podlozi sa trenjem, izvedenoj u luku kružnice stalnog uzdužnog nagiba
4. Poprečan profil putoklizine u krivulji, izveden u obliku užljebine
5. Klizanje teškog tijela na podlozi uzdužnog nagiba α , poprečnog nagiba β , savitaj u luk povoljne prostorne krivulje, uz djelovanje horizontalne centripetalne sile. Koeficijent nagiba
6. O minimalnom polumjeru krivosti putoklizine
7. O putoklizini providenoj sa švarcvaldskim profilom u krivulji. Mijena brzine teškog tijela u njoj
8. O putoklizini izvedenoj u obliku užljebine u krivulji. Mijena brzine teškog tijela u njoj
9. O prelaznoj krivulji
10. Primjeri

II.

11. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je parabola
12. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je hiperbola
13. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je osovljena elipsa
14. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je ispružena elipsa
15. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je povoljna čunjosječica
16. Putoklizina izvedena je u obliku užljebine, stalnog uzdužnog nagiba. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je povoljna čunjosječica
17. Putoklizina, providena sa švarcvaldskim profilom, stalnog uzdužnog nagiba. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je povoljna čunjosječica
18. Primjer
Tablice

UPOTREBLJENA LITERATURA:

a) iz šumarske struke:

- O. v. Baltz: »Das Gefälle der Rieswege«, Öst. Forst u. Jagdzeitung 1910.
C. Baltz: »Betrachtung über Theorie und Praxis der Rieswege«, Ö. F. Jagdzeitung 1914. i 1915.

- Dr. J. Glatz: »Rieswege und Drahtseilriesen«. Wien, Leipzig 1920.
- Dr. Hauska: »Eine Betrachtung über Theorie und Praxis der Rieswege«. Ö. F. und Jagdzeitung 1914, 1915.
- Kubelka: »Über Theorie u. Praxis der Rieswege«. Ö. F. u. Jagdzeitung 1914, 1915.
- Kubelka: »Praktische Erfahrungen aus dem Rieswegbetriebe«. Ö. F. u. Jagdzeitung 1909.
- Kubelka: »Über das Gefälle der Rieswege«. Ö. F. u. Jagdzeitung 1910.
- Miklitz: »Über das Gefälle der Rieswege«. Ö. F. u. Jagdzeitung 1910.
- Miklitz: »Praktische Erfahrungen aus dem Rieswegbetriebe«. Ö. F. u. Jagdzeitung 1908.
- Flögl S.: »Prilog teoriji klizina«. Spomenica Gosp. šumarskog fakulteta sveučilišta u Zagrebu 1919—1929; sa oznakom ostale literature.
- b) iz Teoretske mehanike i Matematike:
- Keck-Hotopp: Mechanik.
- Kienert-Stegemann: Differential und Integral-Rechnung.

Uvod.

Osovinu svake putoklazine treba osnovati po mogućnosti u pravcu u horizontalnoj projekciji. U vertikalnoj projekciji može biti sastavljena i od pravaca raznih nagiba, nizbrdica, horizontala, uzbrdica ili od vertikalnih konveksnih i konkavnih kružnica na lomu nagiba. No i tu se treba držati izvjesnih granica, već prema tome, da li će putoklazina raditi ljeti ili zimi, za vrijeme suše ili u vlažno doba, zatim kod iste putoklazine već prema njezinom dijelu, koji se osniva. Početni dio treba osnovati sa najvećim, a završni dio sa najmanjim nagibom. Zbog terenskih prilika nije moguće trasirati osovinu putoklazine niti u horizontalnoj projekciji uvijek u pravcu, nego treba umetati i krivulju na lomu dvaju pravaca, redovno kružnicu sa prelaznom krivuljom ili bez nje. Tu su određene opet granice, kojih se treba držati na temelju iskustva. U ovoj se raspravi radi samo o dijelu putoklazine, koji pokazuje oblik krivulje u horizontalnoj projekciji. Zbog toga se spominju ovdje podaci, utvrđeni iskustvom, koji se protežu samo na takav dio putoklazine.

Danas je općenito prihvaćen nazor, da je najzgodniji švarcvaldski profil, a tek u drugom redu profil u obliku užljebine za putoklazinu u krivulji. Drvo treba voditi, kada klizi u krivulji. Švarcvaldski profil providen je stoga sa vertikalnom stijenom na vanjskom rubu, koja je složena od oblica i tačno pritesana u oblik osnovane krivulje. Podloga je utvrđena sa pragovima u poprečnom smjeru, pod izvjesnim nagibom prema središtu krivulje. Ovako konstruiranu putoklazinu karakteriše dakle podloga od naravnog tla, utvrđena s pragovima u određenim razmacima, providena sa poprečnim nagibom prema središtu krivulje, zatim povod (vodilo, Führung) sastavljen od jednog, dva ili iznimno od više redova oblica, braniča, pritesanih i složenih tačno u oblik

osnovane krivulje. U dobrom, litičastom tlu može se izvesti putoklizina u krivulji i u obliku užljebine. To je u gornjem dijelu 1'5 do 2'0 m. široka, 0'4 do 0'6 m. duboka užljebina, sa strmim, zaobljenim stijenama, providena sa 0'5 do 1'0 m. širokim dnom. Kao povod služi vanjska stijena užljebine. Dno je provideno sa poprečnim nagibom kao i podloga švarcvaldskog profila. Za veću sigurnost gradi se mali nasip uz vanjski rub užljebine od zgodnog materijala, koji sili drvo, da ne ostavlja određeni put jednako kao i vanjska stijena užljebine. Jedan i drugi profil proširuje se u krivulji u obratnom omjeru sa veličinom polumjera krivosti. To proširenje treba izvesti tek u najnužnijim granicama. Iskustvo je pokazalo, da ne valja veća širina puta od 2'0 m. Manji oblici drveta klize na širokom putu nesigurno, jer gube povod. Proširenje izvodi se uvijek na unutarnjoj strani puta prema središtu krivulje.

Uzdužni nagib putoklazine neka je konstantan u krivulji. Treba li mijenjati nagib, neka se mijenja pred krivuljom ili iza nje, kaže Kubelka, a nipošto ne u njoj. Nagib u krivulji treba da je za 5—10% veći od nagiba u susjednom pravcu po Steineru. No i to povećanje, kaže Glatz, može se izvesti samo ako terenske prilike dopuštaju, a nije na uštrb drugom kojem dijelu ili cjelini putoklazine. Inače vrijede ovi podaci o najpovoljnijem nagibu jednako u krivulji kao u pravcu i to po Glatzu:

Za suhu ljetnu putoklizinu:	35—50%
„ vlažnu „ „ :	15—30%
„ osnježenu zimsku „ :	10—20%
„ oledenu „ „ :	4—10%

Ovi se podaci podudaraju u glavnom sa takovim podacima po Miklitzu.

Poprečan nagib zavisi o veličini centrifugalne sile, dakle o polumjeru krivosti osovine puta i o brzini, s kojom tijelo klizi. Podloga švarcvaldskog profila izvodi se po Glatzu sa poprečnim nagibom od 10 do 15%, a iznimno do 25%. Veliki poprečan nagib zadaje poteškoća kod izvedbe i uzdržavanja puta. Zbog toga se ne preporuča. Podloga užljebine izvodi se također sa nagibom od cca 10% u krivulji.

Ostali oblici poprečnog profila u krivulji, praktički se nijesu mogli udomiti. Naročito vrijedi to za profil sa kosim pragovima, bez braniča, neku kombinaciju užljebine i švarcvaldskog profila, koju je opisao Kubelka, a dotjerivao i preporučio Dr. Hauska. Pragovi se brzo troše u takovom profilu, kaže Miklitz, ne leže sigurno, mijenjaju položaj, a budu i izbačeni. Ne utvrđuju dakle put, a što je najgore, loše provode drvo, dok klizi, jer manjkaju braniči. A i Dr. Glatz-u nije po-

znato, da se je igdje upotrijebio takav profil u novije doba. Ova kombinacija nije ni teoretski opravdana, kako će se vidjeti poslije.

Dosada se je upotrijebila redovno kružnica, sa prelaznom krivuljom ili bez nje, kao oblik osovine putoklazine u horizontalnoj projekciji, dakle kao krivulja trasiranja. Polumjer kružnice, vrijedilo je pravilo, a vrijedi i sada, treba da je što veći. Zavisi o brzini, dužini i o elastičnosti drveta, koje klizi. Kod transporta dugog drveta — a to je redovni slučaj — polumjer neka ne bude manji od 100—80 m., a samo u nuždi 60 m., kaže Glatz, a s njime jednako i Kubelka. Po Miklitzu mogla bi se sniziti ta granica i na 30 m. u povoljnim prilikama obzirom na elastičnost dugog drveta, koje se također savija i prilagođuje obliku krivulje ili puta, kojim klizi. Sa ovom pojavom može se računati ali malo ili ništa, ispravno kaže Glatz. Prelaznu krivulju treba osnovati to dužu, što je manji polumjer, a brzina veća. Ona može izostati posvema, ako je polumjer kružnice veći od 300 m. po Glatz-u, a veći od 200 m. po Kubelki.

Ovako glase danas u glavnom pravila, stečena iskustvom, kojih se valja držati osnivajući putoklizinu u krivulji, u horizontalnoj projekciji. No to je premalo za valjanu osnovu. S ovim su pravilima određene granice preširoko, bez uputa, kojih se valja držati unutar njih. S ovim su pravilima generalizirane možda i pojave, koje su odgovarale svrsi u konkretnom slučaju ili u konkretnim slučajevima, a nijesu od općenitog značenja. Sva su ta pravila teoretski slabo ispitana i potkrijepljena u stručnoj literaturi. U koliko jesu, spominje se na kraju ove rasprave. Naročito nije utvrđeno ovo još potrebno za valjanu osnovu:

Koliki mora biti uzdužan nagib putoklazine u krivulji, da radi besprijeckorno unutar određenih granica ili uz postavljene uvjete? Koliki mora biti taj nagib na otvorenoj pruži, a koliki kod kočnih krivulja na kraju klizine? Kako utječe poprečan nagib na sposobnost rada putoklazine kod švarcvaldskog profila, a kako kod užljebine? Koliki je njegov iznos u konkretnom slučaju? Granice 5—25% ili 5—10% su preširoke! ne mogu vrijediti uvijek i u svakom slučaju. Nema sumnje, imadu pravo i oni, koji određuju minimalnu vrijednost polumjera krivosti sa 30 m., kao i oni, koji određuju tu vrijednost sa 200 m. No nemaju pravo svi u svim prilikama. Radius od 30 m. može biti jednako dobar kao i radius od 200 m., ali samo u izvjesnim prilikama. Za cijelo zavisi veličina polumjera i o obliku profila. Njegova vrijednost neće biti jednaka kod švarcvaldskog profila i kod užljebine, uz jednake prilike inače. Nije utvrđeno, da li je kružnica najpovoljniji oblik u svim prilikama?

Naročito o najvažnijem pitanju, o promjeni brzine tijela u krivulji empirija šuti. Jednako šuti o tome i teorija u stručnoj šumarskoj literaturi. Osnivač treba ali da uvjeri ne samo sâm sebe, nego i druge, da će putoklizina raditi u svakom dijelu, u određenim prilikama. Poznavanje zakona o promjeni brzine tijela jednako je dakle važno u krivulji kao i u pravcu. Zataji li putoklizina samo zbog jedne loše osnovane krivulje, paralizovan je sav njezin dio ispod te krivulje iako je osnovan inače potpuno ispravno. Najvažniji dio putoklizine je posljednji na stovarištu. Ondje se poništi brzina, a drvo istovaruje. U tu svrhu osnivaju se kočni pravci, horizontale i kočne krivulje. Osnivanje pak takove kočnice nije moguće bez poznavanja brzine, sa kojom ulazi tijelo u nju. Nije li uspješno osnovan taj posljednji dio, putoklizinu treba napustiti. Nije se to desilo samo jedamputa! Prosuditi ili osnovati putoklizinu kao cjelinu bez poznavanja zakona o promjeni brzine u svakom niezinom djelu, nije dakle moguće.

Ocrtavši ovako u glavnim crtama predmet, o kojem se ovdje radi, treba da se nešto kaže i o najvažnijem faktoru kod osnivanja putoklizina o koeficijentu trenja. Nema sumnje od velike je koristi poznavanje tačne vrijednosti koeficijenta trenja pod svim prilikama na putoklizinu. No nije od prijeke potrebe. Vrijednost koeficijenta trenja mijenja se sa godišnjom dobom, atmosferskim prilikama, oblikom i vrstom drveta, koje klizi, kod iste putoklizine često i u istom danu. Drukčiji je koeficijent trenja u zoru, za vrijeme rose, a drukčiji je o podne, na sunčanom žaru. Nagli pljusak — a taj nije rijetkost u gori — stubokom mijenja način rada klizire. Putoklizinu treba dakle osnovati tako, da je njezin rad osiguran u prilično širokim granicama vrijednosti koeficijenta trenja. Te su pak granice utvrđene dovoljno već i dosadašnjim iskustvom. Zbog toga će biti od potrebe osnovati putoklizinu u krivulji prema godišnjoj dobi, u kojoj će raditi: kod zimske putoklizine prema graničnim vrijednostima, koje poprima koeficijent trenja zimi, a kod ljetne putoklizine prema graničnim vrijednostima, koje poprima koeficijent trenja ljeti. Glavno je, da je rad putoklizine osiguran za najveći dio intervala vrijednosti, koje poprima koeficijent trenja u doba, kada se drvo otprema. — U tom pogledu kaže i Glatz, nekoliko postotaka više ili manje nijesu od važnosti kod svih putoklizina uopće, a kod ljetnih napose. Neće se moći izbjeći u takovom slučaju razmierno velikim brzinama. Ali, i u tom pogledu uči iskustvo, da su velike brzine od sporednog značenja na valjano inače osnovanoj i izgrađenoj putoklizinu.

Tijekom rasprave bit će od potrebe iznijeti općenite mehaničke zakone, koji su u vezi sa putoklizinom u krivulji, ali ne zbog toga, što nebi bili poznati, već zbog toga, što nijesu u

skladu sa objavljenim već nekim formulama u tom predmetu. Osim toga potrebno je i za bolje razumijevanje kraja, da se počne od početka. U tu svrhu podijeljena je i rasprava u dva dijela, na više tačaka, koji čine zasebnu cjelinu, a upiru se jedna na drugu. U prvom su dijelu raspravljene pojave u vezi sa klizanjem teškog tijela na putoklizini, trasiranoj u luku kružnice, a u drugom dijelu pojave u vezi sa klizanjem teškog tijela na putoklizini, trasiranoj u luku povoljne čuniosiečice, u koliko već nijesu raspravljene u prvom dijelu.

I.

1. Klizanje neteškog tijela u luku kružnice, stalnog uzdužnog nagiba. Put ovakovog tijela je cilindrična vijčanica, t. j. put, koji opisuje tijelo na plaštu cilindra, gibajući se jednolično pod stalnim kutem nagiba α prema horizontali. Baza cilindra je horizontalna kružnica, određenog polumjera r . Plašt cilindra, razvit u ravnini, na visinu jednog hoda vijčanice V , predočuje pravokutnik podnice $2r\pi$ i visine V . Diagonala tog pravokutnika je vijčanica razvita u toj ravnini. Nerazvita vijčanica je prostorna krivulja. Zbog toga se promatra u prostornom koordinatnom sistemu Y, Y, Z , (slika 1). Položaj povoljne tačke P određuju na vijčanici koordinate:

$$x = r \sin \varphi; \quad y = r \cos \varphi; \quad z = r \varphi t g \alpha.$$

Prve dvije jednadžbe predočuju kružnicu u horizontalnoj ravnini XY . Treća jednadžba predočuje pravac, diagonalu na razvitom plaštu cilindra. Horizontalna projekcija tačke P izvršuje centralno gibanje, putujući na kružnici $r^2 = x^2 + y^2$, za koje vrijedi zakon: polumjer opisuje jednako velike površine u istom vremenu. Na kružnici je to moguće samo uz jednolično gibanje. Odatle se izvode prva tri uvjeta potrebna za gibanje u obliku vijčanice:

Horizontalna projekcija brzine mora biti konstantna: $v_h = c_h$.

Horizontalna projekcija tangencijalne sile, koja giba tijelo, mora biti jednako ništici.

Horizontalna projekcija normalne sile, koja giba tijelo, treba da je jednaka centripetalnoj sili kružnice.

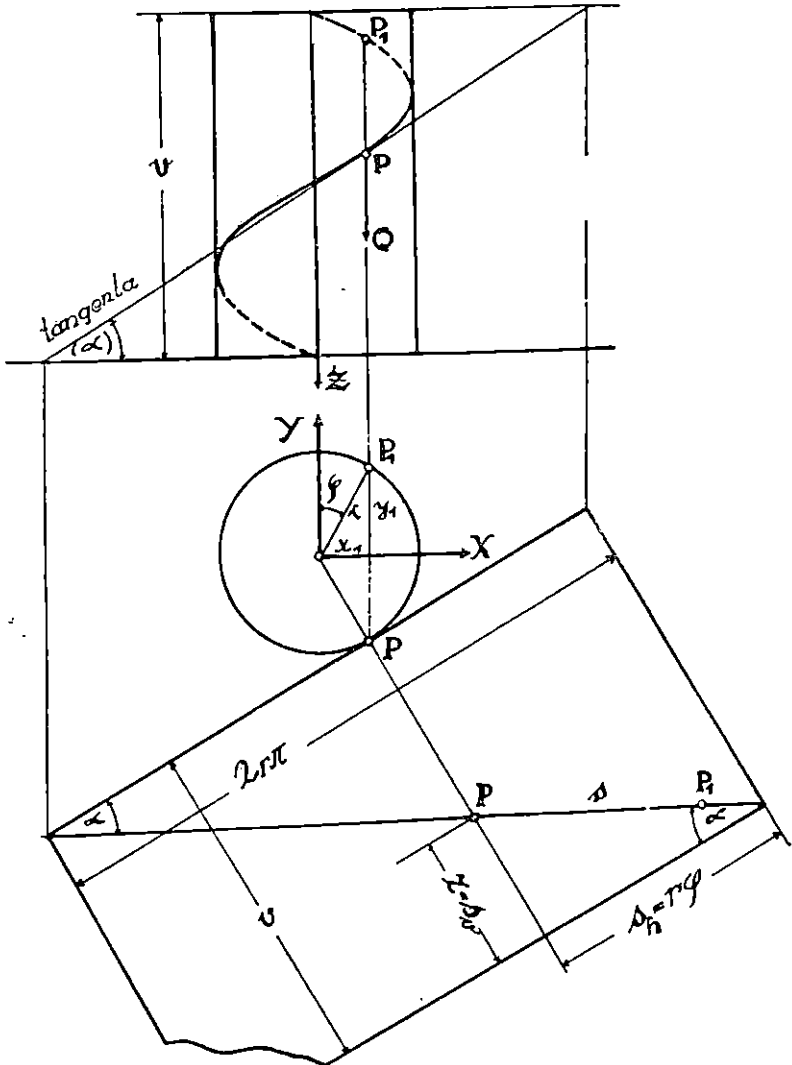
Dok se horizontalna projekcija tačke P giba jednolično na kružnici, opisuje projekcija iste te tačke na vertikali, osovini Z , put: $z = \varphi r t g \alpha = s_h t g \alpha = s_v$ istodobno. Odatle se izvode druga tri uvjeta potrebna za gibanje u obliku vijčanice:

Vertikalna projekcija brzine mora biti konstantna i sa horizontalnom projekcijom brzine u vezi: $v_z = c_h t g \alpha$.

Vertikalna projekcija tangencijalne sile mora biti jednaka ništici.

Prva i druga tri uvjeta zajedno daju ovaj rezultat: Gibanje u obliku cilindrične vijčanice stalnog nagiba α nastaje samo, ako je brzina, kojom se tijelo giba, konstantna:

$$v^2 = \sqrt{v_h^2 + v_z^2} = \sqrt{c_h^2 + c_h^2 \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{c_h}{\cos \alpha} = c$$



Slika 1.

i ako je pokretna sila jednaka s a m o centripetalnoj sili kružnice, baze cilindra vijčanice:

$$N = \frac{m c_h^2}{r} \quad (m \text{ označuje masu}).$$

Do istog rezultata se dolazi računskim putem na ovaj način: Obide li horizontalna projekcija tačke P cijelu kružnicu u vrijeme T , obiće će u jedinici vremena put. dio kružnice,

$\frac{2r\pi}{T}$. Horizontalna projekcija tačke giba se dakle sa jednolič-

nom brzinom $c_h = \frac{2r\pi}{T}$ Kut φ mjeran u jedinici vremena, a iz-

ražen dužinom luka polumjera r iznosi: $\frac{2\pi}{T} = \frac{c_h}{r}$, a u povolj-

nom vremenu t , $\varphi = \frac{c_h}{r} t$. Prve tri jednadžbe poprimaju onda

oblik:

$$x = r \sin \frac{c_h}{r} t, \quad y = r \cos \frac{c_h}{r} t \quad \text{i} \quad z = c_h t \operatorname{tg} \alpha.$$

Ove jednadžbe, derivirane prvi puta, daju komponente brzine:

$$v_x = \dot{x} = c_h \cos \frac{c_h}{r} t = \frac{c_h}{r} y$$

$$v_y = \dot{y} = -c_h \sin \frac{c_h}{r} t = -\frac{c_h}{r} x$$

$$v_z = \dot{z} = c_h \operatorname{tg} \alpha.$$

Horizontalna projekcija brzine mjeri:

$$v_h = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = c_h,$$

a brzina na vijčanici: $v = \sqrt{v_h^2 + v_z^2} = c$

kao i prije. Iste jednadžbe derivirane po drugi puta daju komponente akceleracije:

$$a_x = \ddot{x} = -\frac{c_h^2}{r} \sin \frac{c_h}{r} t = -\frac{c_h^2}{r^2} x,$$

$$a_y = \ddot{y} = -\frac{c_h^2}{r} \cos \frac{c_h}{r} t = -\frac{c_h^2}{r^2} y$$

$$a_z = \ddot{z} = 0.$$

Ukupna akceleracija mjeri:

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = \frac{c_h^2}{r} = a_h. \quad (*)$$

Akceleracija vijčanice jednaka je dakle akceleraciji kružnaka je naravno ništici, $a_t = \dot{c} = 0$, dok je komponenta akceleracije, horizontalne projekcije vijčanice.

Komponenta akceleracije u smjeru tangente vijčanice je akceleracije u smjeru normalne vijčanice jednaka akceleraciji centripetalne sile:

$$a_n = \frac{v^2}{\varrho} = \frac{c_h^2}{\varrho \cos^2 \alpha}$$

Dakle je ukupna akceleracija $a = \sqrt{a_t^2 + a_n^2}$ jednaka također akceleraciji centripetalne sile a_n . Isporedi li se ova vrijednost za ukupnu akceleraciju sa prijašnjom (*), izlazi veza, koja postoji između polumjera krivosti vijčanice ϱ i polumjera kružnice r , njezine horizontalne projekcije:

$$\varrho = \frac{r}{\cos^2 \alpha} \dots 1)$$

Komponente X, Y i Z pokretne sile N , koja će gibati ne-teško tijelo u obliku cilindrične vijčanice, konstantnog nagiba α , treba da zadovoljavaju jednadžbe:

$$X = ma_x = -m \frac{c_h^2}{r^2} x, \quad Y = ma_y = -m \frac{c_h^2}{r^2} y \quad \text{i} \quad Z = ma_z = 0,$$

iz kojih slijedi isti rezultat kao i prije:

$$N = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} = \sqrt{X^2 + Y^2} = N_h = \frac{mc^2 \cos^2 \alpha}{r}$$

U vezi sa ovim razlaganjem mogu se upoznati još i neka geometrijska svojstva vijčanie. Tangenta leži u vertikalnoj ravni, a priklonjena je prema horizontalnoj ravni pod kutem nagiba α u svakoj tački vijčanice. Prvo zato, jer ona tangira i cilindar vijčanice, a drugo zato, jer je nagib tangente prema horizontalnoj ravni jednak nagibu vektora brzine v prema istoj ravni:

$$\frac{v_z}{v_h} = \frac{c_h \operatorname{tg} \alpha}{c_h} = \operatorname{tg} \alpha.$$

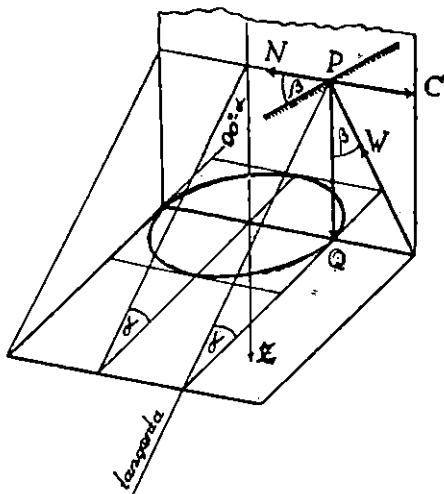
Smjer centripetalne sile je horizontalan i uperen prema vertikalnoj osovini Z cilindra, a pokriva se sa smjerom normale u svakoj tački vijčanice. Ravnina krivosti vijčanice zatvara

ISPRAVCI

- Str. 166. odozgo: 4. redak dolazi iza 6. reka.
 " " 7. " „normale“ mjesto „normalne“.
 " 170. " 5. " desno: „+ zcos α cos β “ mjesto „+ cos α cos β “.
 " 188. " 16. " „a za minimalnu“ mjesto „a minimalnu“.
 " 189. " 7. " „0,80“ mjesto „0,60“.
 " 197. — u formuli 64.) drugi član u zagradi treba da glasi: $\frac{r\lambda}{\lambda}$.
 " 201. " 11. redak „diferencijalne“ mjesto „definicijalne“.
 " 202. odozdo 2. " „tg $\alpha > \mu$ “ mjesto „tg $\alpha < \mu$ “.
 " 203. odozgo 7. " „77e)“ mjesto „77c.)“.
 " 206. " 13. " „tg $\alpha < \mu$ “ mjesto „tg $\alpha < \mu$ “.
 " 219 skrižaljka 3, stupac c, 4. redak. „38,7“ mjesto „28,7“.
 " 221. odozdo 7. redak treba da glasi: $\kappa = \frac{22,7}{24,3} = 0,934$.
 " 224. " 14. " " " " „(0,96 < κ < 0,99)“.
 " 231. Posljednja dva reka treba izmijeniti.
 " 232. odozgo 13. redak: „ $\frac{c^2}{k} = \dots$ “ mjesto „ $\frac{c}{k} = \dots$ “
 " 236. odozdo 5. " $\frac{1}{\cos\varphi_a}$ mjesto $\frac{1}{\cos\varphi}$.
 " 236. " 1. " $\frac{1}{\cos\varphi}$ mjesto $\frac{1}{\cos\varphi_a}$.
 " 242. " 1. " $v_x = \dot{x} = \dots$ i $v_y = \dot{y} = \dots$ mjesto
 $\dot{v}_y = \dot{x} = \dots$ i $v_y = y = \dots$.
 " 254. odozgo 12. " cos φ_a mjesto cos φ .
 " 256. " 10. " 194.) " 163.).
 " 262. Skrižaljka 11, u glavi pretposljednog stupca: „v $_c$ “ mjesto „v $_a$ “, a u glavi posljednjeg stupca v $_b$ m/sec mjesto v $_b$ m/m.
 " 271. IV. Tablica, stupac 14, redak 29: „264“ mjesto „214“.
 " 274. odozgo 26. i 31. redak „Gl. 17.)“ mjesto „Gl. 13.)“
 " 276. " 14. redak: „0,80 m“ mjesto „0,60 m“.

dakle isti stalni kut α -sa horizontalnom ravninom, jer nju određuje smjer tangente i okomica spuštена na nju: normala. Polumjer krivosti leži u normali (Slika 2.).

2. Klizanje teškog tijela na podlozi bez trenja, izvedenoj u luku kružnice stalnog nagiba. Aktivne sile, koje djeluju na tijelo u ovom su slučaju teža $Q = mg$ sa komponentama $Q_x = 0$, $Q_y = 0$ i $Q_z = Q$ i otpor podloge, na kojoj tijelo klizi, W sa komponentama: W_x , W_y i W_z . Pokretna sila nije nego rezultanta svih aktivnih sila, koje djeluju na tijelo. Ude li dakle tijelo u takovu klizinu sa početnom brzinom $v_n = c$, a želimo, da se giba na njoj, t. j. da opisuje cilindričnu vijčanicu stalnog



Slika 2.

nagiba α prema horizontali, komponente pokretne sile:

$$X = W_x, Y = W_y \text{ i } Z = Q + W_z$$

treba da zadovoljavaju jednadžbe, analogno kao u prvom slučaju:

$$W_x = -m \frac{c_h^2}{r^2} x = -N \frac{x}{r}, \quad W_y = -m \frac{c_h^2}{r^2} y = -N \frac{y}{r}$$

i $Q + W_z = 0$, iz kojih slijedi:

$$W_h = \sqrt{W_x^2 + W_y^2} = N = \frac{m v^2 \cos^2 \alpha}{r}; \quad W_z = -Q$$

$$i \quad W = \sqrt{W_h^2 + W_z^2} = \sqrt{N^2 + Q^2}.$$

Horizontalna komponenta otpora jednaka je centripetalnoj sili, a vertikalna komponenta jednaka je težini tijela, te se razlikuje od posljednje samo po predznaku. Otpor W djeluje

dakle u vertikalnoj ravnini cilindra, koju određuje vektor Q i centralna osovina vijčanice, pod kutem nagiba prema vertikali:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{W_h}{W_z} = \frac{N}{Q} = \frac{v_a^2 \cos^2 \alpha}{r g} \dots 2.)$$

Otpor imade uvijek smjer okomice na podlogu. Mora dakle ta okomica zatvarati kut β sa centralnom osovinom cilindra vijčanice ili drugm rječma: Podloga klizine mora biti nagnuta prema centralnoj osovini vijčanice pod istim kutem β na svakom mjestu (Sl. 2.).

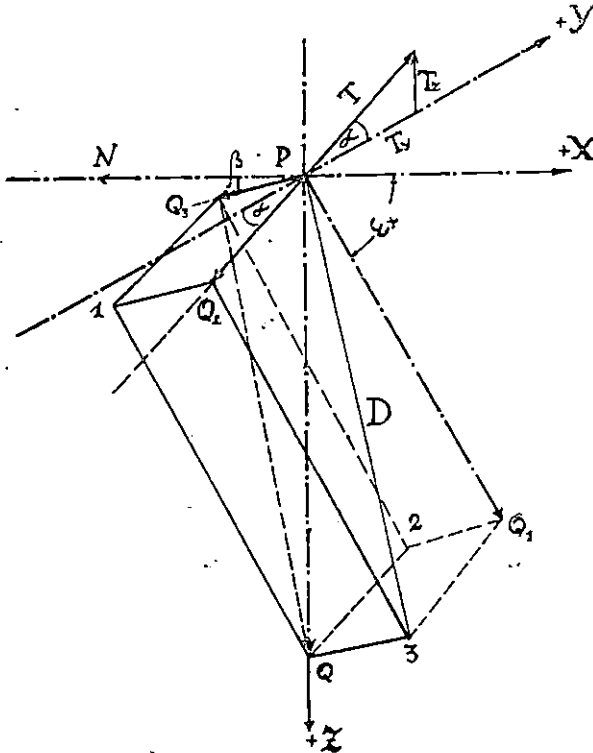
Želi li se dakle, da teško tijelo klizi u obliku cilindrične vijčanice stalnog uzdužnog nagiba, a može li se zanemariti trenje, tijelo treba da ima određenu početnu brzinu v_a u smjeru nagiba α , a podloga treba da ima osim stalnog uzdužnog nagiba α još i u radijalnom smjeru stalan poprečan nagib β , koji zavisi o početnoj brzini v_a , nagiba α , akceleraciji teže g i polumjeru kružnice r , horizontalne projekcije vijčanice. U specijalnom slučaju $\alpha = 0$, vijčanica splasne u horizontalnu kružnicu, a poprečan nagib podloge mjeri:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_a^2}{r g} \dots 3.)$$

3. Klizanje teškog tijela na podlozi sa trenjem izvedenoj u luku kružnice, stalnog nagiba. U prijašnjoj tački bilo je razloženo, da je potrebno izvesti podlogu u takovom slučaju sa poprečnim nagibom β prema horizontali. Djelovanje teže Q očituje se onda zapravo u tri smjera (slika 3). Komponenta Q_3 nastoji gibati tijelo u smjeru poprečnog nagiba β , komponenta Q_2 u smjeru uzdužnog nagiba α , dok treća komponenta Q_1 , koja djeluje u okomici na oba prva smjera, nema kinetičkog nastojanja, nego pritiskuje tijelo na podlogu. U svrhu određenja veličine ovih komponenata, uzima se koordinatni sistem XYZ sa ishodištem u povoljnoj tački P vijčanice, uzdužne osovine podloge. Vertikalna ravnina XZ ujedno je i radijalna ravnina cilindra vijčanice. Ona prolazi smjerom vektora Q i smjerom centralne osovine. Ravnina YZ je tangencijalna ravnina vijčanice. Nju određuje T tangenta vijčanice i apsolutna vertikalna u tački P . Ravnina XY je horizontalna. Ove tri ravnine stoje prema tome okomito jedna na drugoj. Odabrani koordinatni sistem je dakle pravokutan. Komponenta Q_3 , nagiba β prema horizontali, leži u ravnini XZ . Komponenta Q_2 , nagiba α prema horizontali, leži u ravnini YZ . Komponenta Q_1 djeluje u prvom oktantu, a sila Q u osovini Z . Paralelepiped, složen od tih komponenata, nije pravokutan, jer komponente Q_2 i Q_3 zatvaraju manji kut od pravoga. Stranica paralelepi-

peda Q_1 stoji ali okomito na bazama paralelepipeda, kako je bilo spomenuto već i prije. Za daljnji račun potrebno je poznavati veličine tih komponenata ili što je isto rastaviti zadanu silu Q u tri zadana smjera.

Indeksi x , y i z neka označuju projekcije na istoimenim osovima, a ε_x , ε_y i ε_z kuteve priklona komponente Q_1 prema osovima X , Y i Z . Onda je:



Slika 3.

$$\begin{aligned} Q_{1x} &= Q_1 \cdot \cos \varepsilon_x & , & & Q_{1y} &= Q_1 \cdot \cos \varepsilon_y & , & & Q_{1z} &= Q_1 \cdot \cos \varepsilon_z ; \\ Q_{2x} &= 0 & , & & Q_{2y} &= Q_2 \cdot \cos \alpha & , & & Q_{2z} &= Q_2 \cdot \sin \alpha ; \\ Q_{3x} &= Q_3 \cdot \cos \beta & , & & Q_{3y} &= 0 & , & & Q_{3z} &= Q_3 \cdot \sin \beta ; \end{aligned}$$

pak mora biti:

$$\begin{aligned} Q_x &= Q_{1x} - Q_{3x} = Q_1 \cos \varepsilon_x - Q_3 \cos \beta = 0, \\ Q_y &= Q_{1y} - Q_{2y} = Q_1 \cos \varepsilon_y - Q_2 \cos \alpha = 0, \\ Q_z &= Q_{1z} + Q_{2z} + Q_{3z} = Q_1 \cos \varepsilon_z + Q_2 \sin \alpha + Q_3 \sin \beta = Q. \end{aligned}$$

Kutevi ε_x , ε_y i ε_z nijesu nego kutevi priklona ravnine PQ_2Q_3 prema osovima XYZ . Jednadžba ravnine, koja prolazi tačkama:

$P (x_1 = 0, y_1 = 0, z_1 = 0),$

$Q_2 (x_2 = 0, y_2 = -Q_2 \cos \alpha, z_2 = Q_2 \sin \alpha)$ i

$Q_3 (x_3 = -Q_3 \cos \beta, y_3 = 0, z_3 = Q_3 \sin \beta)$ glasi:

$$\begin{vmatrix} x & y & z & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -Q_2 \cos \alpha & Q_2 \sin \alpha & 1 \\ -Q_3 \cos \beta & 0 & Q_3 \sin \beta & 1 \end{vmatrix} = x \cos \alpha \sin \beta + y \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \cos \beta = 0.$$

Uz daljnje oznake: $A = \cos \alpha \sin \beta$, $B = \sin \alpha \cos \beta$, $C = \cos \alpha \cos \beta$ i $A^2 + B^2 + C^2 = 1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta$, kutevi priklona mjere:

$$\left. \begin{aligned} \cos \varepsilon_x &= \frac{A}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{\cos \alpha \sin \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ \cos \varepsilon_y &= \frac{B}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{\sin \alpha \cos \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ \cos \varepsilon_z &= \frac{C}{\sqrt{A^2 + B^2 + C^2}} = \frac{\cos \alpha \cos \beta}{\sqrt{1 - \sin^2 \alpha \sin^2 \beta}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \end{aligned} \right\} 4)$$

Uvrste li se ove vrijednosti u prijašnje jednadžbe za Q_x , Q_y i Q_z , mogu se izračunati tri nepoznanice iz njih, tražene komponente sile Q sa rezultatom:

$$Q_1 = \frac{Q}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}, \quad Q_2 = \frac{Q \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} \quad i \quad \dots 5)$$

$$Q_3 = \frac{Q \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta} \cdot \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}.$$

Na tačku P djeluje osim teže Q još i horizontalna centripetalna lila N . I tu silu rastavljamo u tri komponente: N_3 , u smjeru poprečnog nagiba β ; N_2 , u smjeru uzdužnog nagiba α i N_1 , u smjeru okomice na prva oba smjera analogno, kao što smo rastavili silu Q (Slika 3). Sila N djeluje u ravnini XZ , a u toj ravnini leži i osovina O_3 . Može se dakle rastaviti najprije u komponente (Slika 4):

$$N_z = N \cdot \operatorname{tg} \beta \quad i \quad N'_z = \frac{N}{\cos \beta} = N \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}.$$

Prva komponenta djeluje u osovini Z kao i teža Q . Može se rastaviti dakle opet u tri komponente, analogno kao i Q (isporedi jednadžbe 5):

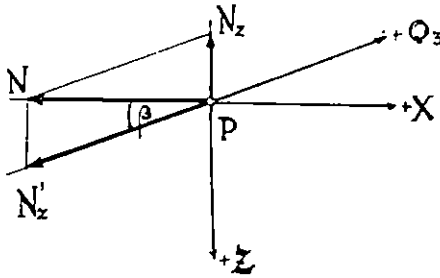
$$N_{z1} = \frac{N \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}, \quad N_{z2} = \frac{N \operatorname{tg} \beta \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} \quad i$$

$$N_{z3} = \frac{N \operatorname{tg}^2 \beta \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}$$

Tražene su onda komponente:

$$\left. \begin{aligned} N_1 = N_{z1} &= \frac{N \cdot \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ N_2 = N_{z2} &= \frac{N \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} \\ N_3 = N'_z - N_{z3} &= \frac{N \cdot \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \beta} \cdot (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha)}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta} \end{aligned} \right\} 6.)$$

U ovom slučaju prijeći klizanju još i trenje. Ono je linearno proporcijonalno sa silom, koja pritiskuje tijelo na pod-



Slika 4.

logu ili, što je isto, sa otporom podloge W . Označi li se koeficijent trenja sa μ , trenje iznosi μW , a djeluje u suprotnom smjeru osovine $+Q_2$ (tangente vijčanice). Otpor W djeluje pak okomito na podlogu $Q_2 Q_3$, dakle u smjeru osovine $-Q_1$. —

Na ovaj način određene su sve aktivne sile koje djeluju na tijelo u tački P i to u koordinatnom sistemu $Q_1 Q_2 Q_3$ (slika 3). Želi li se pak, da se tijelo giba u luku kružnice stalnog uzdužnog nagiba α (u luku cilindrične vijčanice), sve te sile mogu rezultirati samo horizontalnu centripetalnu silu N . U spomenutom koordinatnom sistemu moraju dakle postojati ove jednadžbe:

$$Q_1 - W + N_1 = 0; \quad -Q_2 + \mu W - N_2 = 0; \quad -Q_3 + N_3 = 0.$$

Obzirom na jednadžbu 5) i 6) izlazi iz treće jednadžbe:

$$N = \frac{Q \operatorname{tg} \beta}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = Q \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta, \dots \text{ ž.)}$$

iz prve jednadžbe:

$$W = \frac{Q + N \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} = \frac{Q \cdot \sin \alpha}{v} \dots 8.]$$

ako je:

$$v = \frac{Q_2}{Q_1} = \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} = \frac{\operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta}} \dots 9.]$$

i konačno iz druge jednadžbe: $v = \mu \dots 10.)$.

Jednadžba 8.) poprima onda oblik:

$$W = Q \cdot \frac{\sin \alpha}{\mu} \dots 8a.)$$

Do istog se rezultata dolazi, ako se promatraju sile, koje djeluju na tijelo u tački P (težište tijela), u koordinatnom sistemu XYZ . U tom sistemu daju spomenute sile ove tri jednadžbe ravnoteže:

$$\begin{aligned} -W_x + N &= 0, & -W_y + \mu W \cos \alpha &= 0 & i \\ -W_z + Q - \mu W \sin \alpha &= 0. \end{aligned}$$

Otpor W djeluje okomito na podlogu, dakle u pravcu Q_1 . Kutovi priklona tog pravca prema osovinama XYZ određeni su već jednadžbom 4.). Dakle je:

$$\left. \begin{aligned} W_x &= W \cos \varepsilon_x = \frac{W \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ W_y &= W \cos \varepsilon_y = \frac{W \cdot \operatorname{tg} \alpha}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \\ W_z &= W \cos \varepsilon_z = \frac{W}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} \end{aligned} \right\} \dots 11.]$$

Iz druge jednadžbe ravnoteže slijedi onda jednadžba 10.), iz treće jednadžbe ravnoteže jednadžba 8.), a iz prve jednadžba 7.). U ovoj raspravi upotrijebit će se kod promatranja sličnog klizanja tijela, uz druga ograničenja, jedan ($Q_1 Q_2 Q_3$) ili drugi (XYZ) koordinatni sistem, već prema tome, kako koji brže vodi k cilju. Zbog toga su upotrijebljena oba sistema već u ovom slučaju i određene komponente sila, koje ulaze opetovano u račun, u jednom i u drugom koordinatnom sistemu.

Iz jednadžbi 7.), 8.), 8a.) i 9.) slijede važni podaci za dimenzioniranje putoklizine u krivulji:

I u ovom slučaju vrijedi jednadžba:

$$N = \frac{mv^2}{e} = \frac{m v_a^2 \cos^2 \alpha}{r} \dots 12.]$$

jer nema inače gibanja u obliku cilindrične vijčanice, uz postavljena ograničenja, kako je bilo dokazano već u prijašnjim tačkama.

Iz jednadžbe 7.) i 12.) slijedi onda, uzme li se u obzir, da je $Q = mg$, ako m znači masu tijela, a g akceleraciju teže:

$$tg \beta = \frac{v_a^2}{rg} \dots 13.]$$

Ova jednadžba određuje poprečan nagib u radijalnom smjeru putoklizine, a često je potrebna kod praktične primjene. U tu svrhu sastavljena je i priložena na kraju tablica I., u kojoj su iskazani iznosi $\frac{v^2}{g}$ za razne vrijednosti v i za vrijednost $g = 9.81$ m/sec, koja se obično uzima u računu u našim krajevima.

Isporedi li se formula 13.) i formula 3.) u prijašnjoj tački, vidi se, da su obje formule posve jednake. Teško tijelo ponaša se dakle, klizeći na vijčanici sa trenjem, kao isto takovo tijelo klizeći na horizontalnoj kružnici bez trenja. Horizontalnu kružnicu opisuje tijelo zbog početne brzine i poprečnog nagiba, bez trenja. Pojavili se trenje, od kružnice treba da nastane vijčanica, uzdužnog nagiba, velikog upravo toliko, koliko je potrebno, da se svlada trenje. Uz konstantan koeficijent trenja opisuje pak tijelo cilindričnu vijčanicu stalnog nagiba samo zbog početne brzine i zbog stalnog uzdužnog i poprečnog nagiba podloge.

Pošto je određen poprečan nagib iz formule 13. može se prijeći na izračunavanje uzdužnog nagiba α . Iz jednadžbe 9.) i 10.) slijedi naime:

$$tg \alpha = \sqrt{(tg \beta)^2 + \left(\frac{1 + \mu^2}{2}\right)^2} - \frac{1 - \mu^2}{2} \dots 14.]$$

Tačna ova formula može se pojednostavniti za praktičnu porabu ponovnom upotrebom prvih dvaju članova binomskog stavka i svesti na oblik, izostavivši ostale članove, ako je $tg^2 \beta$ razmjerno maleno prema jedinici:

$$tg \alpha = \mu \left[1 + \frac{tg^2 \beta}{2(1 + \mu^2)} \right], \quad 14a.]$$

Faktor u zagradi uvijek je veći od jedinice. Uzdužni nagib α putoklizine, izvedene u luku kružnice, treba dakle da je

uvijek veći od koeficijenta trenja μ koji vlada između tijela i podloge. Zbog toga treba udesiti uzdužni nagib prema najvećoj vrijednosti koeficijenta trenja, uz koju se još želi, da funkcioniра putoklizina. Vrijednost koeficijenta trenja zavisi o godišnjoj dobi, atmosferskim prilikama, obliku tijela, koje klizi itd. Sve se te prilike mijenjaju redovno duž cijele putoklizine istodobno. Kada je koeficijent trenja velik u krivulji, velik je i u dijelu putoklizine pred krivuljom. Čim je pak koeficijent trenja veći, s tim manja je brzina tijela, koje klizi. Zbog toga treba odrediti uzdužni nagib α putoklizine u krivulji po formuli 14.) ili 14a.), za najmanju vrijednost početne brzine v_a , uz koju se još želi da putoklizina radi.

Teoretski može biti poprečan nagib β jednak ničiti samo u pravcu, ako je početna brzina $v_a > 0$ (slijedi iz jednadžbe 13 za $r = \infty$). Onda je $\operatorname{tg} \alpha = \mu$. Praktički može nastupiti takav slučaj i u krivulji, ako je polumjer krivosti razmjerno velik prema brzini s-kojom tijelo klizi. U takovom slučaju računska vrijednost kuta β -te tako je malena, da se jedva može iskolčiti u nravi. Kriterij, za taj slučaj, izvodi se iz formula 9.) i 10.), koje su svedene u tu svrhu na oblik, s upotrebom jednadžbe 13.) i 1.):

$$\operatorname{tg} \alpha = \mu \cdot \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{v^2}{g\rho}\right)^2}{1 - \left(\mu \frac{v^2}{g\rho}\right)^2}} \quad 16.)$$

Dok je faktor sa korijenom ≥ 1 , a $\leq 1,001$ t. j. dok je $\rho \geq \frac{v^2}{\xi}$, može se staviti praktički jednak jedinici, dakle izjednačiti $\operatorname{tg} \alpha$ sa μ . Vrijednosti faktora:

$$\xi = g \sqrt{\frac{0,002}{1 + 1,002 \mu^2}} \quad 16.)$$

za $g = 9,81$ m/sec. i za obične vrijednosti koeficijenta trenja μ su ove:

μ	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24	0,26	0,28	0,30
ξ	0,437	0,436	0,434	0,433	0,432	0,430	0,428	0,427	0,425	0,423	0,420
μ	0,32	0,34	0,36	0,38	0,40	0,42	0,44	0,46	0,48	0,50	
ξ	0,418	0,415	0,413	0,410	0,407	0,404	0,401	0,399	0,396	0,392	

za vrijednosti polumjera krivosti ρ , uz koje se može već staviti $\operatorname{tg} \alpha = \mu$, sakupljene su u skrižaljci 1., za praktične vrijednosti v i μ , iskazane u istoj skrižaljci.

Skrizaljka 1.

v m/sec	μ					v m/sec	μ				
	0-10	0-20	0-30	0-40	0-50		0-10	0-20	0-30	0-40	0-50
	q^m						q^m				
2	9	9	10	10	10	22	1109	1125	1152	1188	1233
3	21	21	21	22	23	23	1212	1230	1259	1299	1348
4	37	37	38	39	41	24	1320	1339	1371	1414	1468
5	58	58	59	61	64	25	1432	1453	1487	1534	1593
6	82	84	86	88	92	26	1549	1572	1609	1660	1723
7	112	114	117	120	125	27	1670	1695	1735	1790	1858
8	147	149	152	157	163	28	1796	1823	1866	1925	1998
9	186	188	193	199	206	29	1927	1955	2001	2065	2143
10	229	232	238	245	255	30	2062	2092	2142	2209	2294
11	277	281	288	297	308	31	2202	2234	2287	2359	2449
12	330	335	343	354	367	32	2346	2381	2437	2514	2610
13	387	393	402	415	431	33	2495	2532	2592	2674	2775
14	449	456	466	481	499	34	2648	2688	2751	2838	2946
15	515	523	535	552	573	35	2806	2848	2915	3008	3122
16	586	595	609	629	652	36	2969	3013	3084	3182	3303
17	662	672	688	710	736	37	3136	3183	3258	3361	3489
18	742	753	771	795	826	38	3308	3357	3436	3545	3680
19	827	839	859	886	920	39	3485	3536	3620	3734	3876
20	916	930	952	982	1019	40	3666	3720	3786	3928	4077
21	1010	1025	1049	1083	1124						

Kod upotrebe skrizaljke 1. treba imati na umu, da između polumjera krivosti vijčanice e i polumjera trasiranja r (polumjera kružnice, horizontalne projekcije vijčanice) postoji veza označena jednadžbom 1. —

Svede li se jednadžba 9.) i 10.) na oblik:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha - \mu^2}}{\mu \cos \alpha} \quad \dots 17.]$$

izlazi interesantna veza između poprečnog nagiba β i koeficijenta trenja μ . Uzdužni nagib α određen je minimalnom početnom brzinom $v_{\min.}$, uz koju se želi, da radi još putoklizina. Taj je nagib u konkretnom slučaju zadan, konstantan, kao i odgovarajući najveći koeficijent trenja $\mu_{\max.}$. Biva li koeficijent trenja sve manji, s tokom vremena bilo s kojeg raz-

loga, mijenja se i nagib β . Želi li se dakle, da putoklizina fuunkcionira u obliku luka kružnice, konstantnog nagiba α , i za manje vrijednosti koeficijenta trenja od vrijednosti μ_{\max} . — veća vrijednost je isključena, jer ne odgovara više uzdužni nagib α — putoklizina treba da imade u poprečnom (radijalnom) smjeru promjenljiv nagib.

Iz jednači li se još dalje jednadžba 13.) i 17.) izlazi:

$$v_a^2 = rg \operatorname{tg} \beta = k \cdot \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1}, \quad \dots 18.)$$

gdje je
$$k = \frac{rg}{\cos \alpha} \quad 19.)$$

kod jedne te iste putoklazine konstanta. Zbog toga se i pridaje faktoru k naziv: konstanta putoklazine. Iz jednadžbe 18.) izlazi daljnje interesantno pravilo: Mijenja li se koeficijent trenja na gotovoj putoklizinu, izvedenoj u luku kružnice stalnog uzdužnog nagiba α , a promjenljivog poprečnog nagiba β , svakoj promjeni vrijednosti koeficijenta trenja μ odgovara samo jedna, posve određena vrijednost početne brzine v_a . — Ako je

$$k = \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1} \text{ t. j., ako je } \mu_k = \frac{\sin \alpha}{\sqrt{r^2 g^2 + \cos^2 \alpha}} \quad 20.)$$

ili, jer se može zanemariti drugi član prema prvome u nazivniku, ako je dakle: $\mu_k = \frac{\sin \alpha}{rg}$, .. 21.) onda je konstanta putoklazine k jednaka početnoj brzini v_{ah} . Ta konstanta označuje dakle početnu brzinu tijela, koje klizi uz vrijednost koeficijenta trenja μ_k prema gornjoj jednadžbi. Poprečan nagib mjeri u tom slučaju:

$$\operatorname{tg} \beta_k = \frac{k}{\cos \alpha} = \frac{rg}{\cos^2 \alpha} \quad 22.)$$

Prvom uvjetu: putoklizina treba da ima promjenljiv nagib u poprečnom smjeru, može se udovoljiti na taj način, da se profil podloge zaobli poput užljebine. Drugom uvjetu: da početna brzina v_a zadovoljuje jednadžbu 18.) za svaku vrijednost koeficijenta trenja μ u određenom intervalu, praktički nemože se udovoljiti. Brzina v_a na početku krivulje ujedno je i brzina tijela na kraju pravca pred krivuljom. Koeficijent trenja μ mijenja se u pravcu i u krivulji, redovno zbog istih utjecaja istodobno. Udesi li se pravac i krivulja tako, da brzina v_a zadovoljava jednadžbu 18.) na početku krivulje i jednadžbu brzine na kraju pravca za određenu vrijednost koefi-

cijenta trenja $\mu = \mu'$, neće zadovoljavati ta brzina iste te jednadžbe za svaku drugu vrijednost $\mu \leq \mu'$, jer tijelo klizi u pravcu po jednom zakonu, a u krivulji po drugom zakonu. Zadovoljava li početna brzina jednadžbu 18.) tijelo opisuje luk kružnice stalnog uzdužnog nagiba i giba se jednolično zbog poprečnog nagiba podloge i te početne brzine. Ne zadovoljava li početna brzina tu jednadžbu, tijelo će opisat luk kružnice stalnog nagiba samo u slučaju, ako bude prisiljeno na to. Kako se to postizava, a kako se mijenja brzina tijela pri tom, o tome se raspravlja u tački 8. —

4. Poprečan profil putoklizine u krivulji izveden u obliku užljebine. U prijašnjoj tački bilo je obrazloženo, putoklizina stalnog uzdužnog nagiba, savita u luk kružnice, treba da ima promjenljiv poprečan nagib t. j. podlogu zaobljenog profila, ako se želi da funkcionira za razne vrijednosti koeficijenta trenja u određenom intervalu. Zbog toga izvodi se putoklizina i u obliku užljebine u krivulji uopće, napose pak u slučaju, ako je horizontalna projekcija te krivulje kružnica, kako se pretpostavlja u ovoj tački. Uz takav profil opisuje tijelo kružnicu u horizontalnoj projekciji, već prema vrijednosti koeficijenta trenja, različitog polumjera u razno doba. Širina užljebine malena je redovno prema polumjeru krivosti. Zbog toga može se uzeti, da su polumjeri svih kružnica jednako veliki unutar užljebine. Može se dakle izjednačiti njihova veličina sa veličinom polumjera krivosti osovine putoklizine, bez uštrba na tačnost računa. Smatra li se nadalje μ kao neovisna promjenljivica, preostaje za određivanje oblika poprečnog profila putoklizine samo jednadžba 17.). Ova pak potsjeća na jednadžbu trigonometrijske tangente geometrijske tangente evolute elipse. Između elipse (evolvente):

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1 \dots 23.) \text{ i njezine evolute:}$$

$$\left(\frac{ax}{e^{\frac{\eta}{2}}}\right)^{2/3} + \left(\frac{by}{e^{\frac{\eta}{2}}}\right)^{2/3} = 1 \dots 24.)$$

postoji naime snošaj: $y' \cdot \eta' = -1$, t. j. normala evolvente ujedno je i tangenta evolute. Ako je dakle:

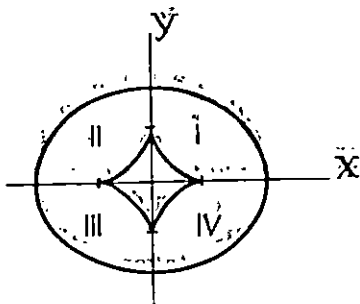
$$y' = -\frac{b}{a} \cdot \frac{x}{\sqrt{a^2 - x^2}}, \text{ onda je}$$

$$\eta' = -\frac{1}{y'} = \frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x^2}}{x},$$

a stavi li se u posljednjoj jednadžbi $a = tga$, $x = \mu \cdot \frac{a}{b} = \frac{f}{\cos \alpha}$,
 $b = a \cdot \cos \alpha = \sin \alpha$ i $e^2 = a^2 - b^2 = tg^2 \alpha \cdot \sin^2 \alpha$, izlazi:

$$\eta' = \frac{\sqrt{tg^2 \alpha - \mu^2}}{\mu \cos \alpha} = tg \beta. \quad 25.]$$

T. j. poprečan profil putoklazine stalnog uzdužnog nagiba, savite u luk kružnice, a promjenljivog poprečnog nagiba, imade doista oblik evolute elipse (slika 5).



Slika 5.

Derivirajući jednadžba 24.) daje jednadžbu:

$$\eta' = - \left(\frac{a}{b} \right)^{2/3} \left(\frac{\eta}{\xi} \right)^{1/3} \quad 26.]$$

Evoluta elipse imade četiri grane. U ovom slučaju dolazi u obzir samo grana evolute u drugom kvadrantu, jer je kod putoklazine $\eta' = tg \beta$ uvijek pozitivno. Odustane li se dakle od negativnog predznaka, posljednja i jednadžba 25.) daju jednadžbu:

$$\eta = \frac{\xi}{\cos \alpha} \left[\left(\frac{tg \alpha}{\mu} \right)^2 - 1 \right]^{3/2} \quad 27.]$$

Uvrsti li se ova u jednadžbu 24.) izlazi nakon sredenja:

$$\xi = \mu^3 \cos^2 \alpha \dots 28.) \text{ i konačno iz jednadžbe 27.)}$$

$$\eta = (tg^2 \alpha - \mu^2)^{3/2} \cos \alpha \dots 29.)$$

Posljednje dvije jednadžbe, utvrđuju samo oblik poprečnog profila. Mjerilo, u kojem treba izvesti taj profil, određuje horizontalna projekcija širine puta d , zatim granične vrijednosti puta β -te, ili, što je isto, granične vrijednosti koeficijenta trenja μ određenog intervala (slika 6).

Ako je:

μ_1 koeficijent trenja, koji vlada u vrijeme, kada tijelo klizi uz gornji žljeb užljebine, a

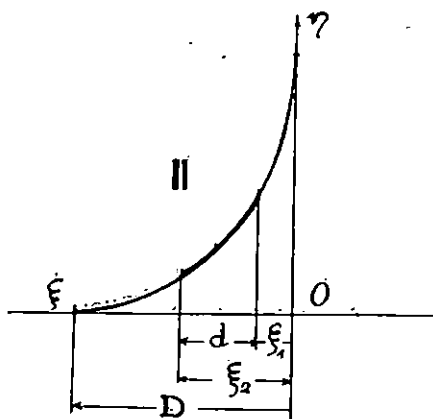
μ_2 koeficijent trenja u vrijeme, kada tijelo opisuje put uz donji rub užljebine, onda treba da je diferencija:

$$\xi_2 - \xi_1 = (\mu_2^3 - \mu_1^3) \cos^2 \alpha$$

jednaka horizontalnoj projekciji stvarne širine puta d . Slo-mak:

$$\frac{d}{(\mu_2^3 - \mu_1^3) \cos^2 \alpha}$$

je pak broj, kojim valja umožiti apscise i ordinate evolute predočene jednadžbama 28.) i 29.), da se pronađu opscise i ordi-



Slika 6.

nate stvarnog poprečnog profila putoklizine. Putu najveće brzine, na gornjem rubu užljebine, pripada najmanja vrijednost koeficijenta trenja u određenom intervalu. Dakle je $\mu_1 = \mu_{\min}$. Putu najmanje brzine, na donjem rubu užljebine, pripada najveća takova vrijednost. Dakle je $\mu_2 = \mu_{\max}$.

Uistinu mjere koordinate poprečnog profila:

$$\xi = \frac{\mu^3}{\mu_{\max}^3 - \mu_{\min}^3} \cdot d ; \eta = \frac{(\bar{g}^2 \alpha - \mu^2)^{3/2}}{(\mu_{\max}^3 - \mu_{\min}^3)} \cdot \frac{d}{\cos \alpha} \quad 30.]$$

S pomoću ovih jednadžbi može se konstruirati poprečan profil sa povoljnom tačnošću, t. j. odrediti koordinate povoljnobrojnih tačaka profila. Praktički će dostajati odrediti tačke rubova i sredine profila i ucrtati krivulju poprečnog profila uz tangente u tim tačkama zgodnom šablonom.

S ovim razlaganjem ne misli se reći, da je evoluta elipse, izražena jednadžbama 28.) i 29.) jedini oblik užljebine, poprečnog profila putoklizine. Pretpostavilo se, da je μ ne-

ovisna promjenljiva. Napusti li se ova pretpostavka i učini μ ovisnim na pr. o položaju prema osovini putoklazine, t. j. odredi li se, da μ poprima određenu vrijednost u određenoj udaljenosti od te osovine, oblik poprečnog profila bit će neka deformirana evoluta; jer svaka i na taj način definirana vrijednost μ mora zadovoljiti jednadžbu 17.) Nagib tangente profila užljebine treba da poprima sve vrijednosti poprečnog nagiba β u određenom intervalu od $\mu_{\min.}$ do $\mu_{\max.}$ Vrijednost $tg\beta$ lako se odredi iz jednadžbe 17). No koordinate odgovarajuće tačke krivulje nijesu određene ni u čemu inače poblježe. Upravo ta neodređenost bila je povod, da se je pošlo najlagodnijim putem t. j. smatralo μ nezavisnom promjenljivicom i odredila krivulja oblika, koja zadovoljava jednadžbu 17) na najjednostavniji način.

U općenitom slučaju klizanja u užljebini, vidiet će se poslije, poprečan nagib $tg\beta$ ne zadovoljuje jednadžbu 17.) nego jednadžbu: $tg\beta = \frac{\sqrt{tg^2\alpha - v^2}}{v \cos\alpha}$ koja slijedi iz formule 9. Kod putoklazine stalnog uzdužnog nagiba, savite u luk kružnice, naročito ne onda, kada početna brzina ne zadovoljuje jednadžbu 18.). Nema nikakvog razloga, zbog kojeg se nebi izveo poprečan profil užljebine u obliku evolute elipse i u takovom slučaju. Naprotiv. Na taj način postići će se jednodličnost računa i oblika, a užljebina, konstruirana prema tome, valjat će i u slučaju, kada početna brzina zadovoljuje jednadžbu 18.). Općenito slijedi onda iz jednadžbe 25.) i 26.)

$$tg\beta = \left(\frac{a}{b}\right)^{2/3} \cdot \left(\frac{\eta}{\xi}\right)^{1/3} \quad 31.$$

ili nakon supstitucije vrijednosti za a i b :

$$\eta = \xi \cdot \cos^2\alpha \cdot tg^3\beta \quad 32.)$$

Uvrste li se u jednadžbu 24.) vrijednosti za a , b e isto tako, ona poprima oblik:

$$\left[\frac{\xi}{tg\alpha \cdot \sin^2\alpha}\right]^{2/3} + \left[\frac{\eta}{tg^2\alpha \cdot \sin\alpha}\right]^{2/3} = 1 \quad 33.$$

a predočuje evolutu elipse. Nadalje slijedi iz jednadžbi 9.), 32.) i 33.):

$$\xi = v^3 \cos^2\alpha \quad 34.)$$

a ova vrijednost uvrštena u jednadžbu 32.), daje jednadžbu-

$$\eta = (tg^2\alpha - v^2)^{3/2} \cos\alpha \quad 35.)$$

U specijalnom slučaju $v = \mu$ posljednje su dvije jednadžbe identična sa jednažbama 28.) i 29.).

Označuje li d horizontalnu širinu puta kao i prije, v_{\min} putu najveće brzine odgovarajući najmanji koeficijent nagiba, a v_{\max} putu najmanje brzine odgovarajući najveći koeficijent nagiba, koordinate poprečnog profila analognog su kao i prije:

$$\eta = \frac{v^3}{v_{\max}^3 - v_{\min}^3} \cdot d ; \eta = \frac{(tg\alpha^2 - v^2)^{3/2}}{v_{\max}^3 - v_{\min}^3} \cdot \frac{d}{\cos\alpha} \dots \quad 36.]$$

5. Klizanje teškog tijela na podlozi uzdužnog nagiba α , poprečnog nagiba β , savitaj u luk povoljne prostorne krivulje uz djelovanje horizontalne centripetalne sile. Koeficijent nagiba. U prijašnjim tačkama bilo je raspravljeno klizanje teškog tijela na putu konstantnog uzdužnog nagiba α , koji pokazuje kružnicu u horizontalnoj projekciji. U ovoj tački ne čini se nikakovo ograničenje obzirom na oblik horizontalne projekcije puta, (a isto tako niti obzirom na zakon, po kojemu se ravna uzdužni nagib α . Oblik je dakle putanje tijela u prostoru povoljan). Ograničuje se samo smjer centripetalne sile. Taj neka bude stalno horizontalan. Kod praktične provedbe iskolčuje se uvijek horizontalna projekcija osovine putoklizine. Ako je osovina na pr. cilindrična vijčanica, iskolčuje se kružnica, horizontalna njezina projekcija. I u ovoj se tački misli uvijek na oblik krivulje, koga poprma horizontalna projekcija osovine putoklizine ili putanje tijela. Kao što se izvodi vijčanica iz horizontalne projekcije kružnice, koja služi kao baza plaštu vertikalnog cilindra, na kojemu klizi teško tijelo pod određenim nagibom α , tako se i ovoj tački misli, govoreći o krivulji, na horizontalnu projekciju puta, koja služi kao baza vertikalnom plaštu, na kojemu klizi teško tijelo pod povoljnim nagibom α prema horizontali. Smjer centripetalne sile je onda horizontalan u drugom slučaju analognog kao i u prvom. Uz ovu pretpostavku djeluju na teško tijelo, u povoljnoj tački P putanje, aktivne sile: vlastita težina Q , otpor podloge W i trenje μW . K ovim stvarnim silama dodaju se još pomoćne sile tromosti, protivnog smjera: tangencijalna sila T i centrifugalna sila N po D'Alambertu tako, da tijelo bude uravnoteženo. Na taj način dobiju se tri jednadžbe u koordinatnom sistemu $Q_1 Q_2 Q_3$ (isporedi sliku 3):

$$\begin{aligned} Q_1 - W + N_1 &= 0, & -Q_2 + \mu W - N_2 + T &= 0 & i \\ & & -Q_3 + N_3 &= 0 \end{aligned}$$

iz kojih su pronađene tri nepoznanice: W , N i T s upotrebom jednadžbi 5.) i 6) na slijedeći način:

Iz treće jednadžbe:

$$N = \frac{Q \, tg \, \beta}{1 + tg^2 \alpha} = Q \cos^2 \alpha \, tg \, \beta . \quad 37.]$$

Iz prve jednadžbe:

$$W = \frac{Q + N \operatorname{tg} \beta}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}} = Q \frac{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha + \operatorname{tg}^2 \beta}}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha} = \frac{Q \sin \alpha}{v} \dots 38.]$$

Koeficijent nagiba ν određen je jednadžbom 9.)

Konačno iz druge jednadžbe:

$$T = Q \left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \sin \alpha \quad 39.]$$

U koordinatnom sistemu XYZ glase te jednadžbe ravnoteže:

$$\begin{aligned} -W_x + N &= 0, & -W_y + \mu W \cos \alpha + T \cos \alpha &= 0 \quad \text{i} \\ -W_z + Q - \mu W \sin \alpha - T \sin \alpha &= 0. \end{aligned}$$

S upotrebom jednadžbi 11.) dovode do istoga rješenja za N , W i T kao i one prve tri.

Iskorišćujući ove rezultate izlazi najprije iz jednadžbe 37.), ako se uzme u obzir, da je $N = \frac{mv^2}{r}$, potreban poprečan nagib klizine:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v^2}{g r \cos^2 \alpha} = \frac{v^2}{gr} \quad 40.]$$

gdje r označuje polumjer krivosti horizontalne projekcije putanje tijela (isporedi jednadžbe 1). Nadalje slijedi iz jednadžbe 39.), da je tangencijalna sila T jednaka ničtici u onoj tački krivulje u kojoj je $\nu = \mu$. Treba li dakle da imade krivulja konstantan uzdužan nagib α , može se odrediti, ako je poznata bar jedna tačka krivulje, u kojoj je tangencijalna sila jednaka ničtici iz jednadžbe $\nu = \mu$. Za tu tačku vrijede formule 14.) ili 14a.) izvedene u tački 3.).

Akceleracija u povoljnoj tački P putanje tijela najzgodnije se promatra u koordinatnom sistemu XYZ. Komponente centripetalne sile N u tom su koordinatnom sistemu:

$$N_x = N, \quad N_y = 0, \quad N_z = 0$$

a komponente akceleracije zbog te sile (iz jednadžbe 37):

$$a_{nx} = g \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad a_{ny} = 0 \quad \text{i} \quad a_{nz} = 0.$$

Komponente tangencijalne sile T su:

$$T_x = 0, \quad T_y = T \cdot \cos \alpha \quad \text{i} \quad T_z = T \cdot \sin \alpha$$

a pomponente akceleracije zbog te sile (iz jednadžbe 39.):

$$a_{tx} = 0, \quad a_{ty} = g \left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \sin \alpha \cdot \cos \alpha \quad \text{i} \quad a_{tz} = g \left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \sin^2 \alpha$$

Komponente ukupne akceleracije su dakle:

$$\left. \begin{aligned} a_x = a_{nx} &= g \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \\ a_y = a_{ty} &= g \left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \sin \alpha \cos \alpha \\ a_z = a_{tz} &= g \left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \sin^2 \alpha \end{aligned} \right\} 41.]$$

Akceleracija u smjeru centripetalne sile N mjeri:

$$a_n = \frac{v^2}{\rho} = g \cdot \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta, \quad 42.]$$

a u smjeru tangente T :

$$a_t = g \left(1 - \frac{\mu}{\nu}\right) \sin \alpha. \quad 43.]$$

Kod specijalne primjene ovih općenitih formula može se odabrati povoljna krivulja u prostoru kao putanja tijela. Ipak će se moći upotrebiti krivulje tek jednostavnijih oblika, koje ne zadaju poteškoća skopčanih sa iskolčenjem u naravi i sa građevno-konstruktivnim uređajem podloge, a pogoduju inače pravilnom klizanju tijela. Takove se krivulje čunjo-sječice u prvome redu. Glede uzdužnog nagiba α primjećuje se, da se uzima u račun uvijek kao konstanta u ovoj raspravi. Njegova promjenljivost komplicira račun bez koristi, koja bi se mogla izbiti i obzirom na lagodno klizanje tijela i obzirom na građevno-konstruktivni uređaj putoklazine. Putoklazina, sa promjenljivim uzdužnim nagibom nije se u ostalom nikada ni gradila u krivulji. U ovoj se tački promatraju samo dva već poznata specijalna slučaja putanje tijela, dok su ostali specijalni slučajevi obrađeni u drugom dijelu ove rasprave.

1. Neka je centripetalna sila jednaka ničtici. Onda je akceleracija te sile $a_n = 0$, a jer je $g \cos^2 \alpha \leq 0$, slijedi iz jednadžbe 42.) $\operatorname{tg} \beta = 0$, iz jednadžbe 9.) $\nu = \operatorname{tga}$, a iz jednadžbe 43.):

$$a_t = g (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \dots \quad 43a.]$$

Horizontalna projekcija puta je dakle $prava\ c$. Ako je naime još i uzdužni nagib α konstantan, gornja jednadžba predočuje poznatu jednadžbu akceleracije tijela na kosini, koja se upotrebljava i kod putoklazine, izvedene u pravce. Sađa se može još tačnije odrediti na koje se prostorne krivulje protežu formule izvedene u ovoj tački. Pretpostavka: smjer centripetalne sile neka je horizontalan ($N_x = N$, $N_y = 0$, $N_z = 0$; isporodi jednadžbe ravnoteže u koordinatnom sistemu XYZ) uključuje naime u sebi i pretpostavku, da je uzdužan nagib α konstantan. Kad bi bio promjenljiv, horizontalna projekcija

putanje tijela bila bi doduše pravac u ovom specijalnom slučaju, no ne bi bila pravac u vertikalnoj projekciji, nego krivulja oblika, zavisnog o promjenljivom nagibu α . U tom slučaju bila bi doduše komponenta centripetalne sile $N_x = 0$, no komponente N_y i N_z razlikovale bi se od ničtice, a to bi se protivilo pretpostavci. Nasuprot komponente N_y i N_z u svakom su slučaju jednake, ničtici, u skladu sa pretpostavkom, ako je uzdužni nagib α konstantan. U ovoj tački izvedene formule protežu se dakle na prostornu krivulju povoljnog oblika, ali konstantnog uzdužnog nagiba α .

Ovdje je zgodna da se povuče paralela između klizanja na putoklizini u pravcu i između klizanja na putoklizini u krivulji.

Pokazuje li putoklizina u horizontalnoj projekciji pravac, mjeri sila, koja pokreće tijelo:

$$T = Q \sin \alpha - \mu W, \quad 44.)$$

gdje $W = Q \cos \alpha$ znači otpor podloge. U krivulji formula tangencijalne sile, koja pokreće tijelo, imade isti oblik, razlikuje se samo po otporu podloge, koji mjeri u krivulji: $W = Q \frac{\sin \alpha}{v}$ (isporedi formulu 39.). Koeficijent trenja definiran je poznatom jednadžbom $\mu = \frac{0}{W}$; W označuje normalan pritisak tijela na podlogu, a 0 otpor trenja, silu, koja koči tijelo u klizanju. Taj isti koeficijent trenja može se definirati i sa nagibom kosine α_0 , uz koji klizi tijelo jednolično. U tom je slučaju akceleracija $a_t = 0$, a iz jednadžbe 43a.) slijedi onda poznata jednadžba $\mu = \operatorname{tg} \alpha_0$, koja određuje koeficijent trenja na kosini u pravcu.

Definira li se koeficijent trenja u krivulji na jednaki način izlazi iz jednadžbe 43.), za $a_t = 0$:

$$\mu = \nu_0 = \operatorname{tg} \alpha_1 \cdot \sqrt{\frac{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_1}{1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_1 + \operatorname{tg}^2 \beta_1}} \quad 45.) \quad [\text{usporedi formulu 9].}$$

jer tijelo se giba jednolično na putoklizini i u krivulji, ako je tangencijalna akceleracija jednaka ničtici. Taj pak slučaj nastupa u času, kada funkcija ν poprima vrijednost koeficijenta trenja μ . Koeficijent trenja može se dakle definirati jednako u krivulji kao i u pravcu kao funkcija nagiba podloge, uz koji klizi tijelo jednolično. Dok je trenje funkcija samo jednog nagiba α_0 na kosini u pravcu, na kosini u krivulji ono je funkcija dvaju nagiba: uzdužnog α_1 i poprečnog β_1 .

Jednadžba 9.) je dakle matematski oblik, kojim je izražen nagib kosine općenitije. Ona vrijedi jednako za putoklizinu izvedenu u obliku krivulje, kao i za putoklizinu u pravcu.

U pravcu je zbog pomanjkanja centripetalne sile $tg\beta = 0$. Uz ovu vrijednost izlazi iz jednadžbe 9.) $v = tg\alpha$, matematska formula, s kojom je izražen nagib kosine samo u pravcu. Zbog toga može se s pravom nazvati v : »koeficijent nagiba putoklizine« ili u kratko: »nagib putoklizine«.

Oba nagiba α i β , ili barem jedan od njih, mijenjaju se od tačke do tačke na putoklizini u krivulji u općenitom slučaju gibanja. Redovno će se naći barem jedna tačka u kojoj će ti nagibi zadovoljiti jednadžbu 45.). Na putoklizini u pravcu mijenja se eventualno samo nagib α . I tu će se naći tačka, u kojoj će biti $tg\alpha = \mu$. Može se dakle reći općenito:

U tački putoklizine u kojoj je koeficijent nagiba v jednak koeficijentu trenja μ , akceleracija u smjeru gibanja (tangente) jednaka je ničiti. I dalje: na putoklizini konstantnog nagiba $v = \mu$ tijelo klizi jednolično.

Ako se je reklo: koeficijent trenja μ isti je u pravcu i u krivulji, a može se definirati sa nagibom jednako u krivulji kao i u pravcu, nije se mislilo reći s time, da je sila trenja u krivulji jednako velika. Kočna sila označena je jednako sa produktom $\mu \cdot W$ u pravcu i u krivulji. Dok je W funkcija samo težine tijela Q i nagiba kosine α u pravcu, u krivulji je W , a onda i sila trenja osim toga još i funkcija nagiba β , dakle i funkcija brzine tijela i polumjera krivosti, o kojim zavisi taj nagib.

Koeficijent trenja gibanja određuje se redovno nezavisno od radiusa krivosti i brzine, kojom tijelo klizi, empiričkim putem. Tako pronađene vrijednosti, strogo uzevši, nijesu tačne, napose ne za malene vrijednosti polumjera krivosti, za vrlo velike, ili za vrlo malene brzine i u pravcu. Vrijede za srednje prilike. Postoji li dakle razlika između koeficijenta trenja u pravcu i u krivulji, ta se može odrediti samo empiričkim putem na pr. iz ovdje izvedene formule 45.), a nipošto ne računskim putem, kako je bilo već pokušano u stručnoj šumarskoj literaturi. O toj razlici ne vodi se međutim račun u ovoj raspravi. I to zbog toga ne, što se ispituje sposobnost rada putoklizine u većem intervalu vrijednosti koeficijenta trenja, kako je već bilo obrazloženo. Male diferencije ne mogu biti dakle od značenja.

2. Putoklazina udešena je u krivulji tako, da se tijelo giba jednolično. Koeficijent nagiba mora biti dakle stalno jednak koeficijentu trenja: $v = \mu$, a tangencijalna sila jednaka ničiti. Brzina treba da je konstantna prema pretpostavci i jednaka početnoj brzini: $v = v_a$. Iz jednadžbe 40.) izlazi onda:

$$v_a^2 = g \rho \cos^2 \alpha \cdot tg \beta.$$

Uvrstili se još iz jednadžbe 9.) za $v = \mu$ vrijednost:

$$\cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta = \cos \alpha \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1},$$

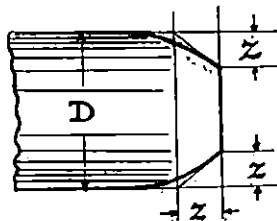
i uzme li se u obzir, da je polumjer krivosti horizontalne projekcije puta $r = \rho \cos^2 \alpha$, izlazi:

$$v \alpha^2 = \frac{g r}{\cos \alpha} \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1} = f(r, \alpha).$$

Mijenja li se uzdužni nagib α bilo po kojem zakonu, mora se mijenjati i polumjer krivosti r od tačke do tačke tako, da bude desna strana jednadžbe, funkcija obih promjenljivica α i r , stalno jednaka konstanti $v \alpha^2$.

Naprotiv, jer je uzdužni nagib konstantan, polumjer krivosti r mora biti također konstanta. Posljednja jednadžba poprima onda oblik jednadžbe 18.), t.j. tijelo klizi u obliku cilindrične vijčanice, gibanje, koje je već bilo raspravljeno u tački 3.)

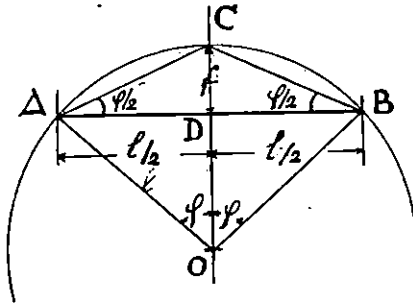
6. O minimalnom polumjeru krivosti putoklizine. Drvo se otpušta okrenuto sa debljim krajem niz kosinu. Deblji kraj izrađen je u tu svrhu na poseban način, da drvo lakše svlada manje zapreke i klizeći ne ozlijedi podlogu. Po Miklitzu može se postignuti to na tri načina: da se deblji kraj zarubi, da se izradi u obliku šiljka, čunjatog ili paraboloidnog oblika. Zarub oduzima najmanje od dužine drveta, iznosi nekoliko centimetara. Za šiljak jednog ili drugog oblika potrebna je dužina od nekoliko decimetara. Miklitz kaže, da zarub ne dostaje, a preporuča šiljak i to onaj paraboloidnog oblika, ako se želi,



Slika 7.

da drvo klizi glatko. Dr. Glatz govori samo o zarubu, koji treba da je širok $z = \frac{1}{3} \approx \frac{1}{4} D$, a isto toliko i dug, ako D označuje promjer debljeg kraja drveta (slika 7.). U svakom dakle slučaju odstranjeni su oštri bridovi na debljem kraju drveta, određenog za otpremu. U jednom slučaju više, u drugom manje. Što više to bolje, kako će se vidjeti iz daljnjeg razlaganja. Po Dr. Glatzu opisani zarub manji je od parabolo-

idnog šiljka, preporučenog po Miklitzu. Za podlogu računa upotrebljeni su zbog toga podaci po prvome, a izvedeni rezultati na temelju tih podataka vrijede naravno s tim više za drvo provideno šiljkom paraboloidnog ili čunjačog oblika po Miklitzu. Drvo je dakle, po Dr. Glatzu, redovno zarubljeno na kraju pod kutem od 45° . Osim toga potrebno je na taj način



Slika 8.

ublaženi brid još i zaobliti, da se postigne blagi i postojani prelaz od suženog do punog promjera debla (sl. 7.). Uzme li se u račun srednja vrijednost (jedna sedmina promjera) širina zaruba z mjeri za razne vrijednosti promjera D , kako slijedi:

D	7	14	21	28	35	42	49	56	cm
z	1	2	3	4	5	6	7	8	cm

Drvo treba da klizi dirajući podlogu na što većoj površini. Putoklizina providena je redovno poprečnim nagibom u krivulji. Zbog toga ne leže tačke A , B i C u istoj relativnoj visini sa tačkom D (slika 8). Želi li se dakle, da drvo leži sa što većom dužinom na podlozi, mora se ograničiti ova diferencija u visini što više. Na oba kraja zarubljeno drvo priljubiti će se dovoljno uz podlogu uzljebine, ako ta visinska razlika nije velika ili prisloniti se na braniče švarcvaldskog profila, ako širina zaruba nije premalena. U posljednjem slučaju providena je putoklizina osim braniča još i sa pragovima. Drvo klizi redovno na njima i prelazi sa jednog na drugi u tačkama, koje ne leže u istoj relativnoj visini. Taj je prelaz moguć jedino s pomoću zaruba visokog barem toliko, koliko iznosi relativna visinska razlika tačaka, u kojima prelazi drvo sa jednog praga na drugi. Razmak pragova je različit. Zависи o polumjeru krivosti, nagibu i karakteru podloge. Svakako spomenuta visinska razlika tačaka, u kojima prelazi drvo sa jednog praga na drugi, ne može biti veća od relativne visinske razlike tačaka D i B (sl. 8), jer se na toj dužini nalazi redovno više od dva praga. Sigurno se dakle postupa jednako kod uzljebine kao i kod švarzwaldskog profila, ako se kaže, relativna vi-

sinjska razlika tačke D i B ne može biti veća od visine zaruba z . Na temelju ovdje iskazanih vrijednosti za z , a uzevši u obzir, da se rijetko otprema drvo slabijega promjera od 20 cm, ograničuje se ta visinska razlika sa $z = 3$ cm. Ako je drvo zarubljeno jače, a to je u većini slučajeva, to bolje. Drvo zarubljeno sa manje od 3 cm nevalja otpremati putoklizinom.

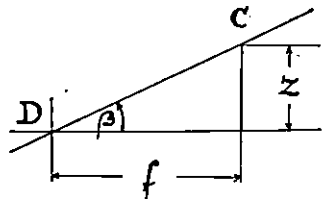
Visina strijelice f luka ACB dovoljno je tačno izražena poznatom formulom strijelice luka parabole, parametra r :

$$f = \frac{l^2}{8r} \quad 46.)$$

ako l označuje dužinu drveta, koje se otprema.

Kod putoklazine malenog ili nikakvog poprečnog nagiba, naročito kod švarcvaldskog profila, dostajat će ova formula za određene minimalnog polumjera trasiranja. U tom naime nerijetkom slučaju leže tačke A , B i D u istoj relativnoj visini, a minimalnu vrijednost polumjera trasiranja mjerodavna je samo širina putoklazine, dakle visina strijelice f . Za praktičnu porabu sastavljena je zbog toga i priložena na kraju tablica II, iz koje se može prosuditi minimalna vrijednost polumjera, trasiranja ako je određena visina strijelice f , a poznata dužina drveta l , koji će se otpremati.

Ne može li se zanemariti poprečan nagib, naročito kod užljebine, mora se uzeti u obzir utjecaj tog nagiba na minimalnu vrijednost polumjera trasiranja i to na ovaj način:



Slika 8a.

U malenom razmaku CD neka je β prosječna vrijednost poprečnog nagiba (sl 8 i 8a). Onda je:

$$f = \frac{z}{\operatorname{tg} \beta} \quad 47.)$$

a obje posljednje jednadžbe izjednačene, daju jednadžbu:

$$r \geq \frac{l^2}{8z} \operatorname{tg} \beta$$

Uzme li se još u obzir jednadžba 40.) izlazi minimalna vrijednost za polumjer trasiranja:

$$r \geq \frac{vl}{\sqrt{8zy}} \quad 48.]$$

a za visinu strijelice (iz jednadžbe 46 i 48):

$$f \leq \frac{l}{v} \sqrt{\frac{zg}{8}} \quad 49.]$$

Iz posljednjih dviju jednadžbi može se odrediti minimalna vrijednost polumjera trasiranja u konkretnom slučaju neposredno. Obje formule dolaze u obzir zbog toga, što je visina strijelice ograničena širinom putoklizine. Minimalnu vrijednost r treba odrediti tako, da zadovoljava ne samo jednadžbu 48.) nego treba da odgovara i visina strijelice širini putoklizine, uz tako određenu vrijednost r . Na pr. za $v=5$ mpec, $l=20$ m, $z=3$ cm izlazi iz jednadžbe 48.) $r=65$ m, a iz jednadžbe 49.) $f=0.77$ m. Može li iznositi f samo 0.38 m obzirom na unaprijed određenu širinu puta, potreban je veći polumjer trasiranja, od cca 130 m (iz jedn. 46.). Potrebno je dakle ispitati obje vrijednosti u konkretnom slučaju.

Taj se račun može prištediti porabom tablice III i IV, koje su priložene na kraju rasprave. Kod praktične primjene dovoljno se tačno postupa, ako se uzme u račun z sa 0.03 m, a g sa 9.81 mpec, kako je bilo obrazloženo prije. Posljednje dvije formule poprimaju onda oblik:

$$r \geq 0.65lv \dots \quad 48a.) \quad f \leq 0.192 \frac{l}{v} \dots \quad 49a.)$$

Po ovim formulama izračunate su i iskazane vrijednosti f i r u tablici III i IV za običajne vrijednosti v i l , u metrima. U tablicama ucrtane stepenične linije imaju ovo značenje. Uzme li se u obzir, da sredina drveta klizi još u osovini putoklizine, zatim da prostor koga zaprema polovica debljine drveta mjeri cca 0.20 m., onda može iznositi f kod:

0.80 m. široke putoklizine najviše	0.20 m., kod
1.20	0.40 .. a kod
2.00	0.60 ..

Prema tomu mogu se upotrijebiti vrijednosti polumjera krivosti, iskazane u tablici IV ispod prve stepenične linije, računajući odozgo prema dolje, na putoklizinu 2.0 m širokoj, ispod druge stepenične linije na putoklizinu 1.20 m širokoj, a ispod treće stepenične linije na putoklizinu 0.80 m širokoj. Krupno štampani iznosi, ispod prve stepenične linije, jesu mi-

nimalne vrijednosti radiusa trasiranja za putoklizinu 2,0 m. široku, ispod druge stepenične linije za putoklizinu 1,20 m. široku, a ispod treće za putoklizinu 0,80 m. široku, ako je brzina, kojom tijelo klizi, jednaka ili manja od brzine, koja pripada tim krupno štampanim vrijednostima. Kod većih brzina od ovih treba upotrijebiti veću vrijednost polumjera krivosti od krupno štampane, već prema iznosu brzine, u odgovarajućem stupcu l .

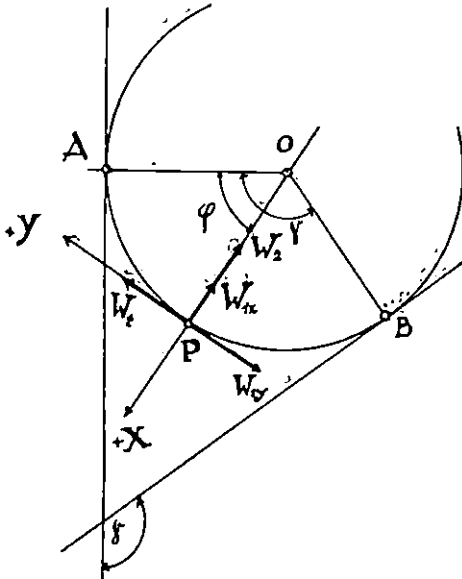
Za određenje minimalne vrijednosti polumjera trasiranja mjerodavna je maksimalna brzina kod užljebine (Rinnenprofil), a minimalna brzina kod švarzwaldskog profila. Ta vrijednost zavisi o nagibu β , kako je bilo obrazloženo. Taj je nagib u užljebini raznolik, udešen za svaku, dakle i za najveću brzinu. Putoklizina treba da radi i uz najveću brzinu dakle i uz najveći nagib β . Dosljedno treba predvidjeti polumjer trasiranja i za taj nagib t. j. za najveću brzinu. Kod švarzwaldskog profila nagib β je konstantan i udešen prema najmanjoj brzini, što će se obrazložiti bolje još poslije. Na izbor polumjera trasiranja može uticati samo taj nagib t. j. najmanja brzina i širiña putoklizine. Zbog toga se prilagođuje terenskim prilikama putoklizina providena sa švarzwaldskim profilom u krivulji bolje od putoklizine providene sa užljebinoim.

Ovdje je zgodna, da se kaže još nešto o razlici između koeficijenta trenja u pravcu i koeficijenta trenja u krivulji.

Promatrajući sliku 8, vidi se, da je položaj drveta drukčiji u krivulji, a drukčiji u pravcu. Još bolje se to vidi, ako se ima u vidu švarzwaldski profil. Vlakanca drveta paralelna su sa vlakancima braniča, kada drvo klizi u pravcu. U krivulji prislanja se drvo na braniče samo sa prednjim krajem, a eventualno i sa stražnjim krajem. No vlakanca drveta nijesu više paralelna sa vlakancima braniča nego zatvaraju šiljati kut međusobno, koji je stim veći, čim je krivost krivulje veća. Drukčiji je osim toga dodir tih vlakanaca na prednjem kraju, a drukčiji na stražnjem kraju. Na prednjem kraju zadire začrub u stijenu braniča sa šiljcima potsjedećih vlakanaca to jače, što je krivost krivulje veća. Na stražnjem kraju toga zadiranja nema. Koeficijent trenja veći je zbog toga na prednjem kraju drveta, a mnogo manji na stražnjem kraju. Ovo je ustvrdio već i Baltz, nije ali obrazložio na ovaj način. Slične su te pojave i u slučaju, kada tijelo klizi samo na podlozi u užljebini. Vrijednost koeficijenta trenja u krivulji i u pravcu različita je za cijelo u svakoim slučaju. Na prednjem kraju drveta biti će koeficijent trenja u krivulji veći od koeficijenta trenja u pravcu. Razlika biti će to veća, što je krivost krivulje veća. Na stražnjem kraju drveta biti će koeficijent trenja možda

manji od koeficijenta trenja u pravcu. Njihove vrijednosti mogu se odrediti samo empiričkim putem. Dok to učinjeno nije, nema druge; nego računati sa poznatom vrijednošću koeficijenta trenja jednako u pravcu kao i u krivulji. Može se pak tako učiniti zbog razloga spomenutih u uvodu.

7. O putoklazini provedenoj sa švarcvaldskim profilom i krivulji. Mijena brzine teškog tijela u njoj. Teško tijelo može opisati cilindričnu vijčanicu i u slučaju, ako se giba na podlozi izvedenoj u obliku švarcvaldskog profila. Horizontalna projekcija puta je onda kružnica ili luk kružnice (slika 9) Početak luka je tačka A ; završetak tačka B . Pripadajući centrični kut je γ . Tačka P označuje položaj težišta tijela na



Slika 9.

povoljnom mjestu luka. Polumjer trasiranja u tački P zatvara kut φ sa polumjerom u tački A . Otpor podloge označuje se sa W_1 , a otpor braniča sa W_2 . Stijena braniča, uz koju klizi teško tijelo je vertikalna i savita u luk kružnice. W_2 je dakle horizontalna sila, uperena prema središtu kružnice. Tijelo klizi na podlozi i prislanja se na stijenu braniča istodobno. Obje su podloge različite građe u općenitom slučaju, dakle i različitog koeficijenta trenja. Nazovē li se μ_1 koeficijent trenja podloge, a sa μ_2 koeficijent trenja stijene braniča, onda mjeri trenje na podlozi $\mu_1 W_1$, a trenje na braničima $\mu_2 W_2$. Na tijelo djeluju dakle: Q vlastita težina, otpori W_1 , W_2 i trenje $\mu_1 W_1$ i $\mu_2 W_2$. Dodaju li se k ovim aktivnim silama još i sile trnnosti T i N , tri jednadžbe ravnoteže u kordinatnom sistemu XYZ (isporēdi-tačku 5) glase:

$$\begin{aligned} -W_{1x} - W_2 + N &= 0, \\ -W_{1y} + \mu_1 W_1 \cos \alpha + \mu_2 W_2 \cos \alpha + T \cos \alpha &= 0, \\ -W_{1z} + Q - \mu_1 W_1 \sin \alpha - \mu_2 W_2 \sin \alpha - T \sin \alpha &= 0. \end{aligned}$$

iz kojih izlazi, primijenivši za W_{1x} , W_{1y} i W_{1z} vrijednosti vrijednosti označene u jednadžbama 11.):

$$W_1 = Q \frac{\sin \alpha}{\nu}, \quad 50.)$$

$$N = Q \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta + W_2, \quad 51.)$$

$$T = Q \left(1 - \frac{\mu_1}{\nu}\right) \sin \alpha - \mu_2 W_2, \quad 52.)$$

gdje je ν jednadžbom 9.) već prije definirani koeficijent nagiba kosine.

Eliminira li se iz posljednjih dviju jednadžbi otpor W_2 i uzme u obzir, da je:

$$\frac{N}{Q} = \frac{\nu^2}{g^2} = \frac{v_h^2}{gr},$$

gdje je $v_h = \nu \cos \alpha$ označuje horizontalnu komponentu brzine tijela, a r polumjer krivosti horizontalne projekcije puta, izlazi za tangencijalnu silu:

$$T = Q \left[\left(1 - \frac{\mu_1}{\nu}\right) \sin \alpha - \mu_2 \left(\frac{v_h^2}{gr} - \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta\right) \right],$$

a za akceleraciju u istom smjeru:

$$a_t = g \left[\left(1 - \frac{\mu_1}{\nu}\right) \sin \alpha - \mu_2 \left(\frac{v_h^2}{gr} - \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta\right) \right] \dots 53.)$$

Ako je tangencijalna akceleracija jednaka ničtici, tijelo se giba jednolično, sa brzinom, koja se može izračunati iz posljednje jednadžbe, za $a_t = 0$, sa rezultatom:

$$v^2 = v_h^2 = k \left[\left(1 - \frac{\mu_1}{\nu}\right) \frac{rg \alpha}{\mu_2} + \cos^2 \alpha \operatorname{tg} \beta \right] = c^2 \dots 54.)$$

U ovoj jednadžbi označuje k opet konstantu putoklizine određenu jednadžbom 19.).

Vrijednost koeficijenta trenja μ_1 i μ_2 redovno su koordinirane. Svakom paru koordiniranih vrijednosti koeficijenta trenja μ_1 i μ_2 pripada dakle samo jedna i to jednadžbom 54.) posve određena vrijednost početne brzine v_a , sa kojom se tijelo giba jednolično, opisujući cilindričnu vijčanicu. Na putoklizini, providenoj sa švarcvaldskim profilom, opisuje tijelo dokle određeni put, cilindričnu vijčanicu, na neki način do-

brovoljno, samo ako njegova početna brzina zadovoljava jednadžbu 54). U tom slučaju giba se jednolično. Uđe li tijelo u takovu putoklizinu sa povoljnom početnom brzinom i onda će opisati određeni put, jer je braničima i podlogom prisiljeno na to, no neće se gibati jednolično. Kako se u tom slučaju mijenja brzina, o tome se govori poslije.

Ako je poznata početna brzina v_a i poprečan nagib $tg\beta$, može se izračunati potreban uzdužan nagib $tg\alpha$, za određene koordinirane vrijednosti koeficijenta trenja μ_1 i μ_2 iz jednad. 54.) sa rezultatom:

$$tg\alpha = \mu_1 \sqrt{1 + \cos^2 \alpha tg^2 \beta} + \mu_2 \cos \alpha \left(\frac{v_a^2}{gr} - tg\beta \right) \quad \dots 55.)$$

Poprečan nagib $tg\beta$ redovno je maleni pravi slomak tako, da se može izostaviti drugi član ispod korijena stići više, jer je i $\cos\alpha$ pravi slomak. Nadalje se ne griješi mnogo, ako se stavi

$$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + tg^2\alpha}} \sim \frac{1}{\sqrt{1 + \mu_1^2}}$$

jer se $tg\alpha$ i μ_1 ne razlikuju znatno. Za brži, a dovoljno tačan račun može se upotrijebiti dakle, namjesto gornje tačne jednadžbe, formula:

$$tg\alpha = \mu_1 + \frac{\mu_2}{\sqrt{1 + \mu_1^2}} \left(\frac{v_a^2}{gr} - tg\beta \right) \quad \dots 55a.)$$

Na jednaki način može se odrediti i poprečan nagib $tg\beta$ iz jednadžbe 54.), ako je sve ostalo poznato, sa rezultatom:

$$tg\beta = \frac{\mu_2 a + \mu_1 \sqrt{a^2 - (\mu_1^2 - \mu_2^2)}}{(\mu_1^2 - \mu_2^2) \cos\alpha}; a = tg\alpha - \frac{v_a^2}{gr} \mu_2 \cos\alpha \quad \dots 56.)$$

Za $\mu_2 = 0$ prelazi ova jednadžba u oblik jednadžbe 17.).

I u ovom slučaju vrijedi pravilo: Uzdužan i poprečan nagib treba odrediti prema najmanjoj početnoj brzini, uz koju se još želi da radi putoklizina. Oba nagiba mogu se odrediti pri tom i bez obzira na braniče, s upotrebom formula 13.) i 14.) ili 14a.). Tijelo se neće doticati stijene braniča u tom slučaju, jer je uzdužan i poprečan nagib udešen upravo toliko velik, tako računajući, koliko je potrebno za centripetalnu silu, t. j. koliko je potrebno, da tijelo opiše cilindričnu vijčanicu, uz najmanju početnu brzinu v_a , bez pomoći braniča. Odredi li se pak poprečan nagib $tg\beta$ po formuli 13.), ispada njegova vrijednost vrlo malena za najmanju brzinu. Ali i onda, kada se uzmu u obzir braniči, vrijednost poprečnog nagiba, ispada za najmanju početnu brzinu toliko malena, da se može

zanemariti računski i praktički. Zbog toga neće se praktički upotrijebiti jednadžbe 54.) i 55.) u svom tačnom obliku, ni u kojem slučaju, nego redovno u obliku, koji poprimaju za $tg\beta=0$ (isporedi i jednadžbu 9.):

$$v_a^2 = c^2 = k \frac{tg\alpha - \mu_1}{\mu_2}, \quad 57.]$$

$$tg\alpha = \mu_1 + (\mu_2 \cos\alpha) \frac{v_a^2}{gr} \approx \mu_1 + \frac{\mu_2}{\sqrt{1 + \mu_1^2}} \frac{v_a^2}{gr}. \quad 58.]$$

Posljednje dvije jednadžbe vrijede za teško tijelo, koje se prisanja na braniče, klizeći putoklizinom u krivulji i e d n o.

Ude li tijelo u takovu putoklizinu sa povoljnom brzinom, t. j. sa brzinom $v_a \geq c$, koja ne zadovoljava jednadžbu 54.) ili 57.), potrebno je ispitati najprije, uz koje će uvjete kliziti tijelo putoklizinom u takovom slučaju uopće, a napose, da klizeći ne izlazi iz nje, il da ne sustane u njoj?

Ako je tangencijalna akceleracija $a_t > 0$, izlazi iz jednadžbe 53.) da je $v < c$. Ako je $a_t = 0$, slijedi iz iste jednadžbe $v = c$. Ako je pak $a_t < 0$, onda je $v > c$. Treća pak jednadžba, ravnoteže, može se pisati i na ovaj način:

$$T \sin\alpha = Q - W_z$$

$$\text{gdje je:} \quad W_z = W_{1z} + (\mu_1 W_1 + \mu_2 W_2) \sin\alpha,$$

a predočuje vertikalnu komponentu ukupnog otpora W , koji sastoji od otpora podloge, otpora braniča i otpora trenja. Tako dugo, dok je $T > 0$, ili što je isto, tako dugo, dok je $v < c$, dotle je i $W_z < Q$, t. j. tijelo se neće izdizati sa podloge, jer je vertikalna komponenta ukupnog otpora manja od težine tijela. Nasuprot, ako je $T < 0$, ili, što je isto, ako je $v > c$, onda je $W_z > Q$, t. j. vertikalna komponenta ukupnog otpora veća je od težine tijela, dakle će se tijelo izdizati sa podloge, ako se nađe povod zato. Slučajna kakova zapreka može biti razlogom, da tangencijalna sila promjeni dojučakšnji smjer, određen uzdužnim nagibom putoklazine. Nema li toga povoda, zadrži tangencijalna sila T svoj smjer, a tijelo se ne izdiže sa podloge, zbog zakona ustrajnosti i u slučaju: $v > c$. Ta činjenica potkrepljuje ujedno i iskustvom stečeno saznanje, da ne valja graditi putoklizinu sa promjenljivim nagibom α u krivulji. Ako je $T = 0$, a to je, kada je $v = c$, bit će $W_z = Q$, t. j. tijelo se ponaša kao neteško, ono opisuje vijčanicu sa trenjem, kao teško tijelo horizontalnu kružnicu bez trenja uz iste inače prilike (isporedi tačku 3).

Iz ovoga razlaganja slijedi nauk: putoklizinu pred krivuljom treba osnovati po mogućnosti tako, da brzina tijela na početku krivulje ne nadmaši brzinu c i uz najmanju vrijed-

nost koeficijenta trenja, koji još dolazi u obzir, ako se želi spriječiti, da drvo ne iskače sa putoklazine u krivulji. Početna brzina treba dakle da leži u granicama: $v_{\min} \leq v_a \leq c$, gdje v_{\min} označuje najmanju brzinu, uz koju želimo, da još putoklazina radi. Po toj brzini udešen je uzdužan i poprečan nagib putoklazine, kako je već spomenuto bilo. I to zbog toga, što najmanja brzina nastaje, kada vlada najveći koeficijent trenja na putoklazini. Uzdužni pak nagib treba da je veći i od najvećeg koeficijenta trenja, koji još dolazi u obzir. Kod najmanje brzine potreban je dakle najveći uzdužan, a najmanji poprečan nagib. Po toj brzini određen je radius trasiranja, jer postoji samo jedna i to najmanja vrijednost poprečnog nagiba, o kojoj taj polumjer zavisi, u koliko nije određen već širom putoklazine. Uz tu najmanju brzinu ne prislanja se tijelo na rubne braniče, nego klizi jednolično u osovini putoklazine, kako je već obrazloženo bilo. Za svaku brzinu $v > v_{\min}$ uzdužni je nagib prevelik, a poprečan premalen. Jer brzina može porasti jedino, ako se smanji koeficijent trenja. Za manji pak koeficijent trenja bio bi potreban manji uzdužni a veći poprečan nagib od stvarnoga, da se tijelo giba jednolično. Zbog prevelikog stvarnog nagiba tijelo će se gibati sa pospješanjem, ako je $v < c$, a zbog premalenog stvarnog poprečnog nagiba, nastojati će kliziti u krivulji većeg polumjera krivosti od stvarnog polumjera putoklazine, t. j. klizeći prisloniti se uz braniče. Dosegne li brzina tijela brzinu c , tijelo klizi jednolično i konačno, nadmašilo ju, a to može samo na početku, tijelo se giba sa retardacijom, lako iskoči iz putoklazine, ako se nade povod zato, a braniči nijesu dosta visoki.

Brzini c , definiranoj jednadžbom 54.) ili 57.) pridaje se zbog toga naziv: kritična (stacionarna) brzina. Ona zavisi o samoj putoklazini u prvom redu: njezinom polumjeru krivosti, uzdužnom i poprečnom nagibu, te je konstantna veličina, za iste koordinirane vrijednosti koeficijenta trenja, podloge μ_1 i braniča μ_2 . Mijenja li se koeficijent trenja samo jedan ili oba, mijenja se i kritična brzina na istoj putoklazini. Svako vrijednosti koeficijenta trenja pripada ali samo jedna i to posve određena vrijednost kritične brzine. Na putoklazini konstantnog uzdužnog i poprečnog nagiba, providenoj sa švarcvaldskim profilom, kliziteško tijelo sigurno u krivulji samo u slučaju, ako mu je početna brzina jednaka ili veća od najmanje brzine, uz koju je putoklazina osnovana, a jednaka ili manja od kritične brzine. Ili drugim riječima: Na putoklazini konstantnog uzdužnog i poprečnog nagiba, providenoj sa švarcvaldskim profilom, kliziteško tijelo sigurno u krivulji, i ne izdiže se tako lako sa putoklazine samo u slučaju, ako

je akceleracija, kojom se giba pozitivna ili jednaka ništici.

Ne misli se time reći, da neće tijelo proći krivulju i u slučaju, ako je $a_t < 0$, osobito ne, ako je akceleracija tek nešto manja od ništice. Ako su braniči dosta visoki, tijelo neće saći sa putoklizine ni u tom slučaju bez povoda, nego će se gibati sa retardacijom. Ipak može biti razlogom kakova malenkost ili najmanja nesavršenost u izvedbi podloge i braniča, da tijelo iskoči iz putoklizine. U takovom slučaju valja se pobrinuti za dovoljno visoku stijenu braniča i solidnu izradbu čitavog konstruktivnog uređaja, a napose paziti, da putoklizina bude čista, u besprijekornom stanju, za vrijeme prometa.

Nadalje treba ispitati, kako se mijenja brzina tijela tokom klizanja u takvoj krivulji, ako je $a_t \approx 0$, dakle, ako se tijelo ne giba jednolično?

Horizontalna komponenta akceleracije tijela mieri u tom slučaju (iz jednadžbe 53.):

$$a_{th} = a_t \cdot \cos \alpha = K - v_h^2 \frac{\lambda}{r}, \quad 59.]$$

ako je:

$$K = g \cdot \left[\left(1 - \frac{\mu_1}{\nu} \right) \sin \alpha + \mu_2 \cos^2 \alpha \cdot \operatorname{tg} \beta \right] \cos \alpha, \quad 60.]$$

$$\lambda = \mu_2 \cos \alpha. \quad 61.]$$

Nadalje je: $a_{th} = \frac{v_h \cdot dv_h}{ds_h}$, a prevaljeni put AP (slika

9), dužina luka kružnice: $s_h = r\varphi$.

Dakle je $ds_h = r d\varphi$, a onda:

$$a_{th} = \frac{v_h}{r} \cdot \frac{dv_h}{d\varphi}. \quad 62.]$$

Jednadžba 59.) poprima pak oblik nakon sredenja:

$$\frac{dv_h}{d\varphi} + \lambda v_h = \frac{rK}{v_h}. \quad 59a.)$$

Općenito riješenje ove diferencijalne jednadžbe glasi:

$$v_h^2 = \frac{rK}{\lambda} + 2Ce^{-2\lambda\varphi}. \quad 63.]$$

e označuje bazu naravnog logaritma, a C integracionu konstantu, koja se određuje na ovaj način: Na početku krivulje u tački A je $\varphi = 0$, a početna brzina tijela, s kojom ono ulazi u krivulju neka je v_{ah} . U toj zajedničkoj tački pravca i kružnice

mora vrijediti jednadžba 63.) također. Mora dakle biti vrijednost integracione konstante:

$$2C = v_{ah}^2 - \frac{rK}{\lambda},$$

a jednadžba horizontalne komponente brzine glasi onda:

$$v_h^2 = \frac{rK}{\lambda} + \left(v_{ah}^2 - \frac{rK}{\lambda} \right) \cdot e^{-2\lambda\varphi} \quad 64.]$$

Izmjene li se opet supstituirane vrijednosti za k i λ iz jednadžbi 60.) i 61.) izlazi:

$$\frac{rK}{\lambda} = k \cdot \left[\left(1 - \frac{\mu_1}{v} \right) \frac{tg\alpha}{\mu_2} + \cos\alpha tg\beta \right] \cos^2\alpha$$

Prisposdobi li se desna strana ove jednadžbe sa jednadžbom 54.) izlazi, da je:

$$\frac{rK}{\lambda} = c^2 \cdot \cos^2\alpha$$

a onda iz 64.), uzevši u obzir, da je $v_h = v \cdot \cos\alpha$

$$v^2 = c^2 + \frac{v_a^2 - c^2}{2\mu_2\varphi\cos\alpha} \quad 65.]$$

Ova jednadžba daje brzinu tijela u povoljnoj tački putoklizine, izvedene u luku kružnice, konstantnog uzdužnog i poprečnog nagiba, providene sa švarcvaldskim profilom. Pretpostavlja se pritom, da se tijelo klizeći prislania na braniče.

Ako je početna brzina v_a jednaka kritičnoj brzini c , slijedi iz posljednje jednadžbe: $v = c$. T. j. tijelo klizi jednolično. Rezultat do kojeg smo došli već i prije na drugi način. Ako je početna brzina v_a veća od kritične brzine c , najveća je vrijednost brzine $v = v_a$, za $\varphi = 0$. Sa porastom kuta φ biva brzina v sve manja, a bit će $v \rightarrow c$, za $\varphi \rightarrow \infty$. Konačno, ako je početna brzina v_a manja od kritične brzine c , najmanja je vrijednost brzine $v = v_a$, za $\varphi = 0$. Sa porastom kuta φ brzina raste i postizava vrijednost $v \rightarrow c$, za $\varphi \rightarrow \infty$. Imade li tijelo ma kakovu početnu brzinu, konačno postigne posvema određenju istu kritičnu brzinu, kojom klizi jednolično dalje. Teoretski doduše u beskonačnosti, uistinu mnogo prije, na konačnom putu, kako se slično dešava na pr. teškom tijelu, kada pada u zraku ispunjenom prostorom.

Bilo je već obrazloženo prije, ograničena je početna brzina sa granicama: $v_{\min} \leq v_a \leq c$, ako se želi spriječiti izdi-

zanje tijela. Zbog tih granica zgodniji će biti oblik jednadžbe 65.), za praktičnu porabu:

$$v^2 = c^2 - \frac{c^2 - v_a^2}{2\mu_2 \varphi \cos \alpha} \quad 65a.]$$

Svede li se jednadžba kritične brzine (54) na oblik:

$$c^2 = k \frac{tga + \mu_2 \cos \alpha t g \beta - \mu_1 \frac{tga}{\nu}}{\mu_2} \quad 66.]$$

vidi se, da ta brzina može spasti i na vrijednost $c = 0$, ako je koeficijent nagiba putoklizine:

$$\nu = \frac{\mu_1 tga}{tga + \mu_2 \cos \alpha t g \beta} \quad 67.]$$

Želi li se spriječiti kočno djelovanje putoklizine u krivulji, takav slučaj ne smije nastupiti na otvorenoj pruzi. To se još bolje vidi, zanemari li se neznatan utjecaj poprečnog nagiba. Jednadžba 67.) glasi u tom slučaju $tga = \mu_1$. Uzdužni nagib putoklizine treba dakle da je jednak ili da se približuje kutu trenja podloge, ako se želi, da je kritična brzina jednaka ničtici. Na otvorenoj pruzi treba osnovati putoklizinu upravo na obrnutom principu, kako je već bilo obrazloženo prije. T. j. uzdužni nagib treba da je veći i od najvećeg koeficijenta trenja μ_1 , uz koji se još želi, da putoklizinu radi.

Nasuprot slijedi odatle nauk, kako valja postupati osnivajući krivulju na završetku putoklizine, gdje se poništuje brzina tijela. Izostavi li se na ovakovoj kočnoj krivulji poprečan nagib uopće, ili osnuje tako malenim, da ne ulazi u račun, kritična brzina jednaka je ničtici, ako je uzdužni nagib jednak koeficijentu trenja podloge. Iz pojma kritične brzine slijedi onda, da u krivulji takovog nagiba brzina tijela pada sve više i primiče segranici $v \rightarrow 0$, za $\varphi \rightarrow \infty$. Leži li vrijednost uzdužnog nagiba tga ispod vrijednosti koeficijenta trenja μ_1 , izlazi iz jednadžbe 57.) da je c imaginaran broj, t. j. u obliku »kritične brzine« definirana brzina ne postoji. Za $tga = 0$ izlazi napose iz jednadžbe 57.)

$$c^2 = -k \frac{\mu_1}{\mu_2} \quad 68.]$$

Ako je pak tga negativan broj, t. j. osnuje li se putoklizinu u krivulji sa uzbrdicom, bit će:

$$c^2 = -k \cdot \frac{\mu_1 + \operatorname{tg} a}{\mu_2} \quad 69.]$$

t. j. kritična brzina ne postoji opet.

U svrhu određenja brzine na tako nastalim »kočnim krivuljama«, promatra se najprije kočna krivulja u horizontali. U tom je slučaju $\operatorname{tg} a = 0$, a može li se zanemariti i poprečan nagib ($\operatorname{tg} \beta = 0$), bit će i $v = 0$. Iz jednadžbi 68.) i 65.) slijedi onda:

$$v^2 = \frac{v_a^2 - k \cdot \frac{\mu_1}{\mu_2} (e^{2\mu_2\varphi} - 1)}{e^{2\mu_2\varphi}} \quad 70.]$$

Konstanta putoklazine u ovom je slučaju $k = rg$, jer je $\cos a = \cos 0 = 1$ (isporedi 19.). Sa porastom kuta φ , dakle sa porastom dužine luka, očito je, da se vrijednost brzine v primiče ničtici, te ju i dostigne, kada kut φ poprimi vrijednost:

$$\varphi = \frac{\ln \left(1 + \frac{\mu_2}{\mu_1} \operatorname{tg} \beta_a \right)}{2\mu_2} \quad 71.]$$

gdje je
$$\operatorname{tg} \beta_a = \frac{v_a^2}{rg} \quad 72.]$$

Osnuje li se ovakova kočna krivulja u protunagibu, sa uzbrdicom, kut a je negativan, a iz jednadžbi 69.) i 65.) slijedi:

$$v^2 = \frac{v_a^2 - k \cdot \frac{\mu_1 + \operatorname{tg} a}{\mu_2} (e^{2\mu_2\varphi \cos a} - 1)}{e^{2\mu_2\varphi \cos a}} \quad 73.]$$

U ovom se slučaju brzina v primiče ničtici brže, nego u prvom, te ju dostigne, kada je:

$$\varphi = \frac{\ln \left[1 + \frac{\mu_2 \cos a}{\mu_1 + \operatorname{tg} a} \operatorname{tg} \beta_a \right]}{2\mu_2 \cos a} \quad 74.]$$

U ovoj formuli imade $\operatorname{tg} \beta_a$ opet značenje određeno jednadžbom 72.)

Konačno u slučaju $\operatorname{tg} a = \mu_1$, izlazi iz jednadžbe 57.) i 65.)

$$v = \frac{v_a}{e^{\frac{\mu_2 \varphi \cos a}{e}}} \quad 75.]$$

gdje je
$$\cos\alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \mu_1^2}} .$$
 76.]

8. O putoklizini izvedenoj u obliku užljebine u krivulji. Mijena brzine teškog tijela u njoj. U tački 3.) bilo je obrazloženo, da tijelo opisuje cilindričnu vijčanicu, ako klizi na podlozi stalnog uzdužnog nagiba, a promjenljivog poprečnog nagiba i ako njegova početna brzina zadovoljava jednadžbu 18). Horizontalna projekcija osovine podloge mora biti savita naravno u luk kružnice, a početna brzina mora imati smier tangente vijčanice. U tom slučaju giba se tijelo jednolično. Putoklizina, trasirana u luku kružnice, stalnog uzdužnog nagiba, a izvedena u obliku užljebine, imade dakle sve uvjete, koji se traže od podloge za takvo gibanje. Još i više! Ude li teško tijelo u takovu užljebinu sa brzinom, koja zadovoljava jednadžbu 18.), proći će ju, klizeći jednolično. Ne zadovoljava li početna brzina jednadžbu 18.) i onda je tijelo prinuđeno, da klizeći opisuje određeni put, cilindričnu vijčanicu, i to zbog dovoljno visokih i zaobljenih stijena užljebine, no gibanje neće biti više jednolično, analogno kao što nije bilo ni kod švarcvaldskog profila u takovom slučaju. Ne giba li se pak tijelo jednolično, nemože biti niti poprečan nagib $tg\beta$ konstantan, slijedi iz jednadžbe 40.). T. j. sa brzinom mijenja tijelo i položaj u užljebini na način, kako određuje ta jednadžba. Mijenjajući pak položaj unutar užljebine i tražeći brzini odgovarajući poprečan nagib, strogo uzevši, ne putuje tijelo onda niti u uzdužnom nagibu, koji se tačno pokriva sa uzdužnim nagibom osovine užljebine. Putoklizine se grade sa razmjernom velikim nagibom. Malena dubina užljebine prema velikoj visinskoj razlici početne i završne tačke putoklizine zbog toga je i relativno malena. Diferencija brzine tijela na početku i na kraju krivulje također nije velika, kako će se vidjeti poslije. Neće biti dakle znatnije visinske razlike u položaju tijela prema osovini i unutar samoga žljeba, u tim tačkama. Promjena uzdužnog nagiba može se zbog toga zanemariti, a tga smatraati konstantom. Na valjano osnovanoj putoklizini putanja tijela gotovo je paralelna sa uzdužnom osovinom užljebine i u krivulji, bez obzira klizi li tijelo jednolično ili nejednolično u njoj. Poprečan profil užljebine izvodi se u obliku postojane krivulje. Klizeći tijelo dira takav profil tangencijalno u jednoj tački. Postoji samo jedan otpor podloge, vrijede dakle formule izvedene u tački 5.), u kojima je sada ali poprečan nagib $tg\beta$, a onda i nagib putoklizine ν , promjenljivica.

U svrhu određenja brzine na povoljnom mjestu putanje tijela, promatra se gibanje u horizontalnoj projekciji. Tangencijalna akceleracija u toj projekciji: $a_{th} = a_t \cos\alpha$ općenito je različita od ničtice uz povoljnu početnu brzinu v_a i mjeri obzirom jednadžbu 43.) i 62.):

$$a_{th} = \frac{v_h dv_h}{rd\varphi} = g \left(1 - \frac{\mu}{v}\right) \sin\alpha \cos\alpha \quad 77.)$$

ili obzirom na jednadžbu 9.) i 40.)

$$\frac{\sin\alpha \cos\alpha}{\mu} - \sqrt{\cos^4\alpha + \left(\frac{v_h^2}{k}\right)^2} = \mu grd\varphi. \quad 77a.)$$

k označuje konstantu putoklazine, definiranu jednadžbom 19.).

Stavili se: $a = \cos^2\alpha$, $b = \frac{\sin\alpha \cos\alpha}{\mu}$ i $y = \frac{v_h^2}{k}$, 77b.)
gornja jednadžba prelazi u oblik:

$$\frac{k \cdot dy}{b - \sqrt{y^2 + a^2}} = 2\mu grd\varphi, \quad 77c.)$$

a uz daljnju supstituciju: $t = y + \sqrt{y^2 + a^2}$ 77d.)
u oblik:

$$\frac{k(t^2 + a^2) dt}{t(t^2 - 2bt + a^2)} = -2\mu grd\varphi. \quad 77e.)$$

Općenito rješenje ove definicijalne jednadžbe glasi:

$$t \left[\frac{t - b - \sqrt{b^2 - a^2}}{t - b + \sqrt{b^2 - a^2}} \right]^{\frac{tga}{\sqrt{tg^2\alpha - \mu^2}}} = C \cdot e^{-2\mu\varphi \cos\alpha} \quad 78.)$$

Za $\varphi = 0$ neka je $t = t_a$. Integraciona konstanta određena je onda sa jednadžbom:

$$C = t_a \left[\frac{t_a - b - \sqrt{b^2 - a^2}}{t_a - b + \sqrt{b^2 - a^2}} \right]^{\frac{tga}{\sqrt{tg^2\alpha - \mu^2}}} \quad 79.)$$

Jednadžba 78.) prelazi pak u oblik:

$$\begin{aligned} & t \left[\frac{t - b - \sqrt{b^2 - a^2}}{t - b + \sqrt{b^2 - a^2}} \right]^{\frac{tga}{\sqrt{tg^2\alpha - \mu^2}}} \\ &= t_a \left[\frac{t_a - b - \sqrt{b^2 - a^2}}{t_a - b + \sqrt{b^2 - a^2}} \right]^{\frac{tga}{\sqrt{tg^2\alpha - \mu^2}}} \cdot e^{-2\mu\varphi \cos\alpha} \end{aligned} \quad 80.)$$

Zamijene li se opet supstituirane vrijednosti, a uzme u obzir, da je $v_h = v \cdot \cos\alpha$, u gornjoj formuli označuje:

$$t = \tau \cdot \cos^2 \alpha, \text{ ako je } \tau = \frac{v^2}{k} + \sqrt{1 + \left(\frac{v^2}{k}\right)^2} \quad 81.]$$

$$b + \sqrt{b^2 - a^2} = \left[\frac{tga}{\mu} + \sqrt{\left(\frac{tga}{\mu}\right)^2 - 1} \right] \cos^2 \alpha \quad 82.]$$

$$b - \sqrt{b^2 - a^2} = \left[\frac{tga}{\mu} - \sqrt{\left(\frac{tga}{\mu}\right)^2 - 1} \right] \cos^2 \alpha \quad 83.]$$

Za svaku reelnu vrijednost centričnog kuta φ obje strane jednadžbe 80.) jednake su ničtici, ako je:

$$t = t_a = b + \sqrt{b^2 - a^2} \quad 84.)$$

ili ako je, obzirom na jednadžbe 81.), 82.) i 84.)

$$v^2 = v_a^2 = k \sqrt{\left(\frac{tga}{\mu}\right)^2 - 1} = c^2 \quad 85.]$$

Ako je pak $t_a \leq b + \sqrt{b^2 - a^2}$, ili, što je isto, ako je $v_a \geq c$, $a \varphi \rightarrow \infty$, desna strana jednadžbe 80.) jednaka je ničtici, dakle je i lijeva strana te jednadžbe jednaka ničtici, što je jedino moguće, ako je opet $t = b + \sqrt{b^2 - a^2}$ ili $v^2 = c^2$. T. j. uz povoljnu početnu bbrzinu v_a giba se tijelo sve brže ili sve polaganije, već prema tome, da li je $v_a \leq c$, dok mu brzina ne naraste ili ne spane na iznos brzine c , određen jednadžbom 85.). Teoretski u beskonačnosti, a praktički u konačnosti. I u ovom slučaju postoji dakle »kritična brzina« kao i kod švarcvaldskog profila. Ispoređi li se još formula 85.) i formula 18.) vidi se, da ta kritična brzina c nije nego početna brzina, uz koju tijelo klizi jednolično u užljebini, trasiranoj u luku kružnice.

Uz upotrebu jednadžbi 81.), 82.), 83.) i 85.) konačno sredena jednadžba 80.) glasi onda:

$$\tau \cdot \left[\frac{\tau - \frac{tga}{\mu} - \frac{c^2}{k}}{\tau - \frac{tga}{\mu} + \frac{c^2}{k}} \right] = \tau_a \cdot \left[\frac{\tau_a - \frac{tga}{\mu} - \frac{c^2}{k}}{\tau_a - \frac{tga}{\mu} + \frac{c^2}{k}} \right] \cdot e^{-2\mu\varphi \cos \alpha} \quad 86.]$$

Vrijednost τ_a određena je jednadžbom 81) za $v = v_a$. Vrijednost konstante putoklazine k određena je jednadžbom 19.), a vrijednost kritične brzine c jednadžbom 18.) ili 85.). Po formuli 86.) može se izračunati brzina tijela u povoljnoj tački putoklazine, trasirane u luku kružnice, konstantnog uzdužnog nagiba, a građene u obliku užljebine, u slučaju $tga < \mu$, t. j. dok je kritična brzina $c > 0$.

U slučaju, kada je koeficijent trenja veći od uzdužnog nagiba ($tga < \mu$), bit će vrijednost eksponenta $\frac{tga}{\sqrt{tg^2\alpha - \mu^2}}$ u jednadžbi 80.), a onda i vrijednost kritične brzine, imagina. Kritična brzina ne postoji, a brzina u povoljnoj tački putoklazine ne može se računati po formuli 86.). Da se pak može izračunati i u ovom slučaju, potrebno je obnoviti račun, počevši sa jednadžbom 77c.). — Uz supstituciju $a^2 = b^2 + h^2$ ova jednadžba poprima oblik:

$$\frac{k(t^2 + b^2 + h^2) dt}{t[(t-b)^2 + h^2]} = -2\mu gr d\varphi,$$

a uz daljnju supstituciju: $t = x + b$, oblik:

$$k \cdot \frac{x^2 + 2b(x+b) + h^2}{(x+b)(x^2 + h^2)} dx = -2\mu gr d\varphi.$$

Općenito rješenje ove diferencijalne jednadžbe glasi:

$$(x+b) \cdot e^{\frac{2b}{h} \operatorname{arctg} \frac{x}{h}} = C \cdot e^{-2\mu\varphi \cos\alpha}$$

ili, ako se izmijene supstituirane vrijednosti:

$$t \cdot e^{\frac{2b}{\sqrt{a^2 - b^2}} \operatorname{arctg} \frac{t-b}{\sqrt{a^2 - b^2}}} = C \cdot e^{-2\mu\varphi \cos\alpha} \quad 87.]$$

Vrijednost integracione konstante izlazi, za $\varphi = \sigma$ i $t = t_a$:

$$C = t_a \cdot e^{\frac{2b}{\sqrt{a^2 - b^2}} \operatorname{arctg} \frac{t_a - b}{\sqrt{a^2 - b^2}}}$$

a jednadžba 87.) prelazi u oblik:

$$t \cdot \left[e^{\operatorname{arctg} \frac{t-b}{\sqrt{a^2 - b^2}}} \right]^{\frac{2b}{\sqrt{a^2 - b^2}}} = \\ = t_a \cdot \left[e^{\operatorname{arctg} \frac{t_a - b}{\sqrt{a^2 - b^2}}} \right]^{\frac{2b}{\sqrt{a^2 - b^2}}} \cdot e^{-2\mu\varphi \cos\alpha} \quad 88.]$$

Obzirom na jednadžbe 77b.) i 81.) konačno sredena ova jednadžba glasi:

$$\begin{aligned} & \tau \left[e^{\arctg \frac{\tau - \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} \right]^{\frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} = \\ & = \tau_a \left[e^{\arctg \frac{\tau_a - \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} \right]^{\frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} - 2\mu\varphi\cos\alpha \end{aligned} \quad 89.)$$

Po ovoj formuli može se izračunati brzina tijela u povoljnoj tački putoklizine, trasirane u luku kružnice, konstantnog uzdužnog nagiba, građene u obliku uzljbine, ako je $tga < \mu$, dakle kod kočne krivulje. Jer kod kočnih krivulja je uzdužan nagib manji od koeficijenta trenja.

U kočnoj krivulji može tijelo i sustati. Brzina tijela spane na ništicu u tom slučaju. Za $v=0$ bit će $\tau=1$, slijedi iz jednadžbe 81.). Jednadžba 89.) poprima u tom slučaju oblik:

$$\begin{aligned} & \left[e^{\arctg \frac{1 - \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} \right]^{\frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} = \\ & = \tau_a \left[e^{\arctg \frac{\tau_a - \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} \right]^{\frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} - 2\mu\varphi_0\cos\alpha \end{aligned} \quad 90.)$$

Iz ove jednadžbe može se dakle izračunati centrični kut φ_0 , uz koji će tijelo sustati u uzljbini, stalnog uzdužnog nagiba $tga < \mu$, trasiranoj u luku kružnice.

Treći slučaj može nastupiti, kada je $\mu = tga$, a kritična brzina $c = 0$. U tom je slučaju (isporedi 77b. i 85.):

$$b^2 - a^2 = \left(\frac{tg^2\alpha}{\mu^2} - 1\right) \cos^4\alpha = 0,$$

dakle je $a^2 = b^2$, a jednadžba 77e.) poprima oblik:

$$\frac{(t^2 + b^2) dt}{t(t-b)^2} = -\frac{2\mu gr}{k} d\varphi = -2\mu\cos\alpha d\varphi.$$

Općenito rješenje ove diferencijalne jednadžbe glasi:

$$t = C \cdot e^{\frac{2b}{t-b} - 2\mu\varphi\cos\alpha} \quad 91.);$$

Izmijene li se supstituirane vrijednosti opet (iz jednadžbi 77b. i 81.), posljednja jednadžba poprima oblik:

$$t = C \cdot e^{\frac{2}{\tau-1} - 2\mu\varphi\cos\alpha} \quad 92.);$$

Vrijednost integracione konstante izlazi za $\varphi = 0$, $\tau = \tau_a$ i $t = t_a$:

$$C = t_a \cdot e^{-\frac{2}{\tau_a-1}}$$

a jednadžba 92.) poprima konačan oblik, nakon sređenja i s. upotrebom jednadžbe 81.):

$$\tau \cdot e^{-\frac{2}{\tau-1}} = \tau_a \cdot e^{-\frac{2}{\tau_a-1}} \cdot e^{-2\mu\varphi\cos\alpha} \quad 93.);$$

Za praktičnu porabu može se ova formula pojednostavniti na slijedeći način:

Iz jednadžbe 93.) slijedi najprije:

$$\ln \frac{\tau_a}{\tau} = 2 \left[\mu\varphi\cos\alpha - \frac{\tau_a - \tau}{(\tau_a - 1)(\tau - 1)} \right] \quad 94.);$$

Stavi li se nadalje: $\tau = \tau_a - x = \tau_a \left(1 - \frac{x}{\tau_a}\right)$, 95.);

ta formula poprima oblik:

$$\ln \frac{\tau_a}{\tau_a \left(1 - \frac{x}{\tau_a}\right)} = 2 \left[\mu\varphi\cos\alpha - \frac{x}{(\tau_a - 1)(\tau_a - x - 1)} \right].$$

$\frac{x}{\tau_a}$ u pravilu je pravi slomak malen toliko, da se može redovno zanemariti prema jedinici. Ta tvrdnja nalazi potkrepu u tački 10, u kojoj su izrađeni praktički primjeri. Lijeva strana posljednje jednadžbe razlikuje se zbog toga malo od ničice. Stavi li se dakle praktički dovoljno tačno, da je lijeva strana jednaka ničtici, izlazi iz te jednadžbe i iz jednadžbe 95.):

$$\tau = \tau_a - \frac{(\tau_a - 1)^2 \mu\varphi\cos\alpha}{1 + (\tau_a - 1) \mu\varphi\cos\alpha} \quad 96.);$$

Po ovoj formuli može se izračunati brzina tijela u povoljnoj tački putoklazine, trasirane u luku kružnice, konstantnog uzdužnog nagiba, građene u obliku užljebine, ako je uzdužan nagib jednak koeficijentu trenja ($tga = \mu$). I ova krivulja koči tijelo u klizanju. No kočno njezino djelovanje nije snažno. Iako je u ovom slučaju kritična brzina $c = 0$ (isporedi jedn. 85.), ipak brzina tijela spane na tu vrijednost tek u beskonačnosti. Iz jednadžbe 94.) slijedi naime, riješi li se na φ , da se vrijednost toga kuta primiče beskonačnosti, ako se v primiče ništici ili, što je isto, τ jedinici.

Kočnu krivulju karakteriše općenito uzdužni nagib $tga \leq \mu$. I to po redu, prema sraznosni kočnog djelovanja:

$$tga = \mu, \quad tg < \mu, \quad tga = 0, \quad tga < 0.$$

Prva dva slučaja već su raspravljena. Preostaju druga dva slučaja kočne krivulje, koje treba još raspraviti.

U slučaju $tga = 0$, osovina putoklazine pokazuje luk kružnice u horizontalnoj ravnini. Jednadžba 77e.) poprima pak oblik, za $a = \cos^2 \alpha = \cos^2 0 = 1$;

$$b = \frac{\sin \alpha \cos \alpha}{\mu} = \frac{\sin 0 \cos 0}{\mu} = 0 \quad i \quad k = \frac{rg}{\cos \alpha} = \frac{rg}{\cos 0} = rg:$$

$$\frac{dt}{t} = -2\mu d\varphi, \quad 97.]$$

odakle slijedi:

$$t = e^{-2\mu\varphi} \cdot C.$$

Za $\varphi = 0$, bit će $t = t_a = e^C$. Jednadžba 97.) poprima zbog toga oblik, uzevši u obzir i jednadžbu 81.):

$$\tau = t_a \cdot e^{-2\mu\varphi}. \quad 98.]$$

Iz ove jednadžbe može se izračunati brzina tijela u povoljnoj tački putoklazine, trasirane u horizontalnom luku kružnice, građene u obliku užljebine. Računajući τ po formuli 81.) treba uzeti u obzir, da je konstanta putoklazine u ovom slučaju $k = rg$.

Tijelo će sustati u ovakvoj užljebini, kada centrični kut φ postigne vrijednost (iz 98. za $\tau = 1$):

$$\varphi_0 = \frac{\ln t_a}{2\mu}. \quad 99.]$$

Do posljednjih dviju formula može se doći neposredno i iz jednadžbi 86.) ili 89.) i 90.), ako se uvrsti u njima $tga = 0$.

Postupajući analogno u slučaju $tga < 0$, t. j. uvrstivši u formulu 89.) mjesto tga negativni takav iznos $-tga$, izlazi:

$$\tau \left[e^{\operatorname{arctg} \frac{\tau_a + \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} \right]^{\frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} = 100.)$$

$$= \tau_a \left[e^{\operatorname{arctg} \frac{\tau + \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} \right]^{\frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}} - 2\mu\varphi\cos\alpha$$

Po ovoj formuli može se izračunati brzina tijela u povoljnoj tački putoklizine, trasirane u lukú kružnice, konstantnog uzdužnog u s p o n a, građena u obliku užljebine, ako je $|tga| < \mu$.

Na jednaki način izlazi iz jednadžbe 90.):

$$2\mu\varphi_0\cos\alpha = \ln\tau_a - \frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}}$$

$$\left[\operatorname{arctg} \frac{\tau_a + \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}} - \operatorname{arctg} \frac{1 + \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}} \right] = 101.)$$

Iz ove jednadžbe može se izračunati centrični kut φ_0 , uz koji će tijelo sustati u užljebini, stalnog uzdužnog u s p o n a, trasiranoj u lukú kružnice, ako je $|tga| < \mu$.

Ako je na uzbrdici $|tga| = \mu$, izlazi iz jednadžbe 77b.) i 81.):

$$\frac{2b}{t-b} = -\frac{2}{\tau+1}$$

Jednadžba 91.) pak poprima oblik:

$$t = C \cdot e^{-\frac{2}{\tau+1}} - 2\mu\varphi\cos\alpha \quad 102.)$$

Vrijednost integracione konstante izlazi, za $\varphi = 0$, $\tau = \tau_a$ i $t = t_a$:

$$C = t_a \cdot e^{-\frac{2}{\tau_a+1}}$$

Jednadžba 102.) prelazi onda u oblik, uzevši u obzir i jednadžbu 81.)

$$\frac{2}{\tau + 1} \cdot e^{\frac{2}{\tau_a + 1}} - 2\mu\varphi\cos\alpha = \tau_a \cdot e^{\frac{2}{\tau_a + 1}} \cdot e^{-2\mu\varphi\cos\alpha} \quad 103.]$$

Po ovoj se formuli može izračunati brzina tijela u povoljnoj tački putoklizine, trasirane u luku kružnice, konstantnog uzdužnog u s p o n a $|tga| = \mu$, građene u obliku užljebine.

Za $v = 0$ ili $\tau = 1$ izlazi iz posljednje jednadžbe:

$$\varphi_0 = \frac{1}{2\mu\cos\alpha} \left[\frac{\tau_a - 1}{\tau_a + 1} - \ln\tau_a \right] \quad 104.]$$

Ova jednadžba određuje centrični kut φ_0 , uz koji će tijelo sustati u užljebini, konstantnog uzdužnog u s p o n a $|tga| = \mu$, trasiranoj u luku kružnice. U takovoj užljebini klizi tijelo uopće samo u slučaju, ako njegova početna brzina v_a zadovoljava nejednadžbu:

$$\frac{\tau_a - 1}{\tau_a + 1} > \ln\tau_a \quad 105.]$$

Konačno, ako je na uzbrdici $|tga| > \mu$, izlazi iz jednadžbe 86.) za negativnu vrijednost tga :

$$\tau \left[\frac{\tau + \frac{tga}{\mu} + \frac{c^2}{k}}{\tau + \frac{tga}{\mu} - \frac{c^2}{k}} \right]^{\frac{tga}{\mu} \cdot \frac{k}{c^2}} = \tau_a \cdot \left[\frac{\tau_a + \frac{tga}{\mu} + \frac{c^2}{k}}{\tau_a + \frac{tga}{\mu} - \frac{c^2}{k}} \right]^{\frac{tga}{\mu} \cdot \frac{k}{c^2}} - 2\mu\varphi\cos\alpha \quad 106.]$$

Iz ove jednadžbe može se izračunati brzina tijela u povoljnoj tački putoklizine, trasirane u luku kružnice, konstantnog uzdužnog u s p o n a $|tga| > \mu$, građene u obliku užljebine.

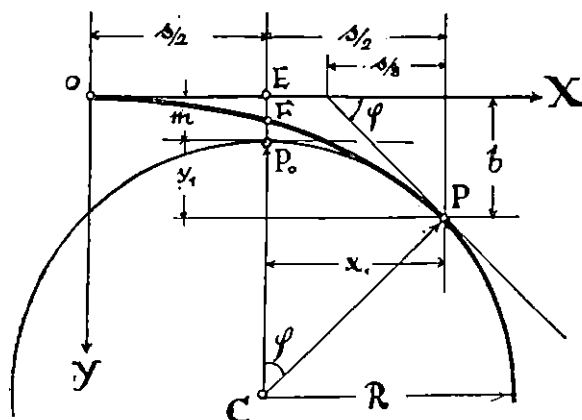
Za $v = 0$ ili $\tau = 1$, bit će:

$$2\mu\varphi_0\cos\alpha = \ln\tau_a + \frac{tga}{\mu} \cdot \frac{k}{c^2} \ln \frac{(\tau_a + \frac{tga}{\mu} + \frac{c^2}{k})(1 + \frac{tga}{\mu} - \frac{c^2}{k})}{(\tau_a + \frac{tga}{\mu} - \frac{c^2}{k})(1 + \frac{tga}{\mu} + \frac{c^2}{k})} \quad 107.]$$

Posljednja jednadžba određuje centrični kut φ_0 , uz koji će tijelo sustati u ovakovoj putoklizini.

9. O prelaznoj krivulji. Neposredni prijelaz iz pravca u kružnicu nemože se općenito upotrijebiti kod putoklizine, nego

je potrebno ublažiti ga s pomoću prelazne krivulje. I to zbog dva razloga. Jedan je razlog podloga, koja imade drugačiji oblik u pravcu, a drugačiji u krivulji. U prelaznoj krivulji pruža se zgoda, da se podloga postepeno preobrazi iz jednog oblika u drugi. Prelazna krivulja potrebna je dakle zbog građevno-konstruktivnih razloga. Drugi je razlog drvo, koje se otprema putoklizinom. U pravcu klizi teško tijelo redovno u osovini putoklizine, a u krivulji izvan osovine, uz vanjski rub putoklizine. Na početku kružnice zauzima tijelo posvema određeno mjesto: sa poprečnim nagibom, koji odgovara njegovoj brzini, u užljebini, a uz braniče na švarcvaldskom profilu. U prelaznoj krivulji pruža se zgoda, da tijelo postojano promijeni položaj. Prelazna krivulja je potrebna dakle i za pravilno klizanje tijela.



Slika 10.

Njezina jednadžba izvodi se obično iz uvjeta:

$$r = \frac{R \cdot s}{x} \quad 108.]$$

r označuje polumjer krivosti prelazne krivulje u horizontalnoj projekciji, a R priključene kružnice. Dužina čitave prelazne krivulje je $s = OP$, a x je apscisa povoljne tačke na njoj (slika 10). To je krivulja vrlo blage krivosti tako, da se redovno izjednačuje dužina apscise sa dužinom luka. Na taj način pada polumjer krivosti linearno od $r = \infty$ za $x = 0$, do $r = R$, za $x = s$. Iz snošaja:

$$y'' = \frac{1}{r} = \frac{x}{Rs}$$

izvodi se dalje integracijom vrijednost kuta φ u povoljnoj tački prelazne krivulje:

$$tg\varphi = y' = \frac{x^2}{2Rs}, \quad 109.]$$

i konačno jednadžba prelazne krivulje:

$$y = \frac{x^3}{6Rs} = \frac{x^3}{6C}, \text{ ako je } C = Rs. \quad 110.]$$

Integracione konstante otpadaju, jer je $tg\varphi$ i y jednak ničtici, za $x = 0$.

Ordinata b završne tačke prelazne krivulje, a početne tačke kružnice mjeri (iz 110, za $x = b$)

$$b = \frac{s^2}{6R}, \quad 111.]$$

a kut priklona tangente prema osovini X u istoj tački (iz 109.):

$$tg\varphi = \frac{s}{2R} = b : \frac{s}{3}. \quad 112.]$$

Tangenta siječe dakle apscisu te tačke u najbližoj trećini. Nadalje se razabire iz slike (i iz 112), da je:

$$x_1 = R \sin\varphi \approx R tg\varphi = \frac{s}{2}.$$

Početak luka kružnice P_0 , iskolčene bez prelazne krivulje, raspolavlja dakle dužinu prelazne krivulje. Ako je još:

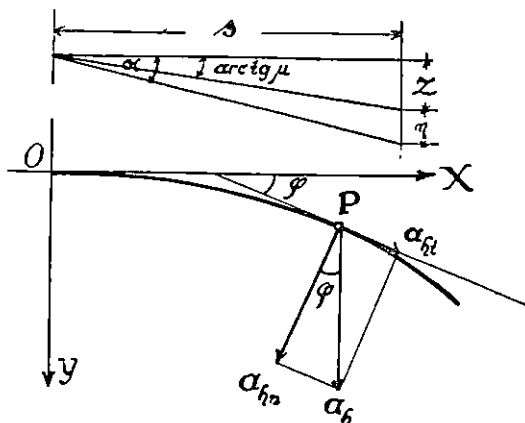
$$y_1 = R(1 - \cos\varphi) \approx R \frac{1}{2} \sin^2\varphi \approx R \frac{1}{2} tg^2\varphi = \frac{s^2}{8R},$$

onda je:

$$m = b - y_1 = \frac{b}{4}; \quad EF = \frac{b}{8} = \frac{m}{2} \quad 113.]$$

Prigodom iskolčenja prelazne krivulje treba primaknuti kružnicu od tangente prema središtu za iznos m , ili odmaknuti tangentu od središta kruga za isti iznos. Prvo je jednostavnije zato i običnije.

Ovaj običajan analitički izvod upopunjuje se ovdje još i mehaničkim izvodom na slijedeći način (slika 11.):



Slika 11.

Promatra li se tijelo, koje imade na početku krivulje (O) brzinu v_{oh} u smjeru osovine X, a djeluje na nj istodobno stalno sila $S = mc^2x$, paralelna sa pozitivnim smjerom osovine y, za cijelo vrijeme gibanja, komponente su akceleracije, brzine i puta u smjeru osovine X :

$$\ddot{x} = 0, \dot{x} = v_{xh} = v_{oh} \text{ i } x = v_{oh} \cdot t,$$

a u smjeru osovine Y :

$$\ddot{y} = c^2x = c^2v_{oh} t$$

$$\dot{y} = v_{yh} = c^2v_{oh} \cdot \frac{t^2}{2} = \frac{c^2x^2}{2v_{oh}}$$

$$y = c^2v_{oh} \frac{t^3}{6} = \frac{x^3}{6 \left(\frac{v_{oh}}{c}\right)^2} = \frac{x^3}{6C}.$$

Posljednja jednadžba predočuje prelaznu krivulju istog oblika kao i jednadžba 110.) ako se konstanti C daje značenje:

$$C = R_S = \left(\frac{v_{oh}}{c}\right)^2$$

dakle konstanti c značenje:

$$c^2 = \frac{v_{oh}^2}{R_S} = \frac{v_{oh}^2}{C} \quad \dots 114.]$$

Nadalje je obzirom na jednadžbe 109.) i 110.):

$$v_{yh} = \frac{c^2 x^2}{2v_{oh}} = v_{oh} \cdot \frac{x^2}{2C} = v_{oh} \cdot tg\varphi,$$

a brzina u povoljnoj tački prelazne krivulje:

$$v_h = \sqrt{v_{xh}^2 + v_{yh}^2} = v_{oh} \sqrt{1 + tg^2\varphi} = \frac{v_{oh}}{\cos\varphi}.$$

Na kraju prelazne krivulje je (za $x = s$):

$$tg\varphi = \frac{s}{2R}; \quad v_{ah} = v_{oh} \sqrt{1 + \left(\frac{s}{2R}\right)^2}.$$

Primijenivši ovo na putoklizinu, konstantnog uzdužnog nagiba α , izlazi iz snošaja $v = v_h \cos\alpha$ jednadžba brzine na povoljnom mjestu prelazne krivulje:

$$v = v_0 \sqrt{1 + \frac{x^2}{4R^2}}. \quad 115.]$$

a na kraju s dugačke prelazne krivulje:

$$v_a = v_0 \sqrt{1 + \frac{s^2}{4R^2}} \quad 115a.]$$

Drugi član ispod korijena toliko je malen prema jedinici, da se može staviti:

$$v_a = v_0 \left(1 + \frac{s^2}{8R^2}\right), \quad 115b.]$$

ili, izostavivši ga u najviše slučaje, izjednačiti v_a brzinom na kraju prelazne krivulje, sa v_0 , brzinom na njezinom početku.

Poprečan nagib treba da mjeri na povoljnom mjestu putoklazine u prelaznoj krivulji, uzevši u obzir jednadžbe 40.), 108.) i 115.):

$$tg\beta = \frac{v_0^2}{gR} \sqrt{1 + \frac{x^2}{4R^2}}. \quad 116.]$$

a na kraju te krivulje, dovoljno tačno:

$$tg\beta_a = \frac{v_0^2}{gR} \left(1 + \frac{s^2}{8R^2}\right). \quad 116a.]$$

U najviše slučajeva može se izostaviti drugi član ispod korijena u jednadžbi 116.) i drugi član u zagradi jednadžbe 116a.)

Akceleracija a_h stalno je paralelna sa osovinom Y (slika 11.). Stoji dakle stalno snošaj između tangencijalne i normalne komponente te akceleracije: $a_{ht} = a_{hn} \cdot \operatorname{tg} \varphi$, ili obzirom na jednadžbu 43.)

$$g \left(1 - \frac{\mu}{\nu} \right) \sin \alpha \cos \alpha = a_{hn} \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

te mora vrijediti za svaku tačku prelazne krivulje, dakle i za tačku $x=0$. $\operatorname{tg} \varphi = 0$. To je pak jedino moguće, ako je $1 - \mu/\nu = 0$, ili (iz jednadžbe 9):

$$\mu = \nu = \frac{\operatorname{tga}}{\sqrt{1 + \cos^2 \alpha \operatorname{tg}^2 \beta}}.$$

U istoj je ali tački $\operatorname{tg} \beta = 0$ (iz jednadžbe 116 za $r = \infty$), dakle je $\mu = \operatorname{tga}$. Odatle slijedi:

Teško tijelo opisuje prelaznu krivulju, ako mu brzina imade smjer tangente na početku te krivulje, a klizi na podlozi stalnog uzdužnog nagiba $\operatorname{tga} = \mu$ i promjenljivog poprečnog nagiba $\operatorname{tg} \beta$ prema formuli 116.

Uistinu je ali nagib putoklazine redovno različit od koeficijenta trenja u prelaznoj krivulji zbog drugih razloga. Ako je dakle putoklazina osnovana sa nagibom tga , a treba da imade nagib μ , u prelaznoj krivulji postoje onda ovi snošaji (slika 11):

$$\begin{aligned} z + \eta &= s \operatorname{tga} \quad ; \quad z = \mu s \\ \eta &= s (\operatorname{tga} - \mu) \quad \text{ili} \quad s = \frac{\eta}{\operatorname{tga} - \mu} \end{aligned} \quad 117.]$$

U ovoj formuli označuje η visinu tijela nad osovinom putoklazine na kraju prelazne krivulje ili na početku kružnice. Konstruira li se poprečan profil putoklazine na način opisan u tački 4.), ta visina može se odrediti iz formula 30.) ili 36.), a onda i dužina prelazne krivulje s iz posljednje formule.

Praktički će se ipak odrediti dužina prelazne krivulje na način, koji se predlaže poslije, a, računajući promjenu brzine tijela, priključiti prvu polovicu dužine prelazne krivulje OF pravcu, drugu polovicu FP kružnici. I to zbog ovih razloga. Putoklazina treba da radi u određenom intervalu vrijednosti koeficijenta trenja. Udesi li se dužina prelazne krivulje prema jednoj vrijednosti u tom intervalu, tako određena dužina ne odgovara drugoj kojoj vrijednosti koeficijenta trenja u istom intervalu. Promjena brzine tijela nije velika, ako se nagib prelazne krivulje ne razlikuje mnogo od koeficijenta trenja. Razlikuje li se pak mnogo, oblik prelazne krivulje ot-

stupa malo od pravca u prvoj polovici, a ne mnogo od kružnice u drugoj polovici. U koliko je krivost prevelika prema pravcu u prvoj polovici, u toliko je premalena prema kružnici u drugoj polovici. Učinjene računске griješke paralizuju se na taj način, ako je prelazna krivulja relativno kratka. Dugačku prelaznu krivulju, a kratku kružnicu treba napustiti uopće. Mnogo bolje poslužit će u tom slučaju druga koja čunjosječica, sličnog oblika, praktički i računski. No o tome poslije. Poprečan profil, izrađen u obliku užljebine, ne razlikuje se mnogo u pravcu i u krivulji. Njegove su dimenzije nešto povećane u krivulji. Dno je prošireno i provideno sa nagibom, a povišene stijene zaobljene su nešto strmije. Prijelaz iz jednog oblika u drugi izvodi se jednolično i postepeno. Teško tijelo nalazi brzini odgovarajući nagib na svakom mjestu, klizeći u užljebini ovakovog oblika, te opisuje postojanu krivulju, koja odgoara početnoj brzini i koeficijentu trenja najbolje, a razlikuje se od prelazne krivulje osovine putoklizine najmanje.

Kod švarcvaldskog profila stoji ta stvar drugačije. Na putoklizinni takovog oblika, klizi tijelo u jednom dijelu prelazne krivulje samo na podlozi, a u drugom dijelu prislanja se i na braniče. U prvom slučaju djeluje trenje samo između podloge i tijela, a u drugom slučaju još i trenje između stijene braniča i tijela. Granica gdje je, ne zna se tačno. Zависи o brzini i o obliku tijela. Zbog toga je tačan račun iluzoran, a postupiti će se najsigurnije i u ovom slučaju, da se jedna polovica prelazne krivulje priključi tangenti, a druga kružnici, kao i kod užljebine, računajući promjenu brzine tijela, ako prelazna krivulja nije dugačka. U protivnom slučaju treba upotrijebiti drugu koju čunjosječicu.

U uvodu bilo je već spomenuto, da prelazna krivulja može izostati, ako je polumjer kružnice veći od 300 m. u nuždi veći od 200 m. Ako se još kaže, da je minimalna vrijednost polumjera cca 30 m., koja se još može upotrijebiti uz vanredno povoljne prilike (kratko drvo, malena brzina, povoljno tlo itd.), onda prelazna krivulja dolazi u obzir kod kružnica polumjera od 30 do 300 m. Najzgodnija dužina polumjera krivosti iznosi 80 do 100 m, ispod koje ne treba ići, želi li se otpremati dugo drvo. Dužina pak prelazne krivulje neka ne budu manje od 20 do 30 m. Na temelju ovih empiričkih podataka može se odrediti konstanta prelazne krivulje C približno na ovaj način: Njezina veličina závisi o dužini krivulje i o polumjeru kružnice, dakle o brzini i dužini drveta koje klizi. Posljednje dvoje može se izlučiti, jer je brzina i dužina drveta uzeta već u obzir kod izbora polumjera krivosti, ako se određuje njegova veličina prema tački 6.). Preostaje samo dužina prelazne krivulje, s kojom stoji polumjer kružnice u

obratnom omjeru. Uz kružnicu malog polumjera potrebna je duga prelazna krivulja i obrnuto. Stavi li se dakle

$$C = R_s = 3000 .$$

dužina prelazne krivulje iznosi za rečene vrijednosti polumjera u metrima:

Skrižaljka 1.

R^m	s^m	R^m	s^m	R^m	s^m	R^m	s^m
30	100	90	33	150	20	210	14
40	75	100	30	160	19	230	13
50	60	110	27	170	18	250	12
60	50	120	25	180	17	270	11
70	43	130	23	190	16	280	10
80	38	140	21	200	15	300	10

Najprije se vidi iz ove skrižaljke, da se izračunata dužina prelazne krivulje s pokriva sa empiričkom takovom dužinom za srednje i veće vrijednosti polumjera R . Zatim se vidi, da ta dužina raste iz početka polako, zatim brzo i sve brže, dok polumjer pada jednolično. Konačno izlazi dužina prelazne krivulje predugačka, za najmanje vrijednosti polumjera. Ne izlazi to samo iz ove skrižaljke, nego to leži i u naravi prelazne krivulje, jer je blage krivosti. Krivulja, složena od kružnice malog polumjera i prelazne krivulje, ispada glomazna, a skopčana je i ne samo sa računskim poteškoćama, nego i sa građevno-konstruktivnim neprilikama. Namjesto ovako složene glomazne krivulje, bolje će poslužiti druga koja kraća čunjosečica, o kojima se govori u drugom dijelu, a imade prednost pred kružnicom, jer se može prilagoditi terenskim prilikama prema potrebi i jer joj je polumjer krivosti promjenljiv, slično kao kod prelazne krivulje, a minimalnu vrijednost poprima samo u jednoj tački. Računski je pak jednostavna krivulja preglednija od složene.

S ovom tačkom završena je obradba suvislog jednog dijela preduzete grade, pa neće biti na odmet razjasniti i popuniti dosada rečeno sa konkretnim primjerima, na prelazu u drugi dio.

10. Primjeri. 1. primjer. Putoklizina izvedena je u obliku užljebine. Pred krivuljom trasirana je putoklizina u

pravcu d m. dugačkom u horizontalnoj projekciji, nagiba $tg\alpha = 0'20$. Koeficijent trenja kreće se u granicama: $0'10 \leq \mu \leq 0'20$. Na kraju pravca mjeri brzina tijela, ako s označuje dužinu pravca uistinu, po poznatoj formuli:

$$v_a^2 = v_0^2 + 2gs(\sin\alpha - \mu\cos\alpha).$$

Zanemarili se početna brzina tijela v_0 na gornjem kraju, brzina na donjnjem kraju pravca može se izraziti i sa formulom koja slijedi iz posljednje:

$$\frac{v_a^2}{g} = 2d(tg\alpha - \mu), \quad 118.]$$

a daje ujedno i brzinu tijela na početku krivulje. Ova je izvedena u obliku kružnice polumjera $r = 200$ m i istog uzdužnog nagiba $tg\alpha = 0'20$. Konstanta putoklizine iznosi (vidi jednadžbu 19.):

$$k = rg\sqrt{1 + tg^2\alpha} = 200 \cdot 9,81 \cdot \sqrt{1 + 0'2^2} \approx 2000.$$

Kritična brzina računa se po formuli 85), koja poprima oblik u ovom specijalnom slučaju:

$$\frac{c^2}{k} = \sqrt{\left(\frac{0'20}{\mu}\right)^2 - 1}.$$

Centrični kut luka kružnice neka iznosi $\varphi = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$. Dužina osovine putoklizine u krivulji mjeri $\frac{1}{2}r\pi = \frac{1}{2} \cdot 200 \cdot \pi = 314,16$ m. Treba odrediti brzinu tijela na kraju krivulje v_b , ako iznosi dužina pravca jedanputa $d = 100$ m., a drugi puta $d = 400$ m. i ako se kreće koeficijent trenja μ u već označenim granicama za vrijeme rada putoklizine.

Vrijednosti početne i kritične brzine sabrane su u skrižaljci 2, za zadani interval koeficijenta trenja, a iskazani su u njoj i ostali podaci, potrebni za daljnji račun.

Diferencija između kritične brzine c i početne brzine v_a prilično je velika u ovom slučaju. Kritična brzina raste sa polumjerom. U pravcu ($r = \infty$) je beskonačno velika. Uz velik polumjer ponaša se tijelo u krivulji gotovo kao u pravcu. Uz isti polumjer kritična brzina je to veća, što je veća diferencija između nagiba i koeficijenta trenja. Za $\mu \rightarrow 0$, vrijednost kritične brzine primiče se beskonačnosti opet. I to stim brže, čim je veći polumjer. Ako je dakle diferencija između nagiba i koeficijenta trenja vrlo velika, tijelo se ponaša u krivulji gotovo kao u pravcu. T. j. uz veliki polumjer, a maleni koeficijent trenja prema nagibu, brzina tijela mijenja se u krivulji slično kao u pravcu.

Skrizaljka 2.

μ	$\text{tg } \alpha - \mu$	d = 100 m		d = 400 m		$\frac{\text{tga}}{\mu}$	$\left(\frac{\text{tga}}{\mu}\right)^2$	$\frac{c^2}{k}$	c ²	c
		$\frac{v_a^2}{g}$	v_a m/sec	$\frac{v_a^2}{g}$	v_a m/sec					
0,20	—	—	—	—	—	1,0	1,0	—	—	—
0,19	0,01	2,0	4,4	8	8,9	1,0526	1,108	0,329	658	25,7
0,18	0,02	4,0	6,3	16	12,5	1,1111	1,235	0,484	968	31,1
0,17	0,03	6,0	7,7	24	15,3	1,1765	1,384	0,620	1240	35,2
0,16	0,04	8,0	8,9	32	17,7	1,2500	1,563	0,750	1500	38,7
0,15	0,05	10,0	9,9	40	19,8	1,3333	1,778	0,882	1764	42,0
0,14	0,06	12,0	10,8	48	21,7	1,4286	2,041	1,020	2040	45,2
0,13	0,07	14,0	11,7	56	23,4	1,5385	2,367	1,169	2338	48,4
0,12	0,08	16,0	12,5	64	25,1	1,6667	2,778	1,333	2666	51,6
0,11	0,09	18,0	13,3	72	26,6	1,8182	3,306	1,518	3036	55,1
0,10	0,10	20,0	14,0	80	28,0	2,0	4,0	1,732	3464	58,9

Prelazi se na račun brzine v_b na kraju luka.

Za $\mu = 0,19$, $v_a = 4,4$ m/sec izlazi:

$$\frac{v_a^2}{k} = 0,01; \quad \tau_a = 0,01 + \sqrt{1 + 0,01^2} = 1,01 \text{ (iz jedn. 81);}$$

$$\frac{\text{tga}}{\mu} \cdot \frac{k}{c^2} = \frac{1,053}{0,329} = 3,2; \quad 2\mu\varphi\cos\alpha = 2 \cdot 0,19 \frac{\pi}{2} \frac{1}{\sqrt{1 + 0,2^2}} = 0,585.$$

Jednadžba 86.) poprima oblik:

$$\tau \left[\frac{\tau - 1,053 - 0,329}{\tau - 1,053 + 0,329} \right]^{3,2} = \tau_a \cdot \left[\frac{1,010 - 1,053 - 0,329}{1,010 - 1,053 + 0,329} \right]^{3,2} - 0,585$$

$$\left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^{3,2} \cdot \frac{1,382 - \tau}{\tau - 0,724} = 1,038$$

U nastavku stavlja se: $\tau = \tau_a + x = \tau_a \left(1 + \frac{x}{\tau_a}\right)$, zbog olakšanja računa. Uz ovu supstituciju, a uvrstivši vrijednost za τ_a , posljednja jednadžba poprima oblik:

$$\left(1 + \frac{x}{1,01}\right)^{\frac{1}{3,2}} \cdot \frac{0,372 - x}{0,286 + x} = 1,083.$$

x/τ_a redovno je pravi slomak, toliko malen prema jedinici, da se mogu upotrijebiti samo prva dva člana binomskog stavka, računajući vrijednost prvog faktora lijeve strane ove jednačbe; i to u pravilu uvijek, upotrebljavajući formulu 86.), bez uštrba na praktičnu tačnost računa. Bit će dakle:

$$\left(1 + \frac{1}{3,2} \cdot \frac{x}{1,01}\right) \cdot \frac{0,372 - x}{0,286 + x} = 1,038.$$

Iz ove jednačbe izlazi $x = 0,031$. Nadalje je $\tau = 1,041$, a brzina v_b na kraju luka:

$$\frac{v_b^2}{k} = \frac{\tau^2 - 1}{2\tau} = \frac{1,041^2 - 1}{2 \cdot 1,041} = 0,040; \quad v_b^2 = 80; \quad v_b = 8,9 \text{ m/sec.}$$

Posljednja jednačba izvedena je iz jednačbe 81.). Omjer između završne i početne brzine iznosi:

$$\kappa = \frac{v_b}{v_a} = \frac{8,9}{4,4} = 2,02.$$

Ponovi li se račun na posve jednaki način za $\mu = 0,10$, $v_a = 14,0$ m/sec, izlazi brzina na kraju luka za taj slučaj $v_b = 28,0$ m/sec, a omjer između brzine na kraju i na početku luka:

$$\kappa = \frac{v_b}{v_a} = \frac{28,0}{14,0} = 2,0.$$

Za granične vrijednosti zadanog intervala koeficijenta trenja brzina se je gotovo tačno podvostručila na kraju luka. Pokuša li se računati brzina na kraju luka još za koju vrijednost koeficijenta trenja, unutar zadanog intervala, utvrdit će se, da je opet dva puta veća od početne brzine. Nalazi li se dakle pred krivuljom $d = 100$ m dugačak pravac, brzina na kraju luka dvaputa je veća od brzine na početku luka za sve vrijednosti koeficijenta trenja u zadanom intervalu. Omjer između jedne i druge brzine praktički je konstantan i iznosi $\kappa = 2$.

Mjeri li dužina pravca pred krivuljom $d = 400$ m, iznosi brzina na kraju luka 11,8 m/sec i 36,4 m/sec za granične vrijednosti koeficijenta trenja 0,19 i 0,10. Omjer između završne i početne brzine mjeri $\kappa = 1,33$ za $\mu = 0,19$, a $\kappa = 1,30$ za $\mu = 0,10$. Obnovi li se račun još za koju vrijednost koeficijenta trenja, unutar zadanog intervala, na pr. za $\mu = 0,18$ izlazi, računajući posve jednako kao prije, $v_b = 16,5$ m/sec, $\kappa = 1,32$. I u ovom slučaju mijenja se omjer κ sa koeficijentom trenja

neznatno, no ipak više nego u prvom slučaju. Na temelju ovog računa sastavljena je skrižaljka 3.

Skrižaljka 3.

μ	$d = 100 \text{ m}$				$d = 400 \text{ m}$				c
	v_a	v_b	κ	l	v_a	v_b	κ	l	
0,19	4,4	8,9	2,02	31	8,9	11,8	1,33	26	25,7
0,18	6,3	12,7	2,02	25	12,5	16,5	1,32	19	31,1
0,17	7,7	15,5	2,01	20	15,3	20,2	1,32	15	35,2
0,16	8,9	17,9	2,01	17	17,7	23,2	1,31	13	28,7
0,15	9,9	19,9	2,01	15	19,8	25,9	1,31	12	42,0
0,14	10,8	21,6	2,00	14	21,7	28,4	1,31	11	45,2
0,13	11,7	23,4	2,00	13	23,4	30,4	1,30	10	48,4
0,12	12,5	25,0	2,00	12	25,1	32,6	1,30	9	51,6
0,11	13,3	26,6	2,00	11	26,6	34,6	1,30	9	55,1
0,10	14,0	28,0	2,00	11	28,0	36,4	1,30	8	58,9

U skrižaljku su unešene najprije početne brzine v_a u zadanom intervalu koeficijenta trenja za $d = 100 \text{ m}$ i za $d = 400 \text{ m}$ zasebno. Zatim su unešene izračunate konačne brzine v_b i pripadajući omjer κ za granične vrijednosti koeficijenta trenja. Ostale vrijednosti omjera κ interpolirane su potom gotovo linearno u zadanom intervalu. Konačno su izračunate završne brzine iz snošaja $v_b = \kappa \cdot v_a$ za sve ostale vrijednosti koeficijenta trenja. U posljednjem stupcu iskazana je kritična brzina. Već se ovdje upozoruje, da je omjer κ stimo manje promjenljiv kod iste putoklizine, čim je razmak između početne i kritične brzine veći. Kod putoklizine većeg takovog razmaka dovoljno je zbog toga izračunati κ samo za jednu vrijednost koeficijenta trenja μ . Tako pronađeni omjer κ može se smatrati praktički konstantan i s pomoću njega izračunati konačnu brzinu za sve ostale vrijednosti koeficijenta trenja. U ovom primjeru bila bi dakle konstanta brzine putoklizine $\kappa = 2$, za $d = 100 \text{ m}$, a $\kappa = 1,3$, za $d = 400 \text{ m}$. Ta činjenica mnogo olakočuje račun, jer je praktički dovoljno upotrijebiti jednadžbu 86.) samo jedanputa kod takove putoklizine.

Dužina drveta l , koji će se otpremati putoklizinom zavisi o polumjeru i o brzini. Na putoklizinu, izvedenoj u obliku užljebine, najveća je brzina na kraju luka, ako je kritična brzina veća od početne, kao u ovom slučaju. Računajući dakle du-

žinu drveta treba uvrstiti vrijednost v_b za v u formuli 48a. Na ovaj način izračunate su također vrijednosti iskazane u stupcima 1 skrižaljke 3. Iz te tablice se pak razabire, da treba udesiti otpremu drveta razne dužine u razno doba, već prema vrijednosti koeficijenta trenja. Želi li se otpremati drvo izkazane najveće dužine $l=31$ m, širina putoklizine treba da iznosi 2,0 m (usporedi tačku 6).

Obzirom na dužinu drveta, sposobnost rada putoklizine, izvedene u obliku užljebine, malena je u krivulji. U ovom primjeru odabrani polumjer od 200 m prilično je velik. A ipak se može otpremati preko 20 m dugačko drvo samo za $\mu=0,17-0,19$, ako je $d=100$ m, a samo za $\mu=0,18-0,19$, ako je $d=400$ m. U najvećem dijelu intervala vrijednosti koeficijenta trenja može se otpremati razmjerno tek kratko drvo. Putoklizina se pak gradi za otpremu dugog drveta u prvome redu. Može se to postići doduše i onda, kada se izvodi u obliku užljebine u krivulji, ali samo uz vrlo povoljne prilike i malu početnu brzinu a veliki polumjer. U protivnom slučaju bolje je upotrijebiti švarcvaldski profil na putoklizini u krivulji i onda, kada je u svom ostalom dijelu izgrađena u obliku užljebine.

2. primjer. Kočno djelovanje užljebine u krivulji je veliko. Neka iznosi centrični kut luka kružnice opet $\varphi = \frac{\pi}{2}$, polumjer neka je sada $r=100$ m, a uzdužni nagib $tg\alpha=0,15$. Konstanta putoklizine mjeri onda (jednadžba 19.):

$$k = 100,9,81 \sqrt{1 + 0,15^2} = 992.$$

Za daljnji račun potrebni podaci sabrani su u skrižaljci 4, u kojoj su iskazane i vrijednosti početne brzine u zadanom intervalu koeficijenta trenja $0,10 \leq \mu \leq 0,19$.

Kritična brzina c postoji samo za vrijednosti koeficijenta trenja $\mu < tg\alpha = 0,15$, a izračunata je po formuli 85.). Za vrijednosti koeficijenta trenja $\mu \geq tg\alpha = 0,15$ djeluje ova krivulja kao kočnica. Zbog toga je potrebno ispitati brzinu tijela na kraju luka za više vrijednosti koeficijenta trenja u zadanom intervalu, svaku napose.

$$a.) \mu = 0,15; c = 0; v_a = 24,3 \text{ m/sec}; tg\alpha = \mu.$$

$$\text{Po formuli 81.): } \tau_a = 0,595 + \sqrt{1 + 0,595^2} = 1,759.$$

$$\text{Nadalje je } \mu\varphi\cos\alpha = 0,15 \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 0,15^2}} = 0,233; \text{ a}$$

jednadžba 96.), koja dolazi ovdje u obzir, poprima oblik:

$$\tau = 1,759 - \frac{(1,759 - 1)^2 \cdot 0,233}{1 + (1,759 - 1) \cdot 0,233} = 1,759 - 0,114 = 1,645.$$

Iz kvadrirane sredene jednadžbe 81.) slijedi onda:

$$\frac{v_b^2}{k} = \frac{\tau^2 - 1}{2\tau} = \frac{1,645^2 - 1}{2 \cdot 1,645} = 0,519; v_b^2 = 514,8; v_b = 22,7 \text{ m/sec}$$

Skrižaljka 4.

μ	$\text{tg} \alpha$	$\frac{\text{tg} \alpha}{\mu}$	$\left(\frac{\text{tg} \alpha}{\mu}\right)^2$	$1 - \left(\frac{\text{tg} \alpha}{\mu}\right)^2$	$\sqrt{1 - \left(\frac{\text{tg} \alpha}{\mu}\right)^2}$	$k = 992$				
				$\left(\frac{\text{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1$	c^2/k	c^2	c	v_a	v_a^2	v_a^2/k
0,19	0,15	0,7895	0,623	0,377	0,614	—	—	10,8	116,6	0,118
0,18		0,8333	0,694	0,306	0,553	—	—	15,3	234,1	0,236
0,17		0,8624	0,779	0,221	0,471	—	—	18,8	353,4	0,356
0,16		0,9375	0,879	0,121	0,348	—	—	21,7	470,9	0,475
0,15		1,0000	1,000	—	—	—	—	24,3	590,5	0,595
0,14		1,0714	1,148	0,148	0,385	381,9	19,5	26,6	707,6	0,713
0,13		1,1538	1,331	0,331	0,576	571,4	23,9	28,7	823,7	0,830
0,12		1,2500	1,563	0,563	0,750	744,0	27,3	30,7	942,5	0,950
0,11		1,3636	1,859	0,859	0,927	919,6	30,3	32,5	1056,3	1,065
0,10		1,5000	2,250	1,250	1,118	1109,0	33,3	34,3	1176,5	1,186

Omjer između konačne i početne brzine mjeri:

$$\kappa = \frac{22,7}{24,3} = 0,934$$

b.) $\mu = 0,16$; $v_a = 21,7 \text{ m/sec}$; $\text{tg} \alpha < \mu$.

$$\tau_a = 0,475 + \sqrt{1 + 0,475^2} = 1,582.$$

$$2\mu\varphi\cos\alpha = 2 \cdot 0,16 \cdot \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + 0,15^2}} = 0,497.$$

U ovom slučaju dolazi u obzir pednadžba 89.). S pomoću skrižaljke 4 je onda:

$$\frac{\tau_a - \frac{\text{tg} \alpha}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\text{tg} \alpha}{\mu}\right)^2}} = \frac{1,582 - 0,938}{0,348} = 1,851; \arctg 1,851 = 1,075;$$

$$e = 2,930. \text{ Nadalje je: } \frac{2 \frac{tga}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{tga}{\mu}\right)^2}} = \frac{2,0,938}{0,348} = 5,388.$$

Formula 89.) poprima oblik:

$$\tau \cdot \left[e^{\operatorname{artcg} \frac{\tau - 0,938}{0,348}} \right]^{5,388} = \tau_a \cdot 2,930 \cdot e^{-0,497}$$

$$\left(\frac{\tau}{\tau_a}\right)^{5,388} \cdot e^{\operatorname{artcg} \frac{\tau - 0,938}{0,348}} = 2,673.$$

Uz supstytuciju $\tau = \tau_a - x = \tau_a \left(1 - \frac{x}{\tau_a}\right)$ prelazi ova jednažba u oblik, ako se uvrsti još i brojčana vrijednost za τ_a :

$$\left(1 - \frac{x}{1,582}\right)^{5,388} \cdot e^{\operatorname{artcg} \frac{0,644 - x}{0,348}} = 2,673$$

x/τ_a je pravi slomak i to malen prema jedinici toliko, da se mogu upotrijebiti samo prva dva člana binomskog stavka, računajući vrijednost prvog faktora lijeve strane jednažbe. Taj faktor glasi onda:

$$\left(1 - \frac{x}{5,388 \cdot 1,582}\right). \text{ Drugi član u zagradi sada je još}$$

manji prema jedinici, te se može naprosto izostaviti, bez uštrba na praktičnu tačnost računa. Bit će dakle:

$$e^{\operatorname{artcg} \frac{0,644 - x}{0,348}} = 2,673$$

$$\operatorname{artcg} \frac{0,644 - x}{0,348} = \ln 2,673 = 0,983.$$

$$\frac{0,644 - x}{0,348} = \operatorname{tg} 0,983 = 1,500.$$

Iz ove pak jednažbe slijedi: $x = 0,122$. Dakle je: $\tau = \tau_a - x = 1,582 - 0,122 = 1,460$. Nadalje je iz jedn. 81.):

$$\frac{v_b^2}{k} = \frac{\tau^2 - 1}{2\tau} = \frac{1,46^2 - 1}{2,1,46} = 0,388$$

$$v_b^2 = 992 \cdot 0,388 = 384; v_b = 19,6 \text{ m/sec.}$$

Omjer između konačne i početne brzine mjeri

$$\kappa = \frac{19,6}{21,7} = 0,903$$

c.) $\mu = 0,17$; $v_a = 18,8$ m/sec.; $\operatorname{tga} < \mu$.

Računajući na posve jednaki način kao pod b.) izlazi:
 $\tau = 1,278$; $v_b = 15,7$ m/sec; $\kappa = 0,835$.

f.) $\mu = 0,18$; $v_a = 15,3$ m/sec; $\operatorname{tga} < \mu$. Postupajući isto tako: $\tau = 1,118$; $v_b = 10,5$ m/sec; $\kappa = 0,686$.

g.) $\mu = 0,19$; $v_a = 10,8$ m/sec; $\operatorname{tga} < \mu$.

Pokuša li se račun s pomoću jednadžbe 89.) izlazi $\tau < 1$. To znači, da tijelo neće proći krivulju, jer je $\tau = 1$, ako je $v_b = 0$, a $\tau > 1$, ako je $v_b > 0$. Zbog toga se računa veličina centričnog kuta, uz koji će biti $v_b = 0$ t. j. uz koji će tijelo sustati u krivulji. i to s pomoću formule 90.). U ovom je slučaju:

$$\tau_a = 0,118 + \sqrt{1 + 0,118^2} = 1,125;$$

$$2\mu\varphi\cos\alpha = \frac{2 \cdot 0,19}{\sqrt{1 + 0,15^2}} \varphi = 0,376\varphi;$$

$$\frac{\tau_a - \frac{\operatorname{tga}}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tga}}{\mu}\right)^2}} = \frac{1,125 - 0,790}{0,614} = 0,546;$$

$$\operatorname{arctg} 0,546 = 0,5; \quad e = 1,649$$

$$\frac{2 \frac{\operatorname{tga}}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tga}}{\mu}\right)^2}} = \frac{2 \cdot 0,79}{0,614} = 2,573;$$

$$\frac{1 - \frac{\operatorname{tga}}{\mu}}{\sqrt{1 - \left(\frac{\operatorname{tga}}{\mu}\right)^2}} = \frac{1 - 0,79}{0,614} = 0,342$$

$$\operatorname{arctg} 0,342 = 0,33; \quad e = 1,391.$$

Jednadžba 90.) poprima oblik:

$$1,391 \stackrel{2,573}{=} 1,125 \cdot 1,649 \cdot e^{-0,376\varphi},$$

a iz nje slijedi: $\varphi = 1,476 = 84^\circ 34'$. Centrični kut krivulje pu-

toklazine iznosi $\frac{\pi}{2}$; tijelo će sustati dakle u krivulji nedaleko pred krajem luka.

Potanki račun za preostale vrijednosti koeficijenta trenja $tga > \mu$, ne daje se ovdje jer je postupak potanko razjašnjen u prvom primjeru za taj slučaj. Iznose se ovdje tek rezultati u formi skrižaljke 5, koja daje ujedno i pregled o promjeni brzine za cijeli zadani interval vrijednosti koeficijenta trenja.

Skrižaljka 5.

μ	v_a	τ	v_b	κ	c	l
0,19	10,8	<1	—	—	—	—
0,18	15,3	1,118	10,5	0,69	—	10
0,17	18,8	1,278	15,7	0,84	—	8
0,16	21,7	1,460	19,6	0,90	—	7
0,15	24,3	1,645	22,7	0,93	—	6
0,14	26,6	1,849	25,5	0,96	19,5	6
0,13	28,7	—	27,8	0,97	23,9	5
0,12	30,7	2,257	30,1	0,98	27,3	5
0,11	32,5	—	32,2	0,99	30,3	5
0,10	34,3	2,712	34,1	0,99	33,3	4

Dok postoji kritična brzina, dakle dok je $c > 0$, omjer između završne i početne brzine ne mijenja se mnogo :
($0,96 < \kappa < 0,99$).

U ovom je primjeru razmak između početne brzine v_a i kritične brzine c malen, κ se mijenja doduše mnogo osjetljivije nego u prvom primjeru, gdje je taj razmak bio velik, nu opet ne toliko, da se nebi mogla uzeti srednja njegova vrijednost $\kappa = 0,975$ kao konstanta u račun i u ovom slučaju. To znači, da je praktički dovoljno izračunati vrijednost κ samo za jednu vrijednost koeficijenta trenja u intervalu $0,13 > \mu > 0,10$, t. j. u intervalu, u kojem je $c > 0$. U slučaju $c = 0$, $tga = \mu$, račun po formuli 96.) nije težak, ne iziskuje mnogo posla, a služi i kao kontrola za prvu izračunatu srednju vrijednost κ . Za preostale vrijednosti koeficijenta trenja $tga < \mu$, omjer između konačne i početne brzine naglo pada. U tom je intervalu kočno djelovanje krivulje snažno, a najvažniji će biti posao pronaći

vrijednost koeficijenta trenja, uz koju će sustati tijelo u krivulji (ovdje $\mu = 0,19$).

U tu svrhu služi kriterij $\tau \leq 1$; jer je za onu vrijednost μ , za koju je $\tau = 1$, brzina tijela jednaka ničtici na kraju luka. U ovom je primjeru razmjerno velika i najmanja zadana brzina. Uz manju početnu brzinu izbilo bi kočno djelovanje ove krivulje još snažnije. Krivulja nagiba $\text{tga} < \mu$ može se osnovati samo uz veliku početnu brzinu na otvorenoj pruzi. Osnovati se mogu dakle ovakove krivulje samo uz određeni oprez. No i uz sve mjere opreza kapacitet ovakove krivulje je vrlo malen obzirom na dužinu drveta, koje se otprema. Jasno to dokazuje ovaj primjer. U posljednjem vertikalnom stupcu iskazane su dužine drveta l , koje se može otpremati u razno doba, već prema vrijednosti koeficijenta trenja. Velika je početna brzina potrebna, da se svlada kočno djelovanje ovakove krivulje. Uz veliku brzinu velik je poprečan nagib β . Dužina drveta je pak s tim manja, čim je veći poprečan nagib. Ova dakle krivulja može poslužiti za otpremu tek razmjerno kratkog drveta. Bolje je zbog toga držati se već spomenutog pravila i osnovati užljebinu u krivulji na otvorenoj pruzi samotamo, gdje je početna brzina malena, a može se upotrijebiti veliki polumjer i uzdužan nagib, veći od najvećeg koeficijenta trenja, koji još dolazi u obzir. Na taj način doskočit će se kočnom djelovanju krivulje, a podignuti kapacitet putoklazine obzirom na dužinu drveta, koje se otprema.

3. primjer. Treba odrediti poprečan profil užljebine, putoklazine u krivulji drugog primjera. Najvećoj brzini od 34,3 m/sec pripada poprečan nagib, prema jednadžbi 40.)

$$\text{tg}\beta_1 = \frac{34,3^2}{9,81 \cdot 100} = 1,199.$$

Odgovarajući koeficijent nagiba iznosi po formuli 9.):

$$v_{\min} = \frac{0,15}{\sqrt{1 + \frac{1,199^2}{1 + 0,15^2}}} = 0,0967; v_{\min}^2 = 0,00935; v_{\min}^3 = 0,000904$$

Najmanjoj brzini od 10,5 m/sec pripada poprečan nagib

$$\text{tg}\beta_2 = \frac{10,5^2}{9,81 \cdot 100} = 0,113$$

i koeficijent nagiba:

$$v_{\max} = \frac{0,15}{\sqrt{1 + \frac{0,113^2}{1 + 0,15^2}}} = 0,1491; v_{\max}^2 = 0,02223; v_{\max}^3 = 0,003315$$

Nadalje je $v^3_{\max} - v^3_{\min} = 0,002411$.

Horizontalna projekcija širine puta neka mjeri $d = 0,6$ m.

Onda je:

$$\frac{d}{\cos\alpha} = 0,6 \sqrt{1 + 0,15^2} = 0,6067.$$

Koordinate poprečnog profila mjere pak po jednadžbama 36.):

$$\xi = \frac{v^3}{0,002411} \cdot 0,6; \quad \eta = \frac{(0,0225 - v^2)^{3/2}}{0,002411} \cdot 0,6067.$$

Za $v = v_{\min} = 0,0967$ izlaze kordinate tačke 1 (slika 12) sa:

$$\xi_1 = \frac{0,000904}{0,002411} \cdot 0,6 = 0,225;$$

$$\eta_1 = \frac{(0,0225 - 0,00935)^{3/2}}{0,002411} \cdot 0,6067 = 0,379$$

Za $v = v_{\max} = 0,1491$ izlaze koordinate tačke 2 sa:

$$\xi_2 = \frac{0,003315}{0,002411} \cdot 0,6 = 0,825;$$

$$\eta_2 = \frac{(0,0225 - 0,02223)^{3/2}}{0,002411} \cdot 0,6067 = 0,001.$$

Kao kontrola služi: $\xi_2 - \xi_1 = 0,825 - 0,225 = 0,6 = d$.

Visinska razlika između tačke 1 i 2 mjeri:

$$\eta_1 - \eta_2 = 0,379 - 0,001 = 0,378 \text{ m.}$$

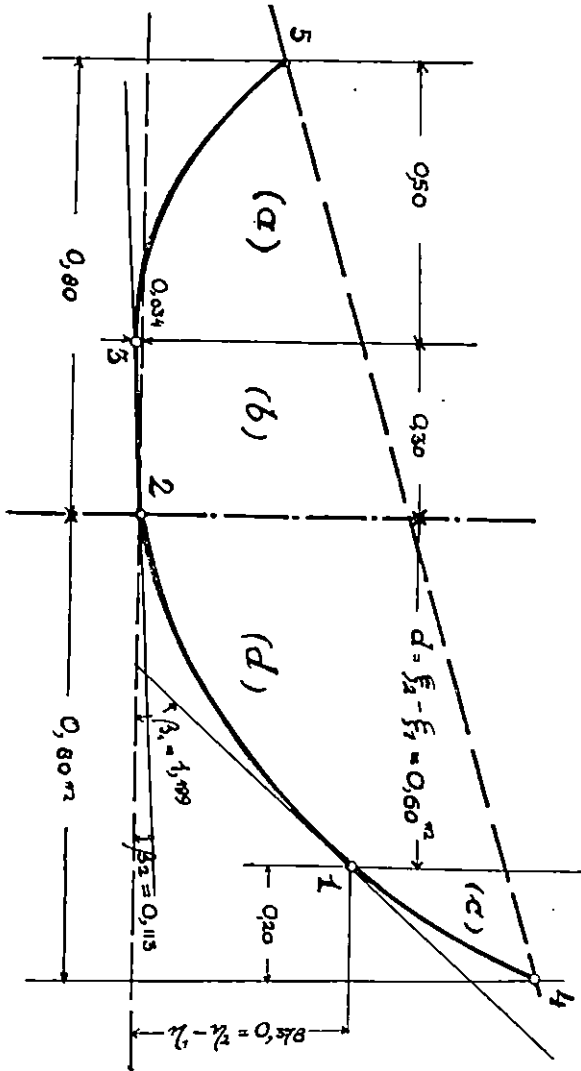
Slika 12. pedočuje taj poprečan profil. Dijeli se u četiri dijela. Srednji dio (b) izveden je u pravcu nagiba $\text{tg}\beta_2 = 0,113$ prema horizontali. Njegova širina treba da je svakako veća od

$f = \frac{l^2}{8r}$ (isporedi formulu 46). Inače ne leži drvo sa obim kra-

jevima na njemu, klizeći sa najmanjom brzinom, što se pretpostavlja u računu. U ovom je slučaju $l = 10$ m, a $f = 0,125$ m. Dakle je odabrana širina tog dijela sa 0,30 m dovoljno velika. Ordinata tačke 3 mjeri, obzirom na horizontalu, povučenu kroz tačku 2, $y_3 = 0,3 \text{ tg}\beta_2 = 0,034$ m. Desni dio užljebine (d) izveden je u obliku evolute elipse. Ordinata tačke 1 mjeri, obzirom na horizontalu, povučenu kroz tačku 2,

$y_1 = \eta_1 - \eta_2 = 0,378$ m. U toj tački konstruirana je tangenta pod nagibom $\text{tg}\beta_1 = 1,199$, a krivulja ucrtana je uz tangente u tački 1 i 2 s pomoću šablone, koja najbolje pristaje. U tom dijelu klizi drvo najčešće. Treba ga izvesti dakle naitačnije i najsolidnije. Treći dio (c) nastavak je šablonom ucrtane evo-

lute na dužinu od 0,20 m u horizontalnoj projekciji. Potreban je, da drvo ne izlazi iz užljebine, kada klizi sa predviđenom najvećom brzinom tangirajući tačku 1, ili sa napredviđenom



Slika 12.

još većom brzinom, izdižući se iznad te tačke. Ova je krivulja kočna. Dobro će doći još i mali nasip od zgodnog materijala uz gornji rub užljebine, da se spriječi izlaz drvetu iz užljebine u svakom slučaju sigurno. Mala kakva zapreka može biti po-

vod, da drvo izađe iz putoklizine, ako nije vanjska stijena užljebine dovoljno visoka. U četvrtom dijelu (*a*) leži drvo, kada uđe u krivulju sa manjom brzinom od najmanje predviđene, te, izgubivši i tu, sustane u užljebini. Oblik i veličina tog dijela zavisit će najčešće o obliku tla, u kome je užljebina izvedena. $D = 1,60$ m označuje ukupnu širinu užljebine u horizontalnoj projekciji. Točka 2 smještena je svrsi shodno u uzdužnu osovinu putoklizine. Za konstrukciju poprečnog profila praktički je dovoljno dakle izračunati $tg\beta_2$, y_1 i y_3 . Ostalo nadaže se iz konstrukcije samo po sebi.

4. primjer. Pred krivuljom nalazi se $d = 250$ m dugačak pravac (mjereno u horizontalnoj projekciji) nagiba $tg\alpha = 0,36$. Krivulja je kružnica polumjera $r = 100$ m, centričnog kuta $\varphi = \frac{\pi}{2}$. Dužina krivulje (osovine putoklizine) mjeri dakle: 157,08 m. Putoklizina providena je sa švarcvaldskim profilom, a želi se, da funkcioniра za vrijednosti koeficijenta trenja podloge u intervalu $0,17 \leq \mu_1 \leq 0,35$, i za vrijednosti koeficijenta trenja stijene braniča u intervalu $0,15 \leq \mu_2 \leq 0,27$. Krivulja se nalazi na otvorenoj pruzi.

Najprije je izračunata brzina na kraju pravcu ujedno i brzina na početku krivulje v_a s pomoću formule 118.) u zadanom intervalu koeficijenta trenja μ_1 , u formi skrižaljke 6. Zatim je određen uzdužni nagib krivulje prema minimalnoj brzini, uz koju se još želi, da putoklizina radi i to tako, da se tijelo ne izdiže sa putoklizine, jer se krivulja nalazi na otvorenoj pruzi. Da se to postigne sigurno, računat je taj nagib (po formuli 58.) sa rezultatom:

$$tg\alpha \geq 0,35 + \frac{0,27}{\sqrt{1 + 0,35^2}} \cdot \frac{5}{100} = 0,362,$$

a odabran je zaokruženo prema gore sa $tg\alpha = 0,365$. Ova formula vrijedi za slučaj, kada tijelo klizi na podlozi jednolično, dotičući se i stijene braniča. Dakle za slučaj, kada je početna i kritična brzina jednako velika. U tom slučaju nema kočnog djelovanja, a da to bude još sigurnije, zaokružena je izračunata vrijednost nagiba prema gore. Kod putoklizine ovog tipa poprečan nagib nema osobitog značenja. Može izostati. Osnuje li se ipak, određuje se po najmanjoj brzini i po formuli 13.), na pr. u ovom slučaju sa

$$tg\beta = \frac{5}{100} = 0,05, \quad \text{t. j.}$$

toliko malen, da nema praktičnog utjecaja na daljnji račun. Zbog toga je određen već i uzdužni nagib po formuli 58.) t. j. bez obzira na poprečan nagib, da zadovoljava i slučaju, kada se tijelo dotiče i stijene braniča, klizeći u krivulji. Kritična

brzina izračunata je po formuli 57.) ne uzevši utjecaj poprečnog nagiba. Ta formula poprima oblik u ovom primjeru:

$$\frac{c^2}{k} = \frac{0.365 - \mu_1}{\mu_2}$$

Vrijednost konstante putoklazine iznosi pak:

$$k = 100 \cdot 9,81 \cdot \sqrt{1 + 0,365^2} = 1044.$$

Tako izračunati rezultati u zadanom intervalu koeficijenata trenja sabrani su u skrižaljci 6.

Skrižaljka 6.

μ_1	$\frac{v_a^2}{g}$	v_a^2	v_a	$\operatorname{tga} - \mu_1$	μ_2	$\frac{c^2}{k}$	c^2	c
0,35	5	49,0	7,0	0,015	0,270	0,0555	57,9	7,6
0,34	10	98,0	9,9	0,025	0,263	0,0951	99,3	10,0
0,33	15	146,4	12,1	0,035	0,256	0,1367	142,7	11,9
0,32	20	196,0	14,0	0,045	0,250	0,1800	187,9	13,7
0,31	25	246,5	15,7	0,055	0,243	0,2263	236,2	15,4
0,30	30	295,8	17,2	0,065	0,236	0,2754	287,5	17,0
0,29	35	342,3	18,5	0,075	0,230	0,3261	340,4	18,5
0,28	40	392,0	19,8	0,085	0,223	0,3812	398,0	19,9
0,27	45	441,0	21,0	0,095	0,216	0,4398	459,1	21,4
0,26	50	488,4	22,1	0,105	0,210	0,5000	522,0	22,8
0,25	55	538,2	23,2	0,115	0,203	0,5665	591,4	24,3
0,24	60	590,5	24,3	0,125	0,196	0,6378	665,9	25,8
0,23	65	640,0	25,3	0,135	0,190	0,7105	741,8	27,2
0,22	70	686,4	26,2	0,145	0,183	0,7923	827,2	28,8
0,21	75	734,4	27,1	0,155	0,176	0,8807	919,5	30,3
0,20	80	784,0	28,0	0,165	0,170	0,9706	1013,3	31,8
0,19	85	835,2	28,9	0,175	0,163	1,0736	1120,8	33,5
0,18	90	882,1	29,7	0,185	0,156	1,1859	1238,1	35,2
0,17	95	930,3	30,5	0,195	0,150	1,3000	1357,2	36,8

Brzina na kraju luka računa se po formuli (65a.) i to opet u obliku skrižaljke 7.

Skrižaljka 7.

μ_2	$2\mu_2\varphi$	$2\mu_2\varphi \cos\alpha$	$\frac{2\mu_2\varphi \cos\alpha}{e}$	$c^2 - v_a^2$	$\frac{c^2 - v_a^2}{2\mu_2\varphi \cos\alpha}$	v^2_b	v_b	v_a	$k = \frac{v_b}{v_a}$
0,270	0,8482	—	—	8,9	—	—	—	7,0	—
0,263	0,8262	—	—	1,3	—	—	—	9,9	—
0,256	0,8042	—	—	— 3,7	—	—	—	12,1	—
0,250	0,7854	—	—	— 8,1	—	—	—	14,0	—
0,243	0,7634	—	—	—10,3	—	—	—	15,7	—
0,236	0,7414	—	—	— 8,3	—	—	—	17,2	—
0,230	0,7226	—	—	— 1,9	—	—	—	18,5	—
0,223	0,7006	—	—	6,0	—	—	—	19,8	—
0,216	0,6786	0,637	1,891	18,1	9,6	449,5	21,2	21,0	1,01
0,210	0,6594	0,619	1,857	33,6	18,1	503,9	22,4	22,1	1,01
0,203	0,6377	0,599	1,820	53,2	29,2	562,2	23,7	23,2	1,02
0,196	0,6158	0,578	1,783	75,4	42,3	623,6	25,0	24,3	1,03
0,190	0,5969	0,560	1,751	101,8	58,1	683,7	26,1	25,3	1,03
0,183	0,5749	0,540	1,716	140,8	82,1	745,1	27,3	26,2	1,04
0,176	0,5529	0,519	1,681	185,1	110,1	809,4	28,4	27,1	1,05
0,170	0,5341	0,502	1,652	229,3	138,8	874,5	29,6	28,0	1,06
0,163	0,5121	0,481	1,618	285,6	176,5	944,3	30,7	28,9	1,06
0,156	0,4901	0,460	1,584	356,0	224,7	1013,4	31,8	29,7	1,07
0,150	0,4712	0,442	1,555	426,9	274,5	1082,7	32,9	30,5	1,08

Po toj formuli izračunata je brzina na kraju luka v_b samo za vrijednosti koeficijenta trenja $\mu_2 = 0,216 - 0,150$, t. j. za vrijednosti, uz koje je diferencija između kritične brzine i početne brzine relativno velika. Za ostale vrijednosti $\mu_2 = 0,270 - 0,223$ račun o konačnoj brzini nije bio potreban, jer je diferencija između kritične i početne brzine relativno

tako malena, da će se brzina na kraju luka jedva razlikovati od brzine na početku luka. Iz ovog se primjera vidi, da je za vrijednosti početne brzine 12,1, 14,0, 15,7, 17,2 i 18,5 odgovarajuća kritična brzina nešto manja, iako je nagib putoklazine određen uz uvjet $v_{\text{amin}} < c_{\text{min}}$. U ovom slučaju najveća takova diferencija iznosi samo $15,7 - 15,4 = 0,3$ m/sec. Tijelo će dakle proći ovu krivulju uz neznatno ili nikakovo izdizanje bez smetnje. Općenito se ali može desiti, da bude ta diferencija veća t. j. da nije mjerodavna za određenje uzdužnog nagiba najmanja početna brzina, nego koja možda i veća od ove. U takovom slučaju valja nagib povećati prema toj brzini, a račun obnoviti. Sve to zavisi o vrijednostima koeficijenata trenja μ_1 i μ_2 , koje mogu stojati u vrlo različitom međusobnom odnosu kod putoklazine ovakovog tipa. U ovom primjeru određen je taj odnos na slijedeći način:

Po Försteru kreće se vrijednost koeficijenta trenja na podlozi od tvrdog, čvrstog tla, prostog od kamena i vegetacije u granicama od 0,16 do 0,48 za suho drvo, bez kore. Doljnja granica odnosi se na vlažno, a gornja na suho takovo tlo. Po Petrascheku iznosi pak koeficijent trenja u drvenom točilu 0,15, ako je vlažno, a 0,35, ako je suho. Pretpostavilo se je, da iznosi vrijednost koeficijenta trenja $\mu_1 = 0,17 - 47$ za podlogu putoklazine, a $\mu_2 = 0,15 - 0,35$ za stijenu drvenih braniča istodobno. Međuvrijednosti linearno su interpolirane obostrano u granicama, u kojima se traži da putoklazinga radi.

Iz tablice IV izlazi, uz $v_a = 7,0$ m/sec i $r = 100$ m, da se može otpremati ovom putoklazingom 22 m dugo drvo, ako je 2,0 m široka, 17 m dugo drvo, ako je 1,2 m široka, a 13 m dugo drvo, ako je 0,80 m široka. Otpremati se može tako dugačko drvo i onda, kada je brzina veća od minimalne (7,0 m/sec), dakle u z s v e i s k a z a n e b r z i n e, bez razlike. To dolazi otuda, što je poprečan nagib, koji utječe na dužinu drveta vrlo osjetljivo, konstantan i udešen po najmanjoj brzini švarcvaldskog profila. Njegov se utjecaj ne mijenja dakle sa brzinom. Drukčije stoji ta stvar kod užljebine, gdje poprečan nagib nije konstantan, nego se mijenja sa brzinom. To se najbolje vidi, ako se prisposobi kapacitet putoklazine u krivulji obzirom na dužinu drveta u ovom i u drugom promjeru. Obje kružnice imaju isti polumjer od 100 m. Dok može ovdje iznositi najveća dužina drveta 22 m, tamo samo 10 m i to baš zbog utjecaja poprečnog nagiba. Sam po sebi izlazi otuda nauk, da treba napustiti užljebinu, a redovno upotrijebiti švarcvaldski profil, sa što manjim poprečnim nagibom, u krivulji i onda, kada je putoklazinga izvedena u obliku užljebine u ostalom svom dijelu, dakle i kod zimskih putoklazinga.

Iskazane vrijednosti koeficijenta brzine K , u posljednjem vertikalnom stupcu skrižaljke, pokazuju konačno, da se ko-

načna brzina v_b doista malo mijenja prema početnoj brzini v_a , kako se je utvrdilo u teoretskom dijelu rasprave.

Kočno djelovanje putoklazine, providene sa švarcvaldskim profilom u krivulji, promatra se u slijedećem primjeru.

5. primjer. Putoklazina kao u prijašnjem primjeru: kružnica polumjera od 100 m, centričnog kuta $\frac{\pi}{2}$ u horizontalnoj projekciji. Početna brzina i interval koeficijenata trenja, uz koji se želi, da putoklazina radi, isti kao tamo. Razlikuje se samo uzdužni nagib, koji se u ovom primjeru odabire sa $tg\alpha = 0,34$. Utjecaj poprečnog nagiba $tg\beta = 0,05$ zanemaruje se. Kritična brzina računa se po formuli 57.) koja, poprma oblik:

$$\frac{c}{k} = \frac{0,340 - \mu_1}{\mu_2}$$

Konstanta putoklazine mjeri: $k = 100 \cdot 9,81 \sqrt{1 + 0,34^2} = 1036$. Račun i rezultati u zadanom intervalu koeficijenata iskazani su u skrižaljci 8.

Brzina na kraju luka v_b izračunata je s upotrebom formule 65a.), a unešeni su u istu skrižaljku samo rezultati u zadanom intervalu. U posljednjem vertikalnom stuncu iskazar je konačno omjer između brzine na kraju i na početku luka κ

Po tom se omjeru vidi, da ova krivulja djeluje kočno za sve vrijednosti koeficijenta trenja μ_1 od 0,35 do 0,23 uključivo. Za $\mu_1 = 0,22$ klizi drvo jednolično, a samo za vrijednosti koeficijenta trenja $\mu_1 = 0,21 - 0,17$ sa pospešenjem. Najsnažnije je kočno djelovanje za $\mu_1 = 0,35 > tg\alpha = 0,34$. Vrijednost κ brzo pada za sve vrijednosti $\mu_1 > tg\alpha$, a raste polagano i gotovo linearno za vrijednosti $\mu_1 < tg\alpha$. Kočno djelovanje pada dakle zajedno sa koeficijentom trenja μ_1 i prestaje kod njegove vrijednosti $\mu_1 = 0,22$. Za sve vrijednosti v_a , μ_1 i μ_2 brzina na kraju luka v_b veća je od ničice, unatoč kočnom djelovanju krivulje. U većem dijelu intervala kritična brzina manja je od početne brzine. Akceleracija biti će dakle negativna u tom dijelu i zbog toga treba se pobrinuti za dovoljno visoku stijenu od braniča, da se spriječi ispad drveta.

6. primjer. Putoklazina izvedena je u horizontalnoj kružnici polumjera $r = 100$ m, a providena je sa švarcvaldskim profilom. Centrični kut mjeri $\varphi = \frac{\pi}{2}$. Zadani interval koeficijenata trenja $0,17 \leq \mu_1 \leq 0,26$ i $0,150 \leq \mu_2 \leq 0,276$. Treba odrediti početnu brzinu v_a tako, da bude brzina na kraju luka $v_b = 0$. U obzir dolazi onda formula 70.), koja poprma oblik, za $v = 0$:

Skrizaljka 8:

μ_1	$\operatorname{tg}\alpha - \mu_1$	μ_2	$\frac{c^2}{k}$	c^2	c	v_a	v_b	$\kappa = \frac{v_b}{v_a}$
0,35	-0,01	0,270	-0,0370	-38,3	-	7,0	0,9	0,13
0,34	0	0,263	0	0	0	9,9	6,7	0,68
0,33	0,01	0,256	0,0391	40,5	6,4	12,1	9,5	0,79
0,32	0,02	0,250	0,0800	82,9	9,1	14,0	11,7	0,84
0,31	0,03	0,243	0,1235	127,9	11,3	15,7	13,6	0,87
0,30	0,04	0,236	0,1695	175,6	13,3	17,2	15,3	0,89
0,29	0,05	0,230	0,2174	225,2	15,0	18,5	16,8	0,91
0,28	0,06	0,223	0,2691	278,8	16,7	19,8	18,4	0,93
0,27	0,07	0,216	0,3241	335,7	18,3	21,0	19,8	0,94
0,26	0,08	0,210	0,3810	394,7	19,9	22,1	21,1	0,95
0,25	0,09	0,203	0,4433	459,3	21,4	23,2	22,4	0,97
0,24	0,10	0,196	0,5102	528,6	23,0	24,3	23,7	0,98
0,23	0,11	0,190	0,5789	599,7	24,5	25,3	25,0	0,99
0,22	0,12	0,183	0,6557	679,3	26,1	26,2	26,2	1,00
0,21	0,13	0,176	0,7386	765,2	27,7	27,1	27,3	1,01
0,20	0,14	0,170	0,8235	853,1	29,2	28,0	28,5	1,02
0,19	0,15	0,163	0,9202	953,3	30,9	28,9	29,7	1,03
0,18	0,16	0,156	1,0256	1062,5	32,6	29,7	30,8	1,04
0,17	0,17	0,150	1,1333	1174,1	34,3	30,5	31,9	1,05

$$v_a^2 = \frac{\mu_1}{\mu_2} (e^{2\mu_2 \varphi} - 1) rg \quad 119.)$$

Tražena početna brzina iznosi u zadanom intervalu, a računata po ovoj formuli, kako je iskazano u skrizaljci 9.

Kočno djelovanje ovakove krivulje vrlo je snažno. Unatoč velike početne brzine sustane tijelo u njoj. Znade li se u konkretnom slučaju početna brzina v_a' , može se prosuditi iz skrizaljke, da li će tijelo proći ovakovu krivulju ili sustati u njoj, već prema tome, da li je $v_a' \geq v_a$. Krivulje snažnog kočnog djelovanja stavljaju se redovno na kraj putoklizine, gdje se poništi brzina, a drvo istovaruje. Tijelo se izdiže u takvoj

Skrizaljka 9.

μ_1	μ_2	v_a m/sec	μ_1	μ_2	v_a m/sec
0,36	0,276	42,0	0,26	0,210	33,7
0,35	0,270	41,2	0,25	0,203	32,9
0,34	0,263	40,4	0,24	0,196	32,0
0,33	0,256	39,5	0,23	0,190	31,1
0,32	0,250	38,7	0,22	0,183	30,3
0,31	0,243	37,9	0,21	0,176	29,4
0,30	0,236	37,0	0,20	0,170	28,5
0,29	0,230	36,2	0,19	0,163	27,7
0,28	0,223	35,4	0,18	0,156	26,8
0,27	0,216	34,5	0,17	0,150	25,9

krivulji s tim više, čim je veća njegova brzina. Zbog toga potrebna je visoka stijena od braniča, osobito na početku krivulje, gdje je ta brzina najveća.

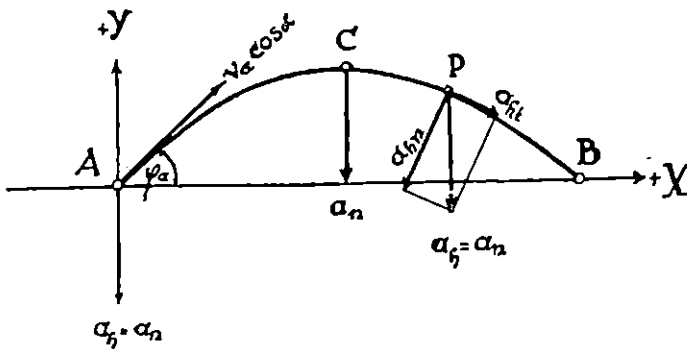
II

U ovom se dijelu promatra klizanje teškog tijela i promjena brzine na putoklizini konstantnog uzdužnog nagiba α , ako je horizontalna projekcija osovine te putoklizine inače povoljna čunjosječica.

11. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je parabola. U petoj tački određena je komponenta akceleracije u smjeru normale a_n i u smjeru tangente a_t krivulje općenitog oblika, koju opisuje težište tijela, ako klizi na podlozi uzdužnog nagiba α i poprečnog nagiba β uz uvjet, da je smjer centripetalne sile horizontalan. Te su komponente izražene kao funkcije uzdužnog nagiba α , poprečnog nagiba β , koeficijenta trenja μ i akceleracije teže g . U konkretnom slučaju su μ i g konstante, a pretpostavi li se još i konstantan uzdužan nagib α , obje su komponente funkcije samo jedne promjenljivice, poprečnog nagiba β . U tom slučaju zavisi oblik krivulje samo o zakonu, po kojemu se mijenja poprečan nagib. Ili obrnuto. Odrede li se komponente akceleracije a_n i a_t tako, da tijelo opisuje krivulju konkretnog oblika, utvrđen je istodobno i zakon, po kojemu se mijenja poprečan nagib. Prelazeći na po-

stavljenju zadaću, promatra se krivulja, koju opisuje tijelo u horizontalnoj projekciji, i tu neka imade oblik parabole.

Tijelo opisuje parabolu, kako je poznato, ako imade određenu početnu brzinu $v_{ah} = v_a \cos \alpha$ u smjeru tangente i konstantnu akceleraciju a_{ht} paralelnu sa simetralom parabole. Tangencijalna akceleracija a_{ht} i normalna akceleracija a_{hn} treba dakle da rezultiraju ukupnu akceleraciju a_h , konstantne veličine, po smjeru paralelnu sa simetralom u svakoj tački parabole (slika 13). U vrhu parabole, u tački c , tangencijalna komponenta



Slika 13.

akceleracije a_{ht} jednaka je ničtici, a normalna pomponenta a_{hn} izjednačuje se sa ukupnom akceleracijom a_h , dotično sa akceleracijom centripetalne sile a_n , koja djeluje u smjeru normale, a horizontalno prema pretpostavci. U toj je dakle tački prema formuli 42.):

$$a_h = a_{hn} = a_n = g \cos^2 \alpha \tan \beta_c ; a_{ht} = 0 .$$

Jer je ali a_h konstantan vektor, imade tijelo istu tu akceleraciju po smjeru i veličini i u svakoj inoj tački parabole, dakle i u tački A , u kojoj se nalazi ishodište pravokutnog koordinatnog sistema XY . Osovina Y paralelna je sa simetralom parabole. Komponente akceleracije u toj su dakle tački:

$$\ddot{x} = 0 ; \ddot{y} = -a_h = -g \cos^2 \alpha \tan \beta_c ,$$

a komponente brzine:

$$v_x = \dot{x} = v_a \cos \alpha \cos \varphi_a ; v_y = \dot{y} = v_a \cos \alpha \sin \varphi_a - a_{ht} t .$$

Nadalje je, integrirajući još jedanput:

$$x = v_a t \cos \alpha \cos \varphi_a ; y = v_a t \cos \alpha \sin \varphi_a - \frac{a_{ht} t^2}{2} .$$

Integracione konstante otpadaju, jer se pretpostavlja, da je za $t=0$ istodobno x i y jednak ničtici. Eliminira li se

vrijeme t iz pretposljednje jednadžbe i uvrsti u posljednju, dobije se jednadžba parabole:

$$y = xt g \varphi_a - \frac{x^2}{2p},$$

gdje je
$$p = \frac{v_a^2 \cos^2 \varphi_a}{g t g \beta_c} \quad 120.]$$

Uvrste li se koordinate tačke B , $x = 2b_1$, $y = 0$ u gornju jednadžbu, izlazi:

$$t g \varphi_a = \frac{b_1}{p}, \quad 121.]$$

a jednadžba parabole poprima oblik:

$$y = \frac{x}{2p} (2b_1 - x). \quad 122.]$$

Nadalje je:

$$y' = t g \varphi = \frac{b_1 - x}{p}, \quad y'' = -\frac{1}{p} \quad 123.]$$

i apsolutni iznos polumjera krivosti:

$$r = \frac{(1 + y'^2)^{3/2}}{y''} = p \left[\left(\frac{b_1 - x}{p} \right)^2 + 1 \right]^{3/2} = \frac{p}{\cos^3 \varphi}. \quad 124.]$$

U vrhu parabole je $x = b_1$ ili $\varphi = 0$, $r_c = p$.

Parametar p ujedno je dakle i polumjer krivosti u vrhu parabole.

Općenita formula 40.) primjenjena na vrh parabole (tačku C) glasi:

$$p = \frac{v_c^2}{g t g \beta_c}. \quad 125.]$$

Isporedi li se ova jednadžba sa jednadžbom 120.), izlazi:

$$\frac{v_a}{v_c} = \frac{1}{\cos \varphi} = \sqrt{\left(\frac{b_1}{p} \right)^2 + 1}. \quad 126.]$$

Ishodište koordinatnog sistema smješteno je u dovoljno odabranoj tački A . Za svaku tačku parabole vrijedi dakle snošaj:

$$\frac{v}{v_c} = \frac{1}{\cos \varphi_a} = \sqrt{\left(\frac{b_1 - x}{p} \right)^2 + 1}. \quad 127.]$$

Polumjer krivosti mjeri u povoljnoj tački parabole, (slijedi iz jednađbe 124 i 127):

$$r = \left(\frac{v}{v_c}\right)^3 p, \quad 128.]$$

a poprečan nagib (slijedi iz jednađbe 40, 128 i 125):

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{v_c}{v} \operatorname{tg} \beta_c. \quad 129.]$$

Visina strijelice, ordinata tačke C mjeri (slijedi iz jednađbe 120 i 121): $f = \frac{b_1^2}{2p} = \frac{b_1 \operatorname{tg} \varphi_a}{2}$. 130.]

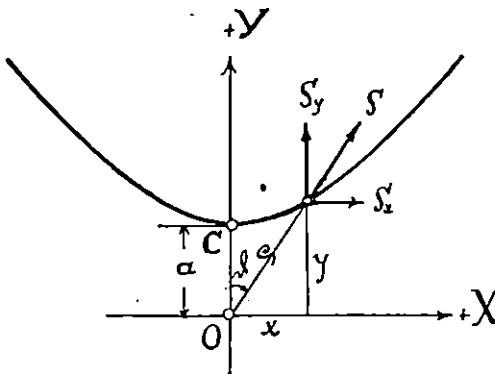
Uzdužni nagib je konstantan. Svejedno je dakle u kojoj se tački parabole određuje. Svrši shodno određuje se u vrhu gdje je $a_{ht} = 0$. Obzirom na općenitu jednađbu 43.) to je moguće samo ako je:

$$v = \frac{\operatorname{tg} a}{\sqrt{1 + \cos^2 a \operatorname{tg}^2 \beta_c}} = \mu.$$

Za određenje uzdužnog nagiba $\operatorname{tg} a$ mogu se upotrijebiti dakle već prije izvedene formule 14.) i 14a.), u kojima treba staviti:

$$\operatorname{tg} \beta = \operatorname{tg} \beta_c = \frac{v_c^2}{gp} = \frac{v_a^2 \cos^2 \varphi_a}{gp}. \quad 131.]$$

12. Horizontalna projekcija osovine putoklazine je hiperbola. Na tačku P neka djeluje sila S (slika 14). Smjer te sile:



Slika 14.

prolazi stalno ishodištem O koordinatnog sistema XY . Veličina

njezina linearno je proporcionalna sa udaljenošću s tačke P od središta O . Dakle je:

$$S = mk^2s,$$

gdje m označuje masu, a k poblize još neodređenu konstantu. Komponente akceleracije u tački P su:

$$\ddot{x} = a_{hx} = k^2s \sin \vartheta = k^2x; \quad \ddot{y} = a_{hy} = k^2s \cos \vartheta = k^2y.$$

Općenito rješenje ovih dviju diferencijalnih jednadžbi glasi:

$$x = Ae^{\frac{kt}{}} + Be^{-\frac{kt}{}}; \quad y = Ce^{\frac{kt}{}} + De^{-\frac{kt}{}}. \quad 132.]$$

Integracione konstante A, B, C i D određuju se iz ovih i daljnjih dviju jednadžbi komponenata brzine u istoj tački:

$$v_x = \dot{x} = kAe^{\frac{kt}{}} - kB e^{-\frac{kt}{}}; \quad v_y = \dot{y} = kCe^{\frac{kt}{}} - kD e^{-\frac{kt}{}} \quad 133.]$$

na slijedeći način:

U početku promatranja neka je vrijeme $t = 0$, a istodobno: $x = 0, y = a; v_x = v_{ch}, v_y = 0$.

Posljednje četiri jednadžbe poprimaju onda oblik:

$$0 = A + B, \quad a = C + D, \quad v_{ch} = k(A - B), \quad 0 = C - D,$$

a iz njih slijedi:

$$A = \frac{v_{ch}}{2k}, \quad B = -\frac{v_{ch}}{2k} \quad \text{i} \quad C = D = \frac{a}{2}.$$

Uvrste li se ove vrijednosti u jednadžbe 132.), izlazi:

$$\left. \begin{aligned} x &= \frac{v_{ch}}{2k} \left(e^{\frac{kt}{}} - e^{-\frac{kt}{}} \right) \\ y &= \frac{a}{2} \left(e^{\frac{kt}{}} + e^{-\frac{kt}{}} \right) \end{aligned} \right\} \quad 134.]$$

ili:

$$\frac{k}{v_{ch}} x = \sinh(kt), \quad \frac{1}{a} y = \cosh(kt) *$$

Objе ove jednadžbe kvadrirane i odbijene, prva od druge, daju jednadžbu hiperbole:

$$\frac{y^2}{a^2} - \frac{x^2}{b^2} = 1, \quad 135.]$$

sa dužinom glavne osovine $2a$ i sa

$$b = \frac{v_{ch}}{k}. \quad 136.]$$

*] \sinh, \cosh označuju hiperbolične funkcije.

Nadalje postoji u polju ovog centralnog gibanja potencijal:

$$V = - \int S d\zeta + C^{**})$$

ili, ako se uvrsti vrijednost za S i izvrši integracija:

$$V = - \frac{mk^2\zeta^2}{2} + C .$$

Neka označuje v_{ch} brzinu tijela u vrhu hiperbole, (u tački C), $v_h = v \cos \alpha$ brzinu tijela u povoljnoj tački hiperbole, a V_{ch} i V_h potencijale u tim tačkama, onda postoji daljnji snošaj:

$$V_h - V_{ch} = \frac{mv_{ch}^2}{2} - \frac{mv_h^2}{2} ,$$

ili uvrstivši odgovarajuće vrijednosti:

$$- \frac{mk^2\zeta^2}{2} + \frac{mk^2a^2}{2} = \frac{mv_{ch}^2}{2} - \frac{mv_u^2}{2} ,$$

odakle se dobije brzina u povoljnoj tački hiperbole:

$$v_h^2 = v_{ch}^2 + k^2 (\zeta^2 - a^2) . \quad 137.)$$

Ova se jednadžba može preobličiti u daljnje svrhe na slijedeći način:

Iz slike se razabire, da je $\zeta^2 = x^2 + y^2$, dočim slijedi iz jednadžbe 135.):

$$y^2 = a^2 + \frac{a^2}{b^2} x^2 ,$$

dakle je $\zeta^2 = \frac{e^2}{b^2} x^2 + a^2$, ako je $e^2 = a^2 + b^2$,

Vrijednost konstante k određena je jednadžbom 136.)

Jednadžba 137.) poprima onda oblik:

$$v_u^2 = \frac{v_{ch}^2}{b^2} (b^2 + \frac{e^2}{b^2} x^2) . \quad 137a.)$$

Zavede li se još numerička ekscentriciteta $\varepsilon = \frac{e}{a}$ i parametar

hiperbole $p = \frac{b^2}{a}$, namjesto konstanti b i e u gornju formulu, onda je:

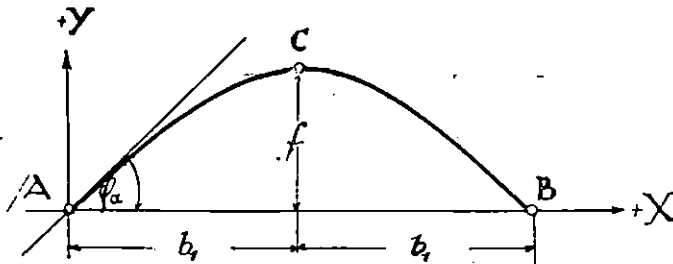
$$b^2 = \frac{p^2}{\varepsilon^2 - 1} ; \quad \frac{e^2}{b^2} = \frac{\varepsilon^2}{\varepsilon^2 - 1} .$$

a jednadžba brzine u povoljnoj tački hiperbole poprima konačan oblik:

**] C označuje integracionu konstantu.

$$v_h = v_{ch} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon}{p}\right)^2 x^2 + 1} \quad 138.]$$

Primjenivši ovo na putoklizinu, bolje je, da se promatra hiperbola u koordinatnom sistemu sa ishodištem u tački A, na početku krivulje, prema slici 15. analogno kao kod parabole. Jednadžba hiperbole, jedne samo potrebne grane, glasi u tom koordinatnom sistemu:



Slika 15.

$$y = \frac{a}{b} \left[\sqrt{b_1^2 + b^2} - \sqrt{(x - b_1)^2 + b^2} \right] \quad 139.]$$

Nadalje je:

$$y' = \operatorname{tg} \varphi = - \frac{a}{b} \frac{x - b_1}{\sqrt{(x - b_1)^2 + b^2}} = - \frac{x - b_1}{p \sqrt{\frac{\varepsilon^2 - 1}{p^2} (x - b_1)^2 + 1}} \quad 140.]$$

$$\text{dakle je: } \sqrt{1 + \frac{\varepsilon^2 - 1}{p^2} (x - b_1)^2} = - \frac{x - b_1}{p \operatorname{tg} \varphi} ; \quad 140a.]$$

$$\sin \varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} = - \frac{x - b_1}{p \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{p^2} (x - b_1)^2 + 1}} \quad 141.]$$

$$\text{dakle je: } \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{p^2} (x - b_1)^2 + 1} = - \frac{x - b_1}{p \sin \varphi} \quad 141a.]$$

Jednadžba brzine u povoljnoj tački hiperbole poprima oblik u ovom koordinatnom sistemu (stavi li se $x - b_1$ namjesto x u jednadžbi 138.):

$$\frac{v_h}{v_{ch}} = \frac{v \cos \alpha}{v_c \cos \alpha} = \frac{v}{v_c} = \sqrt{\left(\frac{\varepsilon}{p}\right)^2 (x - b_1)^2 + 1} = - \frac{x - b_1}{p \sin \varphi} \quad 142.]$$

Na početku krivulje bit će, za $x = 0$:

$$\operatorname{tg}\varphi_a = \frac{b_1}{p\sqrt{\frac{\varepsilon^2-1}{p^2}b_1^2+1}}, \quad 143.) \quad \sin\varphi_a = \frac{b_1}{p\sqrt{\frac{\varepsilon^2}{p^2}b_1^2+1}}, \quad 144.]$$

$$\frac{v_a}{v_c} = \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{p^2}b_1^2+1} = \frac{b_1}{p\sin\varphi_a}. \quad 145.]$$

Drugi izvod jednadžbe 139.) glasi:

$$y'' = -\frac{ab}{[(x-b_1)^2+b^2]^{3/2}}$$

a apsolutni iznos polumjera krivosti:

$$\begin{aligned} r &= \frac{(1+y'^2)^{3/2}}{y''} = \frac{1}{ab^3} \left[e^2(x-b_1)^2+b^4 \right]^{3/2} \\ &= p \left[\frac{\varepsilon^2}{p^2}(x-b_1)^2+1 \right]^{3/2} = p \left(\frac{v}{v_c} \right)^3. \end{aligned} \quad 146.]$$

$$\text{Na početku krivulje je: } r_a = p \left(\frac{v_a}{v_c} \right)^3, \quad 147.]$$

$$\text{a na vrhu u tački C, } r_c = p. \quad 147a.)$$

Parametar p ujedno je dakle i polumjer krivosti u vrhu hiperbole.

Iz općenite formule 40.) slijedi:

$$\operatorname{tg}\beta_c = \frac{v_c^2}{gp}. \quad 148.]$$

Št dalje obzirom na jednadžbu 146.) mjeri poprečan nagib putoklazine u povoljnoj tački hiperbole:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{v_c}{v} \operatorname{tg}\beta_c. \quad 149.]$$

Visina strijelice u vrhu hiperbole, ordinata tačke C, mjeri (iz jednadžbe 139, za $x=b_1$):

$$f = a \left[\sqrt{\frac{b_1^2}{b^2}+1} - 1 \right] = \frac{p}{\varepsilon^2-1} \left[\sqrt{\frac{\varepsilon^2-1}{p^2}b_1^2+1} - 1 \right].$$

Obzirom na jednadžbu 143.) i 145.) može se svesti ova formula još i na oblik:

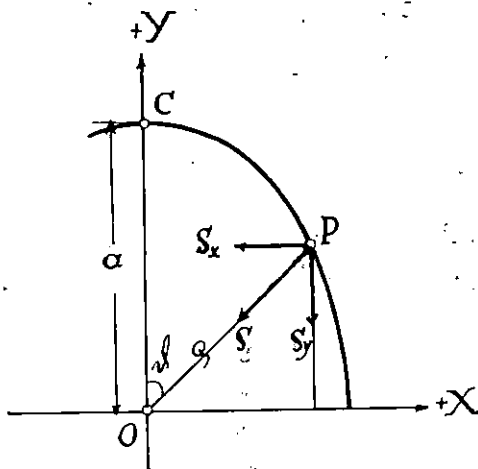
$$f = \frac{b_1^2 \operatorname{tg}\varphi_a}{b_1 + p \operatorname{tg}\varphi_a} = \frac{b_1 \sin\varphi_a}{\cos\varphi_a + \frac{v_c}{v_a}}. \quad 150.]$$

Uzdužni nagib $tg\alpha$ određuje se iz jednadžbe 14.) ili 14a.), u kojima treba staviti

$$tg\beta = tg\beta_c = \frac{v_c^2}{gp}$$

a v_c odrediti iz jednadžbe 145.). Obrazloženje vidi na kraju tačke 11.

13. Horizontalna projekcija osovine putoklazine je osovljena elipsa. Postanak elipse zamišlja se analogno kao postanak hiperbole. Na tačku P neka djeluje sila S . Smjer te sile prolazi stalno ishodištem O koordinatnog sistema X, Y (sl. 16). Veličina njezina je proporcionalna sa udaljenošću ρ tačke



Slika 16.

P od ishodišta O . Dakle je

$$S = -mk^2\rho$$

gdje m označuje masu, a k poblize još neodređenu konstantu. Komponente akceleracije u tački P su:

$$\ddot{x} = a_{hx} = -k^2\rho\sin\vartheta = -k^2x; \quad \ddot{y} = a_{hy} = -k^2\rho\cos\vartheta = -k^2y.$$

Općenito rješenje ovih dviju diferencijalnih jednadžbi glasi:

$$x = A\sin kt + B\cos kt; \quad y = C\sin kt + D\cos kt \quad (151.)$$

Integraciona konstante A, B, C i D određuje se iz ovih i daljnjih jednadžbi, komponenata brzine u istoj tački:

$$\dot{v}_x = \dot{x} = kA\cos kt - kB\sin kt; \quad \dot{v}_y = \dot{y} = kC\cos kt - kD\sin kt.$$

na slijedeći način: U početku promatranja neka je vrijeme $t = 0$, a istodobno:

$$x = 0, y = a; v_x = v_{ch}, v_y = 0.$$

Posljednje četiri jednadžbe poprimaju onda oblik:

$$0 = B; a = D; v_{ch} = kA; 0 = kC,$$

a iz njih slijedi:

$$A = \frac{v_{ch}}{k}; B = C = 0; D = a.$$

Uvrste li se ove vrijednosti u jednadžbe (151.), izlazi:

$$\frac{x}{\frac{v_{ch}}{k}} = \sin kt, \quad \frac{a - y}{a} = \cos kt. \quad 153.]$$

Obje ove jednadžbe, kvadrirane i zbrojene, daju jednadžbu osovljene elipse:

$$\frac{x^2}{b^2} + \frac{y^2}{a^2} = 1 \quad 154.]$$

sa polovicom dužine velike osovine a , odnosno male osovine:

$$b = \frac{v_{ch}}{k}. \quad 155.]$$

U polju ovog centralnog gibanja postoji potencijal:

$$V = - \int S ds + C,$$

ili, ako se uvrsti vrijednost za S , a izvrši integracija:

$$V = - \frac{mk^2 e^2}{2} + C.$$

Označuje li v_{ch} brzinu tijela u vrhu elipse, u tački C ; $v_h = v \cos \alpha$ brzinu tijela u povoljnoj tački elipse, a V_{ch} i V_h odgovarajuće potencijale, postoji daljnji odnos:

$$V_h - V_{ch} = \frac{mv_{ch}^2}{2} - \frac{mv_h^2}{2},$$

ili uvrstivši odgovarajuće vrijednosti:

$$\frac{mk^2 e^2}{2} - \frac{mk^2 a^2}{2} = \frac{mv_{ch}^2}{2} - \frac{mv_h^2}{2}$$

Odavle izlazi jednadžba brzine u povoljnoj tački elipse:

$$v_h^2 = v_{ch}^2 + k^2 (a^2 - e^2). \quad 156.$$

Uzme li se u obzir, da je $e^2 = x^2 + y^2$, a iz jednadžbe 154.)

$y^2 = a^2 - \frac{a^2}{b^2} x^2$, dakle, da je $e^2 = a^2 - \frac{e^2}{b^2} x^2$, ako je $e^2 = a^2 - b^2$, zatim uzme li se vrijednost konstante k iz jednadžbe 155.), sređena jednadžba 156.) poprima oblik:

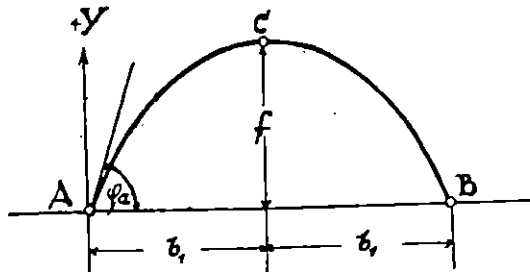
$$v_h^2 = \frac{v_{ch}^2}{b^2} (b^2 + \frac{e^2}{b^2} x^2). \quad 156a.]$$

Jednadžba brzine u povoljnoj tački elipse glasi konačno sređena, ako se uvede u posljednjim jednadžbu numerička ekcentriciteta $\varepsilon = \frac{e}{a}$ i parametar $\rho = \frac{b^2}{a}$, namjesto konstanti b i e :

$$v_h = v_{ch} \sqrt{\left(\frac{\varepsilon}{\rho}\right)^2 x^2 + 1} \quad 157.]$$

Ova jednadžba i jednadžba 138.) jednake su po obliku. Razlikuju se samo po numeričkoj ekscentriciteti. Kod elipse je $\varepsilon^2 < 1$, a kod hiperbole je $\varepsilon^2 > 1$

Primjenivši ovo na putoklizinu, promatra se elipsa u koordinatnom sistemu sa ishodištem u početnoj tački A krivulje, prema slici 17, analogno kao hiperbola i parabola u prijašnjim



Slika 17.

tačkama. Jednadžba osovljene elipse u ovom koordinatnom sistemu glasi:

$$y = \frac{a}{b} \left[\sqrt{b^2 - (x - b_1)^2} - \sqrt{b^2 - b_1^2} \right] \quad 158.]$$

a njezin prvi izvod:

$$y' = tg\varphi = -\frac{a}{b} \frac{x - b_1}{\sqrt{b^2 - (x - b_1)^2}} = -\frac{x - b_1}{\rho \sqrt{1 + \frac{\varepsilon^2 - 1}{\rho^2} (x - b_1)^2}} \quad 159.]$$

$$\text{Dakle je: } \sqrt{1 + \frac{\varepsilon^2 - 1}{\rho^2} (x - b_1)^2} = -\frac{x - b_1}{\rho tg\varphi} \quad 159a.]$$

Nadalje je:

$$\sin\varphi = \frac{tg\varphi}{\sqrt{1+tg^2\varphi}} = \frac{x-b_1}{p\sqrt{1+\frac{\varepsilon^2}{p^2}(x-b_1)^2}} \quad 160.]$$

Dakle je:

$$\sqrt{1+\frac{\varepsilon^2}{p^2}(x-b_1)^2} = -\frac{x-b_1}{psin\varphi} \quad 160a.]$$

Jednadžba brzine u povoljnoj tački elipse poprima oblik u ovom koordinatnom sistemu analogno kao kod hiperbole:

$$\frac{v_h}{v_{hc}} = \frac{v}{v_c} = \sqrt{1+\frac{\varepsilon^2}{p^2}(x-b_1)^2} = -\frac{x-b_1}{psin\varphi} \quad 161.]$$

Na početku krivulje bit će, za $x=0$:

$$tg\varphi_a = \frac{b_1}{p\sqrt{1+\frac{\varepsilon^2-1}{p^2}b_1^2}} \quad 162.] \quad \text{ili} \quad \sqrt{1+\frac{\varepsilon^2-1}{p^2}b_1^2} = \frac{b_1}{ptg\varphi_a} \quad 162a.]$$

$$\sin\varphi_a = \frac{b_1}{p\sqrt{1+\frac{\varepsilon^2}{p^2}b_1^2}} \quad 163.] \quad \text{ili} \quad \sqrt{1+\frac{\varepsilon^2}{p^2}b_1^2} = \frac{b_1}{psin\varphi_a} \quad 163a.]$$

$$\frac{v_a}{v_c} = \sqrt{1+\frac{\varepsilon^2}{p^2}b_1^2} = \frac{b_1}{psin\varphi_a} \quad 164.]$$

Drugi izvod jednadžbe 158.) glasi:

$$y'' = -\frac{ab}{[b^2-(x-b_1)^2]^{3/2}}$$

a apsolutni iznos polumjera krivosti:

$$r = \frac{(1+y'^2)^{3/2}}{y''} = \frac{[b^2+e^2(x-b_1)^2]^{3/2}}{ab^3} = p \left[1 + \frac{\varepsilon^2}{p^2}(x-b_1)^2 \right]^{3/2} = \left(\frac{v}{v_c}\right)^3 p \quad 165.]$$

Na početku krivulje je: $r_a = \left(\frac{v_a}{v_c}\right)^3 p$ 166.]

a na vrhu u tački C: $r_c = p$. 167.]

Parametar p ujedno je i polumjer krivosti u vrhu osovljene elipse.

Iz općenite formule 40.) slijedi $tg\beta_c = \frac{v_c^2}{gp}$ 168.]

i dalje, poprečan nagib putoklizine u povoljnoj tački elipse, obzirom na jednadžbu 165.):

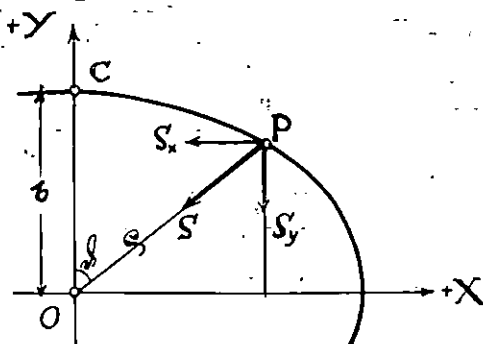
$$tg\beta = \frac{v_0}{y} tg\beta_c \quad 169.]$$

Visina strijelice u vrhu osovljene elipse mjeri kao i kod hiperbole:

$$f = \frac{b_1^2 tg\varphi_a}{b_1 + ptg\varphi_a} = \frac{b_1 \sin\varphi_a}{\cos\varphi_a + \frac{v_0}{v_a}} \quad 170.]$$

Uzdužni nágib $tg\alpha$ određuje se također na jednaki način kao kod hiperbole.

14. Horizontalna projekcija osovine putoklazine je ispružena elipsa. Polazi se iz jednadžbe 151.) i 152.) prijašnje tačke. U početku promatranja ($t=0$) neka je sada $y=b$, a



Slika 18.

sve ostalo isto, kao prije. Integracione konstante određene su onda iz tih jednadžbi sa:

$$A = \frac{v_{ch}}{k}, \quad B = C = 0 \quad i \quad D = b.$$

Jednadžbe 151.) poprimaju pak oblik:

$$\frac{x}{\frac{v_{ch}}{k}} = \sin kt, \quad \frac{y}{b} = \cos kt \quad 171.]$$

Kvadrirane pak i zbrojene daju jednadžbu ispružene elipse:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad 172.]$$

Polovica dužine velike osovine je sada:

$$a = \frac{v_{ch}}{k} \quad 173.]$$

Jednadžba promjene potencijala i brzine glasi u ovom slučaju:

$$\frac{mk^2 e^2}{2} - \frac{mk^2 b^2}{2} = \frac{mv_{ch}^2}{2} - \frac{mv_h^2}{2},$$

a jednadžba brzine u povoljnjoj tački ispružene elipse:

$$\left. \begin{aligned} v_h^2 &= v_{ch}^2 + k^2 (b^2 - e^2) = \frac{v_{ch}^4}{a^2} (a^2 - \frac{e^2}{a^2} x^2) \\ v_h &= v_{ch} \sqrt{1 - \frac{e^2}{a^2} (1 - e^2)^2 x^2} \end{aligned} \right\} 174.]$$

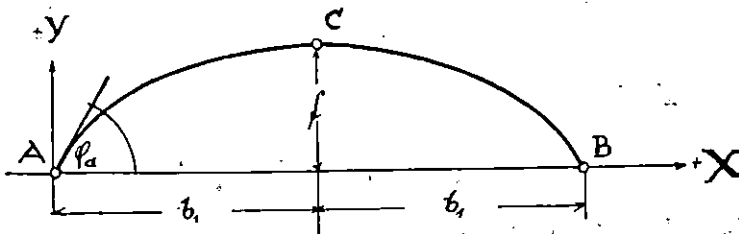
U svrhu za kojom se ide, zgodnije će biti, da se uvede radius krivosti r_c (u tački C, vrhu ispružene elipse) namjesto parametra p u formule. Između jedne i druge veličine postoji snošaj:

$$p = \frac{b^2}{a} = \frac{a^2}{b} \left(\frac{b}{a}\right)^3 = r_c (1 - e^2)^{3/2}, \quad 175.]$$

a formula 174.) poprima oblik:

$$v_h = v_{ch} \sqrt{1 - \frac{e^2 \cdot x^2}{r_c^2 (1 - e^2)}} \quad 174a.]$$

Postupajući analogno kao prije, promatra se ta elipsa u koordinatnom sistemu sa ishodištem u tački A, na početku krivulje



Slika 19.

(slika 19.) U tom koordinatnom sistemu jednadžba ispružene elipse glasi:

$$y = \frac{b}{a} [\sqrt{a^2 - (x - b_1)^2} - \sqrt{a^2 - b_1^2}], \quad 176.]$$

a njezin prvi izvod:

$$y' = \operatorname{tg} \varphi = -\frac{b}{a} \cdot \frac{x - b_1}{\sqrt{a^2 - (x - b_1)^2}} = -\frac{(1 - \varepsilon^2)^{1/2}}{p} \cdot \frac{x - b_1}{\sqrt{1 - \frac{(1 - \varepsilon^2)^2}{p^2} (x - b_1)^2}} = -\frac{1}{r_c} \cdot \frac{x - b_1}{\sqrt{1 - \frac{(x - b_1)^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}}} \quad 177.]$$

Dakle je:

$$\sqrt{1 - \frac{(x - b_1)^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}} = -\frac{x - b_1}{r_c \operatorname{tg} \varphi} \quad 177a.)$$

Nadalje je:

$$\sin \varphi = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \varphi}} = -\frac{x - b_1}{r_c \sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2 (x - b_1)^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}}} \quad 178.]$$

Dakle je:

$$\sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2 (x - b_1)^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}} = -\frac{x - b_1}{r_c \sin \varphi} \quad 178a.)$$

Jednadžba brzine 174a.) glasi u ovom koordinatnom sistemu, obzirom na jednadžbu 178a.):

$$\frac{v_h}{v_{hc}} = \frac{v}{v_c} = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2 (x - b_1)^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}} = -\frac{x - b_1}{r_c \sin \varphi} \quad 179.]$$

Na početku krivulje je, za $x = 0$:

$$\operatorname{tg} \varphi_a = \frac{b_1}{r_c \sqrt{1 - \frac{b_1^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}}} \quad 180.)$$

Dakle je:

$$\sqrt{1 - \frac{b_1^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}} = \frac{b_1}{r_c \operatorname{tg} \varphi_a} \quad 180a.)$$

Nadalje je u istoj tački:

$$\sin \varphi_a = \frac{b_1}{r_c \sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2 b_1^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}}} \quad 181.]$$

Dakle je:

$$\sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2 b_1^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}} = \frac{b_1}{r_c \sin \varphi_a} \quad 181a.)$$

A onda je:

$$\frac{v_a}{v_c} = \sqrt{1 - \frac{\varepsilon^2 b_1^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)}} = \frac{b_1}{r_c \sin \varphi_a} \quad 182]$$

Drugi izvod jednadžbe 176.) glasi:

$$y'' = - \frac{ab}{[a^2 - (x - b_1)^2]^{3/2}}$$

apsolutni pak iznos polumjera krivosti iznosi:

$$r = \frac{(1 + y''^2)^{3/2}}{y''} = \frac{a^2}{b} \left[1 - \left(\frac{\varepsilon}{a}\right)^2 (x - b_1)^2 \right]^{3/2} = \quad 183.]$$

$$= r_c \left[1 - \frac{\varepsilon^2 (x - b_1)^2}{r_c^2 (1 - \varepsilon^2)} \right]^{3/2} = \left[\frac{v_a}{v_c}\right]^3 \cdot r_c.$$

Na početku krivulje je: $r_a = \left(\frac{v_a}{v_c}\right)^3 r_c$. 184.]

Kod putoklazine ovog oblika redovno je određen minimalni polumjer krivosti na početku krivulje r_a . Polumjer krivosti r_c na vrhu ispružene elipse, u tački C, određuje se onda iz posljednje formule.

Iz općenite formule 40.) slijedi: $tg\beta_c = \frac{v_c^2}{gr_c}$. 185.]

za vrh elipse. Poprečan nagib putoklazine u povoljnoj tački ispružene elipse mjeri pak:

$$tg\beta = \frac{v_c}{v} tg\beta_c. \quad 186.]$$

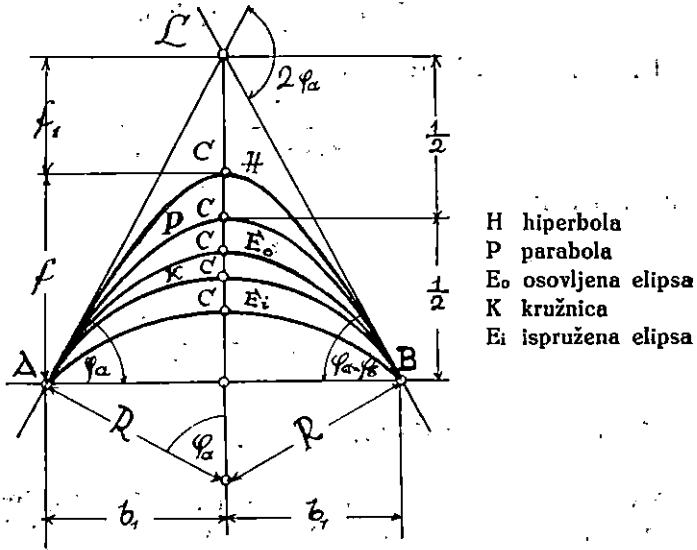
Visina strijelice u vrhu ispružene elipse, ordinata tačke C mjeri:

$$f = \frac{b_1^2 tg\varphi_a}{b_1^2 + r_c tg\varphi_a} = \frac{b_1 \sin \varphi_a}{\cos \varphi_a + \frac{v_c}{v_a}}. \quad 187.]$$

Uzdružni nagib tga određuje se kao i kod ostalih čuniosječica:

15. Horizontalna projekcija osovine putoklazine je povoljna čunjosječica. Lomi li se horizontalna projekcija trase putoklazine, sastavljene od pravaca, u tački L (vidi sl. 20), polučuje se prelaz smjera iz jednog pravca u drugi s pomoću tangencijalne krivulje. Redovno se iskolčuje u tu svrhu kružnica sa prelaznom krivuljom ili bez nje. No može se upotrijebiti i druga koja krivulja postojeane krivosti, naročito i druga koja čunjosječica izim kružnice. Osovljena elipsa, parabola, a

naročito hiperbola priljubljuje se uz tangente mnogo tješnje od kružnice, a imaju i tu prednost, da im polumjer krivosti



Slika 20.

poprma minimalnu vrijednost samo jednaputa, i to na vrhu kod osovljene elipse, parabole i hiperbole, u tački C, a dva-puta kod ispružene elipse, na početku i na kraju luka, u tački A i B. Prelazna krivulja ispada predugačka uz kružnicu malog polumjera, spomenuto je bilo već i prije. Jednostavna krivulja parabola ili hiperbola imati će prednost pred složenom krivuljom od kružnice i prelazne krivulje u takovom slučaju, jer je kraća, a priljubljuje se uz tangente praktički gotovo jednako kao i prelazna krivulja. Mnogoput prilagodit će se i terenskim prilikama druga koja čunjosječica bolje od kružnice. S upotrebom druge koje čunjosječice mogu se dakle prištediti i suvišni građevni troškovi. Zbog toga se promatraju u ovoj tački sve čunjosječice, jednako duge tetive $AB = 2b_1$ sa teoretske strane, iznose pojave, koje su im zajedničke, a izvode kriteriji, po kojima ih treba razlikovati i prema prilikama upotrijebiti.

U vrhu C svake čunjosječice tangencijalna komponenta akceleracije jednaka je ničtici, dakle je $v = u$ u toj tački; kako je već bilo obrazloženo i prije. Odatle izlazi za poprečan nagib u toj tački, kod sviju čunjosječica bez razlike:

$$\operatorname{tg} \beta_c = \frac{\sqrt{\operatorname{tg}^2 \alpha - u^2}}{u \cos \alpha} \quad 188]$$

Kod kružnice je tangencijalna komponenta akceleracije u svakoj tački jednaka ničici. Formula 188.) vrijedi osim toga dakle kod kružnice i u svakoj tački (isporedi jednadžbu 17). Nadalje vrijedi za poprečan nagib u vrhu svake čunjosječice i općenita formula 40.) (kod kružnice u svakoj tački):

$$\operatorname{tg} \beta_c = \frac{v_c^2}{gr_c} \quad 189.)$$

Izjednače li se dvije posljednje jednadžbe, izlazi:

$$v_c^2 = gr_c \operatorname{tg} \beta_c = \frac{gr_c}{\cos \alpha} \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1} \quad 190.)$$

Isporede li se jednadžbe 126, 145, 164 i 182 vidi se, da vrijedi za sve čunjosječice bez razlike općenita jednadžba:

$$\frac{v_a}{v_c} = \frac{b_1}{r_c \sin \varphi_a} \quad 191.)$$

(Napose je kod parabole obzirom na jednadžbe 121. i 191. uz $r_c = p$:

$$\frac{v_a}{v_c} = \frac{p \operatorname{tg} \varphi_a}{p \sin \varphi_a} = \frac{1}{\cos \varphi_a} \quad 191a.)$$

u skladu sa jednadžbom 126. Kod kružnice je $\frac{v_a}{v_c} = 1$). Jednadžba 190.) može se dakle pisati ovako:

$$v_a^2 = k \sqrt{\left(\frac{\operatorname{tg} \alpha}{\mu}\right)^2 - 1}, \quad 192.)$$

a konstanta putoklazine k poprima sada općenitiji oblik:

$$k = \left(\frac{b_1}{r_c \sin \varphi_a}\right)^2 \cdot \frac{gr_c}{\cos \alpha} \quad 193.)$$

te vrijedi za sve čunjosječice bez razlike.

U specijalnom slučaju parabole je:

$$k = \frac{gp}{\cos \alpha \cos^2 \varphi_a} \quad 193a.)$$

dok je konstanta putoklazine izvedene u obliku kružnice, određena već prije, jednadžbom 19.).

Iz jednadžbe 192.) izlazi: Mijenja li se koeficijent trenja na putokluzini stalnog uzdužnog nagiba α , a promjenljivog poprečnog nagiba β , izvedenoj u luku povoljne čunjosječice,

svakoj vrijednosti koeficijenta trenja μ odgovara samo jedna posve određena početna brzina v_a . Ovo pravilo, izrečeno već prije za kružnicu, vrijedi dakle za sve čunjosječice. Kao što tijelo opisuje kružnicu bez p o v o d a, gibajući se na takvoj podlozi jednolično, tako opisuje i bez p o v o d a drugu koju čunjosječicu, gibajući se nejednolično. Podloga mora biti udešena naravno tako, da poprečan nagib zadovoljava jednadžbu

$$tg\beta = \frac{v_c}{v} tg\beta_c \quad 194.]$$

u svakoj tački putanje tijela, jer ta formula vrijedi za sve čunjosječice bez razlike (isporedi jednadžbe 129, 149, 169 i 186.)

Prisposode li se formule 188.), 189.) i 190.) sa formulama 17.) 13.) i 18.) vidi se, da te formule vrijede u svakom profilu kod putoklizine izvedene u obliku kružnice, a samo u jednom profilu, u vrhu, kod putoklizine izvedene u obliku ostalih čunjosječica. Zbog toga određuje se poprečan profil u vrhu ostalih čunjosječica na jednaki način kao i kod kružnice prema rečenome u tački 4. Zbog toga određuje se i u ž d u ž a n n a g i b $tg\alpha$ — a bilo je to obrazloženo i kod svake čunjosječice napose — po formulama 14.) ili 14a.) kod ostalih čunjosječica na jednaki način, kao i kod kružnice. Treba uvrstiti samo $tg\beta_c$ namjesto $tg\beta$ u te formule. A i m i n i m a l a n p o l u m j e r k r i v o s t i r_a kod ispružene elipse, a r_c kod ostalih čunjosječica, određuje se po tablicama II, III i IV kao i kod kružnice, jer su utjecaji na taj polumjer kod svih čunjosječica isti. Treba uzeti u račun samo $v=v_a$ kod ispružene elipse, a $v=v_c$ kod ostalih čunjosječica upotrebljavajući te tablice.

Kod ispružene elipse, slijedi iz jednadžbe 180.) postoji omjer između polovice dužine tetive b_1 i polumjera krivosti u vrhu r_c :

$$\frac{b_1}{r_c} = \frac{\sqrt{1-\varepsilon^2} \cdot tg\varphi_a}{\sqrt{1+tg^2\varphi_a-\varepsilon^2}} \quad 195.]$$

Ova jednadžba poprima oblik, ako je $\varepsilon^2 = 0$:

$$\frac{b_1}{r} = \frac{tg\varphi_a}{\sqrt{1+tg^2\varphi_a}} = \sin\varphi_a .$$

a vrijedi za k r u ž n i c u, jer je kod kružnice numerička ekscentriciteta ε jednaka ničtici. Od ispružene elipse nastala je dakle kružnica. Ista ova jednadžba prelazi u oblik, ako je $\varepsilon^2 = 1$:

$$\frac{b_1}{r_c} = 0 .$$

a to je moguće samo, ako je $r_c = \infty$, jer je $b_1 \leq 0$. Od ispru-

žene elipse nastaje pravac, tetiva AB (slika 20). Numerička ekscentriciteta elipse kreće se u granicama $0 < \varepsilon^2 < 1$, u tom je pak intervalu:

$$0 < \frac{b_1}{r_c} < \sin\varphi_a \quad 196.)$$

Po tom se kriteriju raspoznaje dakle ispružena elipsa, uz zadane veličine: b_1 , r_c i φ_a .

Kod osovljene elipse i hiperbole glasi isti taj omjer između polovice dužine tetive b_1 i polumjera krivosti $r_c = p$ u vrhu (slijedi iz jednadžbe 143. i 162.):

$$\frac{b_1}{r_c} = \frac{b_1}{p} = \frac{tg\varphi_a}{\sqrt{1 + (1 - \varepsilon^2) tg^2\varphi_a}} \quad 197.)$$

U slučaju $\varepsilon^2 = 0$ poprima ova jednadžba opet oblik jednadžbe 195.) a vrijedi za kružnicu.

Ako je $\varepsilon^2 = 1$, onda je:

$$\frac{b_1}{r_c} = \frac{b_1}{p} = tg\varphi_a, \dots \quad 198.)$$

a vrijedi za parabolu (isporedi formulu 121). Kod elipse kreće se numerička ekscentriciteta u granicama $0 < \varepsilon^2 < 1$. Kriterij za osovljenu elipsu glasi dakle:

$$\sin\varphi_a < \frac{b_1}{r_c} = \frac{b_1}{p} < tg\varphi_a \quad 199.)$$

Kod hiperbole je numerička ekscentriciteta $\varepsilon^2 > 1$. Kriterij za hiperbolu glasi dakle:

$$\frac{b_1}{r_c} = \frac{b_1}{p} > tg\varphi_a \quad 200.)$$

Za visinu strijelice vrijedi kod svih čunjosječica, bez razlike, općenita jednadžba:

$$f = \frac{b_1 \sin\varphi_a}{\cos\varphi_a + \frac{v_c}{v_a}} \quad 201.)$$

Napose je

$$\text{kod kružnice: } f = \frac{b_1 \sin\varphi_a}{\cos\varphi_a + 1} = b_1 tg \frac{\varphi_a}{2} \quad 201a.)$$

$$\text{kod parabole: } f = \frac{b_1 \sin\varphi_a}{2 \cos\varphi_a} = \frac{b_1}{2} tg\varphi_a \quad 201b.)$$

Iz' jednadžbe 201.) slijedi onda općenito:

$$\frac{v_c}{v_a} = \frac{f_1}{f} \cos\varphi_a, \quad 202.]$$

ako je $f_1 = b_1 \operatorname{tg}\varphi_a - f$. 203.]

(isporedi sliku 20.) U specijalnom slučaju je kod kružnice:

$$\frac{f_1}{f} = \frac{1}{\cos\varphi_a} = \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\varphi_a} > 1, \quad 204.]$$

a kod parabole: $f_1/f = 1$. 205.]

Dakle je kod hiperbole: $f_1/f < 1$, 206.]

kod osovljene elipse: $1 < f_1/f < \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\varphi_a}$, 207.]

a kod ispružene elipse: $f_1/f > \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2\varphi_a}$. 208.]

Dalje je analogno:

$$\left. \begin{array}{l} \text{kod hiperbole: } \frac{v_c}{v_a} < \cos\varphi_a, \\ \text{kod parabole: } \frac{v_c}{v_a} = \cos\varphi_a, \\ \text{kod osovljene elipse: } \cos\varphi_a < \frac{v_c}{v_a} < 1, \\ \text{kod kružnice: } \frac{v_c}{v_a} = 1, \\ \text{a kod ispružene elipse: } \frac{v_c}{v_a} > 1 \end{array} \right\} \quad 209.]$$

Na kružnici giba se tijelo jednolično, bez povoda, na ispruženoj elipsi sa pospješanjem prema vrhu, a odavde prema kraju sa retardacijom. Kod ostalih čunjosječica obratno: prema vrhu sa retardacijom, a odavle prema kraju sa pospješanjem. U svakom slučaju brzina jednako je velika na početku i na kraju čunjosječice, jer je brzina jednako velika u simetričkim tačkama svake čunjosječice uopće. Iz jednadžbi 127, 142, 161, i 179. slijedi naime za brzinu na kraju luka v_b svake čunjosječice općenito:

$$\frac{v_b}{v_c} = - \frac{b_1}{\rho \sin\varphi_b} \quad 210.]$$

Isporedi li se ova jednadžba sa jednadžbom 191.), a uzme u obzir, da je $\varphi_b = \varphi_a$ i $\rho = r_c$, izlazi:

$$\frac{v_b}{v_c} = - \frac{v_a}{v_c} \text{ ili } v_b = -v_a.$$

v_a i v_b su brzine u povoljno odabranim simetričkim tačkama A i B povoljne čunjosječice. Dakle su brzine u simetričkim tačkama s v a k e čunjosječice doista jednako velike, a razlikuju se samo po predznaku, t. j. po smjeru. Na putoklizini u naravi uistinu neće biti posvema tako, jer je u ovim formulama zanemaren utjecaj zraka. Ovo zanemarenje nema ipak praktičnog značenja. Dužina putoklizine u krivulji razmjerno je kratka. Površina drveta, kojom prodire zrak, malena. Vrijednost koeficijenta trenja, bez utjecaja zraka, također nije poznata. Ta je vrijednost određena uz djelovanje otpora zraka. Zbog toga se i ne uzima zasebno u obzir utjecaj zraka kod praktičnog izračunavanja putoklizina uopće. I ovdje vrijedi općenito pravilo inženjerskih konstrukcija, račun o njima treba tek da se približi što više istinskom stanju u naravi.

Nadalje vrijedi, za sve čunjosječice, bez razlike, općenita jednadžba

$$f = \frac{b_1^2 \operatorname{tg} \varphi_a}{b_1 + r_c \operatorname{tg} \varphi_a} \quad (211.)$$

iz koje slijedi:

$$r_c = \frac{f_1 b_1}{f \operatorname{tg} \varphi_a} \quad (212.)$$

Dakle je:

$$\left. \begin{array}{l} \text{kod hiperbole: } p = r_c < \frac{b_1}{\operatorname{tg} \varphi_a} \\ \text{kod parabole: } p = r_c = \frac{b_1}{\operatorname{tg} \varphi_a} \\ \text{kod osovljene elipse: } \frac{b_1}{\operatorname{tg} \varphi_a} < r_c = p < \frac{b_1}{\sin \varphi_a} \\ \text{kod kružnice } r = \frac{b_1}{\sin \varphi_a} \\ \text{a kod ispružene elipse } r_c > \frac{b_1}{\sin \varphi_a} \end{array} \right\} \quad (213.)$$

Uz istu vrijednost r_c dužina tetiva najveća je kod hiperbole, a najmanja kod ispružene elipse.

Na temelju kriterija, izvedenih u ovoj tački, neće biti teško odabrati čunjosječicu, koja će najbolje pristajati kao osovina putoklizine u konkretnim prilikama. Izpružena elipsa rijetko dolazi u obzir.

16. Putoklizina izvedena je u obliku užljebine, stalnog uzdužnog nagiba. Horizontalna projekcija osovine putoklizine je povoljna čunjosječica. U tačkama 12. do 15. opisani su uvjeti uz koje klizi teško tijelo u obliku povoljne čunjosječice bez p o v o d a. Napose je obrazloženo u prijašnjoj tački uz koje je uvjete brzina jednako velika u simetričkim tačkama čunjosječice. Početna brzina treba da zadovoljava jednadžbu 192.), a podloga konstantnog uzdužnog nagiba . prema formuli 14) ili 14 a.), treba da imade i promjenljiv poprečan nagib, prema formuli 163.), u tom slučaju. Posljednjem uvjetu udovoljiti praktički je lako, ako se daje putoklizni oblik užljebine u krivulji. Teško tijelo klizeći lako nađe potreban poprečan nagib u profilu užljebine i onda, kada je ona izvedena konstantnog oblika duž cijele krivulje. Dapače, najjednostavnije ovo rješenje je i najbolje. Treba samo da je izveden profil doista sa poprečnim nagibom, od najmanje do najveće potrebne vrijednosti, postojano, na način, obrazložen u tački četvrtoj. Tijelo opisuje u takovom slučaju, — klizeći i tražeći brzini odgovarajući nagib, te mijenjajući položaj unutar žlijeba, — postojanu krivulju, koja se malo ili nikako ne razlikuje od računski pretpostavljene. Imade li osovina putoklizine oblik krivulje iznad kružnice, dakle oblik osovljene elipse, parabole ili hiperbole u horizontalnoj projekciji, prelazna krivulja otpada redovno. U tom slučaju r_a prekoračuje redovno vrijednost polumjera kružnice, uz koju nije više potrebno iskolčenje prelazne krivulje. Oblik užljebine bit će dakle gotovo jednak u pravcu i u krivulji, ako je ona oblika čunjosječice iznad kružnice. Proširenje, ili neznatne deformacije užljebine bit će od potrebe tek u okolici vrha takove čunjosječice, gdje prima polumjer krivosti najmanju vrijednost.

Dajući ali putoklizini oblik užljebine u krivulji, čini se više nego što treba. Užljebina ne služi naime teškom tijelu samo kao p o d l o g a, nego djeluje na nj i kao p o v o d, te ga sili zbog visokih stijena, da se giba na određenom putu i onda, kada njegova početna brzina ne zadovoljava jednadžbu 192.). Kod kružnice ne giba se tijelo jednolično u takovom slučaju. Kod ostalih pak čunjosječica brzina tijela neće biti više jednaka u simetričkim tačkama. Treba dakle odrediti način, kako se mijenja brzina u tom slučaju? Za ispitivanje i dimenzioniranje putoklizine od važnosti je poznavati brzinu samo na kraju luka v_b . Treba dakle odrediti tu brzinu, ako iznosi brzinu na tijelu na početku povoljne čunjosječice:

$$v_a^2 \geq k \sqrt{\left(\frac{tga}{\mu}\right)^2 - 1} = c_a^2 \quad 192a)$$

Promatrajući sliku 20.) vidi se, ako je $v_a = c_a$, da je brzina na kraju luka v_b jednaka brzini na početku luka v_a u svakom slu-

čaju, putovalo tijelo od tačke A do tačke B kružnicom, ili drugom kojom povoljnom čunjosječićom, jer su tačke A i B zajedničke simetričke tačke svih tih čunjosječića, a brzina tijela jednako je velika u simetričkim tačkama svake čunjosječice, bez razlike u takovom slučaju. Imade li tijelo u tački A brzinu $v_a \geq c_a$, brzina v_b u tački B bit će različna od brzine v_a u tački A , no jednako velika, putovalo tijelo kružnicom ili drugom kojom čunjosječićom od A do B , jer su to zajedničke tačke svih tih čunjosječića. Zbog toga mogu se upotrijebiti formule izvedene u tački 8.) za izračunavanje brzine v_b u slučaju $v_a \geq c_a$ i onda, kada klizi teško tijelo užljebinom stalnog nagiba, izvedenom ne samo u obliku kružnice, nego i u obliku povoljne druge koje čunjosječice, jednako duge tetive, u horizontalnoj projekciji. Uistinu klizi tijelo povoljnom čunjosječićom od A do B . Računajući pak brzinu v_b u tački B uzima se, da klizi kružnicom jednako duge tetive od A do B , u takovom slučaju. Ovaj zaključak izveden analogijom, nalazi potkrepu još i u tome, što se mijenja — uz zanemarenje utjecaja zraka — samo način promjene brzine sa oblikom krivulje na putu od A do B , dok iznos promjene brzine ostaje isti u tim tačkama, zbog zakona o živoj sili i radnji, pod istim inače utjecajima.

U ostalim tačkama između tačke A i B brzina tijela je različita na kružnici, a različita na drugoj kojoj čunjosječici jednako duge tetive. Naročito je ta razlika najveća u vrhu, u tački C (sl. 20). No može se izračunati na slijedeći način:

Označuje li c_c brzinu u vrhu kružnice, a ta se može odrediti po formulama, izvedenima u osmoj tački, mjeri brzina v_c u vrhu povoljne druge koje čunjosječice, jednako duge tetive, slijedi općenito iz jednadžbe 191.):

$$v_c = c_c \frac{r_c \sin \varphi_a}{b_1} \quad 214.]$$

Ako je ta čunjosječica parabola, napose:

$$v_c = c_c \cdot \cos \varphi_a \quad 215.]$$

Brzina u ostalim tačkama čunjosječice nema značenja za praktično izračunavanje i osnivanje putoklizina. Zbog toga u daljnji račun i ne ulazi. Treba tek primjetiti još nešto glede upotrebe formula, izvedenih u osmoj tački, i formula izvedenih u tačkama 11 do 16. Prve se odnose na kružnicu, a druge na ostale čunjosječice.

Slovo φ označuje dvojakuti kut. Kod kružnice u osmoj tački centrični kut, a kod ostalih čunjosječica (i kod kružnice) u tačkama 11 do 16 kut tangente prema tetivi. Računajući nadalje brzinu v_b i c_c po formulama, koje vrijede za kružnicu, iako putuje tijelo uistinu drugom kojom čunjosječićom, jedna-

ko duge tetive, treba imati na umu, da je visinska razlika između tačke A i B uvijek ista. Uzdužni nagib tga drugačiji je dakle na kružnici, a drugačiji na drugoj kojoj čunjosječici, jednako duge tetive. Upotrebljavajući dakle formule osme tačke treba odrediti uzdužni nagib tga iz visinske razlike obiju tačaka A i B i dužine luka kružnice nad tetivom, nad kojom se nalazi čunjosječica, kojom će kliziti tijelo uistinu. Ova se okolnost može iskoristiti eventualno i odabrati čunjosječicu najpovoljnijeg nagiba u konkretnom slučaju.

Zbog nedostataka, obrazloženih u desetoj tački, upotrijebiti će se mjesto putoklazine providene sa uzljebinom u krivulji, više:

17. Putoklazina, providena sa švarcvaldskim profilom, stalnog uzdužnog nagiba. Horizontalna projekcija osovine putoklazine je povoljna čunjosječica. Neznatan utjecaj poprečnog nagiba se zanemaruje. Taj se nagib određuje po najmanjoj brzini, njegov je iznos minimalan, te se može izostaviti kod računanja putoklazine ovakovog tipa uopće. Razlikovati treba opet dva slučaja.

a.) U prvom je slučaju brzina tijela jednako velika u simetričkim tačkama čunjosječice. Brzina u vrhu svake čunjosječice računa se po formuli 57.) bez razlike. Ta formula poprima sada općenitiji oblik:

$$v_c^2 = \frac{r_c g}{\cos \alpha} \cdot \frac{tga - \mu_1}{\mu_2} \quad 216.)$$

r_c označuje polumjer krivosti u vrhu čunjosječice, μ_1 koeficijent trenja podloge, μ_2 koeficijent trenja povoda, α uzdužni nagib, a g akceleraciju teže, kao i prije.

Za sve čunjosječice vrijedi jednadžba 191.) bez razlike i u ovom slučaju. Iz ove pak jednadžbe i jednadžbe 216.) slijedi daljnji uvjet, kojemu treba da udovolji početna brzina:

$$v_a^2 = k \cdot \frac{tga - \mu_1}{\mu_2} \quad 217.)$$

Konstanta putoklazine k ove formule određena je već jednadžbom 193.)

Uzdužni nagib određuje se po najmanjoj brzini, uz koju se želi, da radi putoklazina, s pomoću formule 58.) koja poprima sada općenitiji oblik:

$$tga = \mu_1 + \frac{v_c^2}{gr_c} \cdot \frac{\mu_2}{\sqrt{1 + \mu_1^2}} \quad 218.)$$

a vrijedi za sve čunjosječice bez razlike. Brzina na kraju luka v_b jednaka je naravno brzini na početku luka v_a u ovom

slučaju. Izvod ovih formula podudara se u svemu sa izvodom analognih formula u sedmoj tački, za specijalan slučaj kružnice. Zbog toga su ovdje izneseni samo rezultati.

Brzina na početku luka može imati samo jednu posve određenu vrijednost po formuli 217.) uz određene koordinirane vrijednosti koeficijenta trenja μ_1 i μ_2 , na istoj putoklizinu i u ovom slučaju, ako se želi, da bude u simetričkim tačkama putoklazine brzina jednako velika. Uistinu rijedak je to slučaj. Brzina na početku luka redovno ne zadovoljava jednažbu 217.) Redovno će biti

b.) brzina tijela različita u simetričkim tačkama čunjosječice, osovine putoklazine. Ako je dakle u tački A:

$$v_a^2 \leq k \frac{tga - \mu_1}{\mu_2} = c_a^2,$$

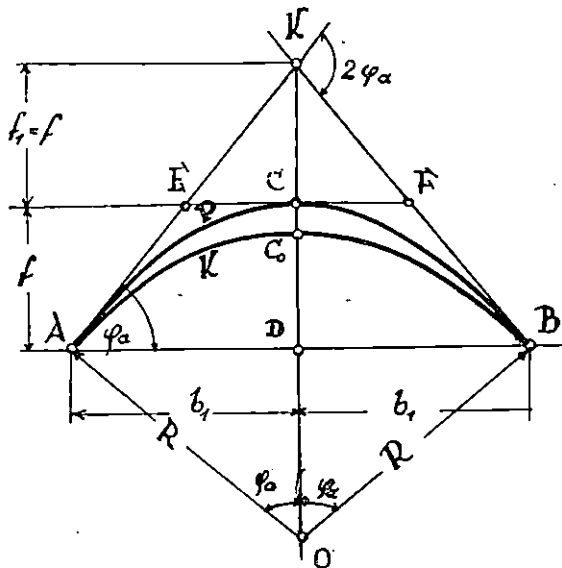
mogu se upotrijebiti opet formule izvedene u sedmoj tački za taj slučaj, računajući brzinu v_b na kraju luka, u tački B i onda, kada ne klizi tijelo u obliku kružnice, nego u obliku povoljne druge koje čunjosječice, jednako duge tetive, iz razloga, navedenih u prijašnjoj tački. Klizi li dakle tijelo povoljnom kojom čunjosječicom, računski će se uzeti kao da klizi kružnicom, nad istom tetivom, a brzina tijela v_b na kraju luka odrediti iz formula izvedenih u sedmoj tački za taj slučaj.

Označuje li nadalje c_e brzinu tijela u vrhu takove kružnice, brzina tijela u vrhu povoljne druge koje čunjosječice, nad istom tetivom, određuje se po formulama 214.) i 215.) analogno kao kod putoklazine, izvedene u obliku užljebine. Jednako vrijedi i ostalo rečeno u prijašnjoj tački, glede upotrebe formula, koje se odnose na kružnicu, i u ovom slučaju, kada se primjenjuju na drugu koju čunjosječicu, jednako duge tetive.

Putoklizinu treba osnovati na otvorenoj pruži tako, da bude $v_a \leq c_a$, ili barem, da nije v_a mnogo veća od c_a , ako se želi spriječiti izdizanje tijela. U protivnom slučaju bit će gibanje tijela nepravilno, zbog jake retardacije, neznatna zapreka može biti uzrok, da tijelo izade iz putoklazine. Čunjosječice, izim ispružene elipse, razlikuju se od kružnice baš u tom pogledu, jer na njima vlada retardacija u prvoj polovini krivulje i onda, kada je $v_a \leq c_a$. Treba se dakle pobrinuti za dovoljno visoki povod usvakom dijelu putoklazine u krivulji, na kojem vlada retardacija.

18. Primjer. Podaci, uz koje se imade osnovati putoklizinu, jednaki su onima u prvom primjeru, desete tačke. Namjesto kružnice neka je sada horizontalna projekcija osovine putoklazine parabola, a namjesto užljebine, neka je providena

sada putoklizina sa švarcvaldskim profilom. Ovdje se radi o osnježenoj putoklizini. Dok se kreće vrijednost koeficijenta trenja podloge u granicama $0,10 \leq \mu_1 \leq 0,20$, koeficijent povoda, stijene braniča, nalazi se u granicama: $0,10 \leq \mu_2 \leq 0,15$. Ovi podci vrijede za dugo drvo. Prema ograničenim vrijednostima iskombinirane su onda ostale koordinirane vrijednosti obiju koeficijenata trenja na način, kako je iskazano u skrižaljci 10. Iako će se izvesti osovina putoklizine u obliku parabole u horizontalnoj projekciji, račun se provodi, kao da je ta osovina kružnica, jednako duge tetive. Prema označenim podacima, razabire se iz slike 21, polovica dužine te tetive mjeri:



Slika 21.

$$b_1 = R \sin \varphi_a = 200 \cdot \sin \frac{\pi}{4} = 141,42 \text{ m.}$$

Uzdužni nagib kružnice mjeri $\operatorname{tg} \alpha = 0,20$. Dužina luka kružnice iznosi: $\frac{R \pi}{2} = \frac{200 \pi}{2} = 314,16 \text{ m}$. Visinska razlika između tačke A i B pak $314,16 \times 0,2 = 62,83 \text{ m}$. Dužina luka parabole AC mjeri:

$$s = \frac{p}{2} \left[\frac{\sin \varphi_a}{\cos^2 \varphi_a} + \operatorname{lnctg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_a}{2} \right) \right]. \quad 219.]$$

Iz jednadžbe 198.) slijedi:

$$r_c = p = \frac{b_1}{\operatorname{tg} \varphi_a} = \frac{141,42}{\operatorname{tg} \frac{\pi}{4}} = 141,42,$$

dakle je:

$$s = \frac{141,42}{2} \left[\frac{\sin \frac{\pi}{4}}{\cos^2 \frac{\pi}{4}} + \ln \operatorname{ctg} \left(\frac{\pi}{4} - \frac{\pi}{8} \right) \right] = 162,31 \text{ m.}$$

Nagib parabole, osovine stvarne putoklazine mjeri dakle:

$$\operatorname{tga} = \frac{\frac{1}{2} 62,83}{162,31} = 0,1935; \operatorname{tga} = 193'5''_{00}$$

Iako će se izvesti parabola sa nagibom od $193'5''_{00}$, račun se provodi dalje kao da tijelo klizi kružnicom nagiba $200''_{00}$. Konstanta putoklazine iznosi onda po formuli 19.):

$$k = 200 \cdot 9,81 \cdot \sqrt{1 + 0,20^2} \approx 2000,$$

a kritična brzina računa se po formuli 57.), koja poprima oblik u ovom slučaju:

$$c^2 = 2000 \cdot \frac{\operatorname{tga} - \mu_1}{\mu_2}$$

Brzina na krazu luka v_b mjeri po formuli 65a.):

$$v_b^2 = c^2 - \frac{c^2 - v_a^2}{\mu_2 \pi \cos \alpha}$$

Rezultati izračunati po ovim formulama iskazani su u skrižaljci 10.

Brzina na vrhu kružnice mjeri:

$$c_c^2 = c^2 - \frac{c^2 - v_a^2}{\mu_2 \frac{\pi}{2} \cos \alpha},$$

slijedi iz formule 65a.), jer vrhu kružnice pripada centrični kut $\varphi = \frac{\pi}{4}$. Brzina u vrhu parabole dobije se iz formule 215.), koja sada poprima oblik:

$$v_c = c_c \cdot \cos \frac{\pi}{4} = 0,70711 c_c.$$

Izračunati rezultati, u zadanom intervalu, iskazani su u daljnjoj skrižaljci 11, u kojoj su uspoređene još jednom i sve ostale izračunate brzine.

Skrizaljka 10.

μ_1	v_a^2	v_a	$lg \alpha - \mu_1$	μ_2	c^2	c	L_b^2	v_b	$k = \frac{v_b}{v_a}$
0,19	78,5	8,9	0,01	0,145	137,8	11,7	99,9	10,0	1,12
0,18	157,0	12,5	0,02	0,140	285,7	16,9	202,1	14,2	1,13
0,17	235,4	15,3	0,03	0,135	444,4	21,1	306,5	17,5	1,14
0,16	313,9	17,7	0,04	0,130	615,4	24,8	413,3	20,3	1,15
0,15	392,4	19,8	0,05	0,125	800,0	28,3	522,6	22,9	1,16
0,14	470,9	21,7	0,06	0,120	1000,0	31,6	634,5	25,2	1,16
0,13	549,4	23,4	0,07	0,115	1217,4	34,9	748,4	27,4	1,17
0,12	627,8	25,1	0,08	0,110	1454,5	38,1	865,5	29,4	1,17
0,11	706,3	26,6	0,09	0,105	1714,3	41,8	984,6	31,4	1,18
0,10	784,8	28,0	0,10	0,100	2000,0	44,7	1106,9	33,3	1,19

Skrizaljka 11.

μ_2	C_c^2	kružnica			parabola		
		v_a	C_c	v_b	v_a	v_a	v_b m ³ m
0,145	90,4	8,9	9,5	10,0	8,9	6,7	10,0
0,140	181,9	12,5	13,5	14,2	12,5	9,5	14,2
0,135	274,6	15,3	16,6	17,5	15,3	11,7	17,5
0,130	368,5	17,7	19,2	20,3	17,7	13,6	20,3
0,125	463,7	19,8	21,5	22,9	19,8	15,2	22,9
0,120	560,2	21,7	23,7	25,2	21,7	16,8	25,2
0,115	657,9	23,4	25,6	27,4	23,4	18,1	27,4
0,110	756,3	25,1	27,5	29,4	25,1	19,4	29,4
0,105	856,4	26,6	29,3	31,4	26,6	20,7	31,4
0,100	957,8	28,0	30,9	33,3	28,0	21,8	33,3

Polumjer krivosti mjeri na početku parabole po formuli 124.):

$$r_a = \frac{141,42}{\cos^2 \frac{\pi}{4}} = 400 \text{ m.}$$

Uz toliki polumjer ne iskolčuje se prelazna krivulja niti kod kružnice. Prelazna krivulja otpada dakle i ovdje. Visina strijelice mjeri kod kružnice (po jednadžbi 201a.):

$$f = 141,42 \operatorname{tg} \frac{\pi}{8} = 58,56 \text{ m, a kod parabole (po jednadžbi}$$

$$201b.): f = \frac{141,42}{2} \operatorname{tg} \frac{\pi}{4} = 70,71 \text{ m.}$$

Vrh parabole udaljeno je za 12,15 m više nego vrh kružnice od zajedničke tetive. U prvom primjeru desete tačke najveća dužina drveta iznosila je 26 m i to samo za $\mu_1 = 0,19$. U ostalom zadanom intervalu koeficijenta trenja moglo se je otpremati razmjerno samo kratko drvo tom putoklzinom (isporedi tamo). U ovom primjeru gdje je upotrijebljen švarcvaldski profil, namjesto užljebine, najveća dužina drveta može iznositi preko 30 m i to u cijelom zadanom intervalu koeficijenta trenja. Ta je dužina pronađena iz formule 48a.), koja poprma u ovom slučaju oblik:

$$r_c \geq 0,65lv_c,$$

a odatle:

$$l = \frac{141,42}{0,65 \times 6,7} \approx 32 \text{ m.}$$

ovom se putoklzinom može otpremati dakle 30 m. dugo drvo u svako doba, bez obzira na vrijednost koeficijenta trenja, ako je putoklizina dovoljno široka (u ovom slučaju je $f \approx 0,80$ m, treba dakle cca 2,0 široka putoklizina i to samo na vrhu. Prema krajevima može se ta širina postojano suziti na normalnu širinu putoklazine u pravcu). Odatle proizlazi velika prednost švarcvaldskog profila pred užljebinom.

Za iskolčenje osovine putoklazine, parabole, mogu poslužiti ovi podaci:

Dužina tangente:

$$AK = BK = \begin{cases} \frac{b_1}{\cos \varphi_a} = \frac{141,42}{\cos \frac{\pi}{4}} = 200 \text{ m} \\ R \cdot \operatorname{tg} \varphi_a = 200 \operatorname{tg} \frac{\pi}{4} = 200 \text{ m} \end{cases}$$

$$\text{Nadalje je: } AE = EK = \frac{AK}{2} = 100 \text{ m.}$$

$$EC = CF = \frac{b_1}{2} = \frac{141,42}{2} = 70,71 \text{ m.}$$

$$KC = CD = f = 58,56 \text{ m.}$$

Sa tangente ECF iskolčuju se tačke parabole s pomoću jednadžbe:

$$y = \frac{x^2}{2p} = \frac{x^2}{282,34}.$$

Apscisa x je dužina mjerama na tangentu od C prema E ili F , a ordinata y je dužina mjerena okomito na tangentu. Sa tangente AE ili BF prema vrhu K mogu se kolčiti tačke parabole s pomoću formule:

$$(x + y \operatorname{tg} \varphi_a)^2 = 2yr_a. \quad 220.)$$

Apscisa x mjeri se u smjeru od A (B) prema E (F), a ordinata y okomito na taj smjer. Ako je $y \operatorname{tg} \varphi_a$ dovoljno maleno prema x , gornja formula poprima jednostavniji oblik:

$$y = \frac{x^2}{2r_a}. \quad 220a)$$

*
* *
*

Sve formule izvedene u ovoj raspravi, koje se protežu na putoklizinu, izvedenu u obliku užljebine, mogu se upotrijebiti naravno i kod drvenog točila u krivulji, bez promijene.

Kod prosuđivanja promjene brzine tijela na putoklizini, kao cjelini, moći će se pojednostaviti računski mnogošto i u krivulji u skladu sa načinom, koji sam izveo za ostali dio putoklizine u raspravi. »Prilog teoriji putoklizina«. Govorit ću o tome ipak drugom prilikom. Za početak bilo je potrebno razmotriti klizanje teškog tijela na putoklizini u krivulji zasebno, matematski dovoljno tačno, da se prijede s tim sigurnije i lakše na cjelovit i približan postupak poslije. Zbog toga su i primjeri izrađeni u ovoj raspravi kud i kamo u širem opsegu, nego što je praktički potrebno. U najviše slučajeva ograničit će se račun o promjeni brzine tijela samo na granične vrijednosti zadanog intervala koeficijenta trenja. Sigurno se može postupiti ali tako samo na temelju utvrđenih pravila ili formula, matematski potpuno raščišćenih već prije. Na taj način narasao je opseg ovog zasebnog dijela veći, nego što se je mislilo u prvi čas, a nastala je otuda i potreba, da se iznese u zasebnoj raspravi, kako bi manje gubio na preglednosti postupak, kod osnivanja i izračunavanja putoklizine, kao cjeline.

Drugi, možda još snažniji povod, bila je mršava djelomice netačna i razrožna stručna šumarska literatura u predmetu ove rasprave. Od svega, o čemu se ovdje govori sa teoretske strane, iznjeo je Dr. Hanska formulu za poprečar. nagib:

$$tg\beta = \frac{v^2 \cos^2 a}{gr}$$

a Dr. Angerholzer: $tg\beta = \frac{v^2}{gr \cos a}$

Prva formula vrijedi za klizanje teškog tijela na podlozi, izvedenoj u luku kružnice, inače stalnog uzdužnog nagiba, bez trenja, kako je dokazano u drugoj tački ove rasprave, a druga formula daje srednju neku takovu vrijednost za putoklizinu sa trenjem i bez trenja. Ni jedna ni druga formula ne može se upotrijebiti dakle u šumarstvu, na putoklizinu sa trenjem. Nadalje je postavio Dr. Hauska i formulu:

$$tga = \frac{\mu}{tg\beta}$$

s pomoću koje bi se imao odrediti uzdužan nagib putoklazine u krivulji. No ta formula imade sasvim drugi oblik (isporedi formulu 14.) i 14a.)), dokazano je u ovoj raspravi. Mnogi autori, osim već spomenutih, postavili su i formule za minimalan polumjer krivosti, ali na način, koji se razlikuje od načina upotrijebljenog u ovoj raspravi. O računu promjene brzine tijela nema u toj literaturi nikakvih konkretnih podataka, matematskih forma, koje bi se mogle iskoristiti kod osnivanja putoklazine u krivulji.

v	v ²	$\frac{v^2}{g}$	v	v ²	$\frac{v^2}{g}$	v	v ²	$\frac{v^2}{g}$	v	v ²	$\frac{v^2}{g}$
21,3	453,69	46,248	26,3	691,69	70,509	31,3	979,69	99,886	36,3	1317,69	134,321
4	457,96	46,683	4	696,96	71,046	4	985,96	100,506	4	1324,96	135,062
5	462,25	47,120	5	702,25	71,585	5	992,25	101,147	5	1332,25	135,805
6	466,56	47,560	6	707,56	72,126	6	998,56	101,790	6	1339,56	136,550
7	470,89	48,001	7	712,89	72,670	7	1004,89	102,435	7	1346,89	137,298
8	475,24	48,444	8	718,24	73,215	8	1011,24	103,083	8	1354,24	138,047
9	479,61	48,890	9	723,61	73,762	9	1017,61	103,732	9	1361,61	138,798
22,0	484,00	49,337	27,0	729,00	74,312	32,0	1024,00	104,383	37,0	1369,00	139,551
1	488,41	49,787	1	734,41	74,863	1	1030,41	105,037	1	1376,41	140,307
2	492,84	50,239	2	739,84	75,417	2	1036,84	105,692	2	1383,84	141,064
3	497,29	50,692	3	745,29	75,972	3	1043,29	106,350	3	1391,29	141,824
4	501,76	51,148	4	750,76	76,530	4	1049,76	107,009	4	1398,76	142,585
5	506,25	51,606	5	756,25	77,090	5	1056,25	107,671	5	1406,25	143,349
6	510,76	52,065	6	761,76	77,651	6	1062,76	108,334	6	1413,76	144,114
7	515,29	52,527	7	767,29	78,215	7	1069,29	109,000	7	1421,29	144,882
8	519,84	52,991	8	772,84	78,781	8	1075,84	109,668	8	1428,84	145,651
9	524,41	53,457	9	778,41	79,349	9	1082,41	110,337	9	1436,41	146,423
23,0	529,00	53,925	28,0	784,00	79,918	33,0	1089,00	111,009	38,0	1444,00	147,197
1	533,61	54,394	1	789,61	80,490	1	1095,61	111,683	1	1451,61	147,972
2	538,24	54,866	2	795,24	81,064	2	1102,24	112,359	2	1459,24	148,750
3	542,89	55,340	3	800,89	81,640	3	1108,89	113,037	3	1466,89	149,530
4	547,56	55,817	4	806,56	82,218	4	1115,56	113,717	4	1474,56	150,311
5	552,25	56,295	5	812,25	82,798	5	1122,25	114,399	5	1482,25	151,121
6	556,96	56,775	6	817,96	83,380	6	1128,96	115,083	6	1489,96	151,882
7	561,69	57,257	7	823,69	83,964	7	1135,69	115,769	7	1497,69	152,670
8	566,44	57,741	8	829,44	84,550	8	1142,44	116,457	8	1505,44	153,460
9	571,21	58,227	9	835,21	85,139	9	1149,21	117,147	9	1513,21	154,252
24,0	576,00	58,716	29,0	841,00	85,729	34,0	1156,00	117,839	39,0	1521,00	155,046
1	580,81	59,206	1	846,81	86,321	1	1162,81	118,533	1	1528,81	155,842
2	585,64	59,698	2	852,64	86,915	2	1169,64	119,229	2	1536,64	156,640
3	590,49	60,193	3	858,49	87,512	3	1176,49	119,927	3	1544,49	157,440
4	595,36	60,689	4	864,36	88,110	4	1183,36	120,628	4	1552,36	158,243
5	600,25	61,188	5	870,25	88,710	5	1190,25	121,330	5	1560,25	159,047
6	605,16	61,688	6	876,16	89,313	6	1197,16	122,035	6	1568,16	159,853
7	610,09	62,191	7	882,09	89,917	7	1204,09	122,741	7	1576,09	160,662
8	615,04	62,695	8	888,04	90,524	8	1211,04	123,450	8	1584,04	161,472
9	620,01	63,202	9	894,01	91,133	9	1218,01	124,160	9	1592,01	162,284
25,0	625,00	63,710	30,0	900,00	91,743	35,0	1225,00	124,873	40,0	1600,00	163,099
1	630,01	64,221	1	906,01	92,356	1	1232,01	125,587	1	1608,01	163,915
2	635,04	64,734	2	912,04	92,970	2	1239,04	126,304	2	1616,04	164,734
3	640,09	65,249	3	918,09	93,587	3	1246,09	127,022	3	1624,09	165,555
4	645,16	65,766	4	924,16	94,206	4	1253,16	127,743	4	1632,16	166,377
5	650,25	66,284	5	930,25	94,827	5	1260,25	128,466	5	1640,25	167,202
6	655,36	66,805	6	936,36	95,450	6	1267,36	129,191	6	1648,36	168,029
7	660,49	67,328	7	942,49	96,074	7	1274,49	129,917	7	1656,49	168,857
8	665,64	67,853	8	948,64	96,701	8	1281,64	130,646	8	1664,64	169,688
9	670,81	68,380	9	954,81	97,330	9	1288,81	131,377	9	1672,81	170,521
26,0	676,00	68,909	31,0	961,00	97,961	36,0	1296,00	132,110	41,0	1681,00	171,356
1	681,21	69,440	1	967,21	98,594	1	1303,21	132,845	1	1689,21	172,193
2	686,44	69,973	2	973,44	99,229	2	1310,44	133,582	2	1697,44	173,032

v	v ²	$\frac{v^2}{g}$	v	v ²	$\frac{v^2}{g}$	v	v ²	$\frac{v^2}{g}$	v	v ²	$\frac{v^2}{g}$
41,3	1705,69	173,873	44,8	2007,04	204,591	48,2	2323,24	236,823	51,7	2672,89	272,466
4	1713,96	174,716	9	2016,01	205,506	3	2332,89	237,807	8	2683,24	273,521
5	1722,25	175,551				4	2342,56	238,793	9	2693,61	274,578
6	1730,56	176,408	45,0	2025,00	206,422	5	2352,25	239,781			
7	1738,89	177,257	1	2034,01	207,340	6	2361,96	240,771	52,0	2704,00	275,637
8	1747,24	178,109	2	2043,04	208,261	7	2371,69	241,762	1	2714,41	276,698
9	1755,61	178,961	3	2052,09	209,183	8	2381,44	242,756	2	2724,84	277,761
			4	2061,16	210,108	9	2391,21	243,752	3	2735,29	278,827
42,0	1764,00	179,817	5	2070,25	211,034				4	2745,76	279,894
1	1772,41	180,674	6	2079,36	211,963	49,0	2401,00	244,750	5	2756,25	280,963
2	1780,84	181,533	7	2088,49	212,894	1	2410,81	245,750	6	2766,76	282,035
3	1789,29	182,394	8	2097,64	213,827	2	2420,64	246,752	7	2777,29	283,108
4	1797,76	183,257	9	2106,81	214,761	3	2430,49	247,756	8	2787,84	284,183
5	1806,25	184,123				4	2440,36	248,762	9	2798,41	285,261
6	1814,76	184,991	46,0	2116,00	215,698	5	2450,25	249,771			
7	1823,29	185,860	1	2125,21	216,637	6	2460,16	250,781	53,0	2809,00	286,340
8	1831,84	186,732	2	2134,44	217,579	7	2470,09	251,793	1	2819,61	287,422
9	1840,41	187,605	3	2143,69	218,521	8	2480,04	252,807	2	2830,24	288,506
			4	2152,96	219,465	9	2490,01	253,823	3	2840,89	289,591
			5	2162,25	220,412				4	2851,56	290,679
43,0	1849,00	188,481	6	2171,56	221,362	50,0	2500,00	254,842	5	2862,25	291,769
1	1857,61	189,359	7	2180,89	222,313	1	2510,01	255,862	6	2872,96	292,860
2	1866,24	190,239	8	2190,24	223,266	2	2520,04	256,885	7	2883,69	293,954
3	1874,89	191,120	9	2199,61	224,221	3	2530,09	257,909	8	2894,44	295,050
4	1883,56	192,004				4	2540,16	258,936	9	2905,25	296,152
5	1892,25	192,890	47,0	2209,00	225,178	5	2550,25	259,964			
6	1900,96	193,778	1	2218,41	226,138	6	2560,36	260,995	54,0	2916,00	297,248
7	1909,69	194,668	2	2227,84	227,099	7	2570,49	262,028	1	2926,81	298,350
8	1918,44	195,560	3	2237,29	228,062	8	2580,64	263,062	2	2937,64	299,454
9	1927,21	196,454	4	2246,76	229,028	9	2590,81	264,099	3	2948,49	300,560
			5	2256,25	229,994				4	2959,36	301,668
44,0	1936,00	197,350	6	2265,76	230,964	51,0	2601,00	265,138	5	2970,25	302,778
1	1944,81	198,248	7	2275,29	231,936	1	2611,21	266,178	6	2981,16	303,890
2	1953,64	199,148	8	2284,84	232,909	2	2621,44	267,221	7	2992,09	305,004
3	1962,49	200,050	9	2294,41	233,885	3	2631,69	268,266	8	3003,04	306,120
4	1971,36	200,954				4	2641,96	269,313	9	3014,01	307,239
5	1980,25	201,860				5	2652,25	270,362			
6	1989,16	202,769	48,0	2304,00	234,862	6	2662,56	271,413	55,0	3025,00	308,359
7	1993,09	203,679	1	2313,61	235,842						

II. Tablica $r^m = \frac{l^2}{8f}$

$\frac{l}{f}$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	$\frac{l}{f}$
2.0	r=	—	—	—	—	—	—	—	—	30	36	42	49	56	2.0
1.9	—	—	—	—	—	—	—	—	26	32	38	44	52	59	1.9
1.8	—	—	—	—	—	—	—	—	28	34	40	47	54	63	1.8
1.7	—	—	—	—	—	—	—	—	29	36	42	50	58	66	1.7
1.6	—	—	—	—	—	—	—	—	31	38	45	53	61	68	1.6
1.5	—	—	—	—	—	—	—	27	33	40	48	56	65	75	1.5
1.4	—	—	—	—	—	—	—	29	36	43	51	60	70	80	1.4
1.3	—	—	—	—	—	—	—	31	38	47	55	65	75	87	1.3
1.2	—	—	—	—	—	—	27	34	42	50	60	70	82	94	1.2
1.1	—	—	—	—	—	—	29	37	45	55	65	77	89	102	1.1
1.0	—	—	—	—	—	25	32	41	50	61	72	85	98	113	1.0
0.9	—	—	—	—	—	27	36	45	56	67	80	94	109	125	0.9
0.8	—	—	—	—	23	31	40	51	63	76	90	106	123	141	0.8
0.7	—	—	—	—	26	35	46	58	71	86	103	121	140	161	0.7
0.6	—	—	—	21	30	41	53	68	83	101	120	141	163	188	0.6
0.5	—	—	—	25	38	49	64	81	100	121	144	169	196	225	0.5
0.4	—	—	20	31	45	61	80	101	125	151	180	211	245	281	0.4
0.3	—	—	27	42	60	82	107	135	167	202	240	282	327	375	0.3
0.2	—	23	40	62½	90	122½	160	202½	250	302½	360	422½	490	562½	0.2
0.1	20	45	80	125	180	245	320	405	500	605	720	845	980	1125	0.1

III. Tablica $f^m = 0.192 \frac{l^m}{v \text{ m/sec}}$

$\frac{l}{v}$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32
2	0.38	0.58	0.77	0.96	1.15	1.34	1.53	1.73	1.92	2.11	2.30	2.49	2.69	2.88	3.07
3	0.26	0.38	0.51	0.64	0.77	0.90	1.02	1.15	1.28	1.41	1.53	1.66	1.79	1.92	2.05
4	0.19	0.29	0.38	0.48	0.58	0.67	0.77	0.86	0.96	1.06	1.15	1.25	1.34	1.44	1.53
5	0.15	0.23	0.31	0.38	0.46	0.54	0.61	0.69	0.77	0.84	0.92	1.00	1.07	1.15	1.23
6	0.13	0.19	0.26	0.32	0.38	0.45	0.51	0.58	0.64	0.70	0.77	0.83	0.90	0.96	1.02
7	0.11	0.16	0.22	0.27	0.33	0.38	0.44	0.49	0.55	0.60	0.66	0.71	0.87	0.82	0.89
8	0.10	0.14	0.19	0.24	0.29	0.34	0.38	0.43	0.48	0.53	0.58	0.63	0.67	0.72	0.77
9	0.09	0.13	0.17	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38	0.43	0.47	0.51	0.55	0.60	0.64	0.68
10	0.08	0.12	0.16	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35	0.38	0.42	0.46	0.50	0.54	0.58	0.61
11	0.07	0.10	0.14	0.17	0.21	0.24	0.28	0.31	0.35	0.38	0.42	0.45	0.49	0.52	0.56
12	0.06	0.10	0.13	0.16	0.19	0.22	0.26	0.29	0.32	0.35	0.38	0.42	0.45	0.48	0.51
13	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27	0.30	0.32	0.35	0.38	0.41	0.44	0.47
14	0.06	0.09	0.11	0.14	0.17	0.19	0.22	0.25	0.27	0.30	0.33	0.36	0.38	0.41	0.44
15	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.20	0.23	0.26	0.28	0.31	0.33	0.36	0.38	0.41
16	0.05	0.07	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24	0.26	0.29	0.31	0.34	0.36	0.38
17	0.05	0.07	0.09	0.11	0.14	0.16	0.18	0.20	0.23	0.25	0.27	0.29	0.32	0.34	0.36
18	0.05	0.06	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34
19	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32
20	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.19	0.21	0.23	0.25	0.27	0.29	0.31
21	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.27	0.29
22	0.04	0.06	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.23	0.24	0.26	0.28
23	0.03	0.05	0.07	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.18	0.20	0.22	0.23	0.25	0.27
24	0.03	0.05	0.06	0.08	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.18	0.19	0.21	0.22	0.24	0.26
25	0.03	0.05	0.06	0.08	0.09	0.11	0.12	0.14	0.15	0.17	0.18	0.20	0.21	0.23	0.25
26	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.19	0.21	0.22	0.24
27	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.20	0.21	0.23
28	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.14	0.15	0.16	0.18	0.20	0.21	0.22
29	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.19	0.20	0.21
30	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12	0.13	0.14	0.15	0.17	0.18	0.19	0.20
32	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.16	0.17	0.18	0.19
34	0.02	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.15	0.16	0.17	0.18
36	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16	0.17
38	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.13	0.14	0.15	0.16
40	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.12	0.12	0.13	0.14	0.15

IV. Tablica $r^m = 0.65iv^m |_{sec}$

$\begin{matrix} 1 \\ v \end{matrix}$	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	$\begin{matrix} 1 \\ v \end{matrix}$
2	5	8	10	13	16	18	21	23	26	29	31	34	36	39	2
3	8	12	16	20	23	27	31	35	39	43	47	51	55	59	3
4	10	16	21	26	31	36	42	47	52	57	62	68	73	78	4
5	13	20	26	33	39	46	52	59	65	72	78	85	91	98	5
6	16	23	31	39	47	55	62	70	78	86	94	101	109	117	6
7	18	27	36	46	55	64	73	82	91	100	109	118	127	137	7
8	21	31	42	52	62	73	83	94	104	114	125	135	146	156	8
9	23	35	47	59	70	82	94	105	117	129	140	152	164	176	9
10	26	39	52	65	78	91	104	117	130	143	156	169	182	195	10
11	29	43	57	72	86	100	114	129	143	157	172	186	200	215	11
12	31	47	62	78	94	109	125	140	156	172	187	203	218	234	12
13	34	51	68	85	101	118	135	152	169	186	203	220	237	254	13
14	36	55	73	91	109	127	146	164	182	200	218	237	255	273	14
15	39	59	78	98	117	137	156	176	195	215	234	254	273	293	15
16	42	62	83	104	125	146	166	187	208	229	250	270	291	312	16
17	44	66	88	111	133	155	177	199	221	243	265	287	309	332	17
18	47	70	94	117	140	164	187	211	234	257	281	304	328	351	18
19	49	74	99	124	148	173	198	222	247	272	296	321	346	371	19
20	52	78	104	130	156	182	208	234	260	286	312	338	364	390	20
21	55	82	109	137	164	191	218	246	273	300	328	355	382	410	21
22	57	86	114	143	172	200	229	257	286	315	343	372	400	429	22
23	60	90	120	150	179	209	239	269	299	329	359	389	419	449	23
24	62	94	125	156	187	218	250	281	312	343	374	406	437	468	24
25	65	98	130	163	195	228	260	293	325	358	390	423	455	488	25
26	68	101	135	169	203	237	270	304	338	372	406	439	473	507	26
27	70	105	140	176	211	246	281	316	351	386	421	456	491	527	27
28	73	109	146	182	218	255	291	328	364	400	437	473	510	546	28
29	75	113	151	189	226	214	302	339	377	415	452	490	528	566	29
30	78	117	156	195	234	273	312	351	390	429	468	507	546	585	30
32	83	125	166	208	250	291	333	374	416	458	499	541	582	624	32
34	88	133	177	221	265	309	354	398	442	486	530	575	619	663	34
36	94	140	187	234	281	328	374	421	468	515	562	608	655	702	36
38	99	148	198	247	295	346	395	445	494	543	593	642	692	741	38
40	104	156	208	260	312	364	416	458	520	572	624	676	728	780	40

ÜBER DEN RIESWEG IN DER KRÜMMUNG.

Einleitend wird der heutige Zustand des Rieswegbaues in der Krümmung in kurzen Worten hervorgehoben. Besonders wird die konstruktive Ausbildung des Querprofils in der Form »des Rinnenprofils« und »des Schwellenprofils (Schwarzwälder Profil)«, die sich als zweckmässigst in der Kurve bewährt haben, betont. Die eigentliche Abhandlung ist in zwei Teile geteilt. Im ersten Teile sind die mit dem Gleiten eines schweren Körpers auf einem im Kreisbogen trassierten Rieswege und in dem zweiten die mit dem Gleiten auf einem im beliebigen Kegelschnitte trassierten Rieswege in Verbindung stehenden Erscheinungen behandelt. Beide Teile sind noch in zusammenhängende eine auf die andere sich stützende Unterabteilungen geteilt.

I.

1. Das Gleiten eines unschweren Körpers auf einem Kreisbogen konstanter Längsneigung α . Die Bahn ist die cylindrische Schraubenlinie. Es werden die Bedingungen, unter welchen sich ein unschwerer Körper auf einer Schraubenlinie bewegt, im kurzen hergeleitet. Diese Bedingungen lauten in Worten: Eine Schraubenlinie entsteht nur dann, wenn die Geschwindigkeit, mit welcher sich der Körper bewegt, konstant ist; ihre Richtung mit Richtung der Tangente der Schraubenlinie zusammenfällt und die Bewegende Kraft der Centripetalkraft des Kreises, horizontaler Projektion der Schraubenlinie, gleich ist. Diese Bedingungen werden auch durch Formeln ausgedrückt. Gl. 1 stellt das Verhältniss zwischen dem Krümmungshalbmesser ϱ der Schraubenlinie und dem Krümmungshalbmesser r des Kreises ihrer horizontalen Projektion (Trassierungshalbmesser) dar.

2. Das Gleiten eines schweren Körpers auf einer reibungslosen Unterlage, deren Längsachse die Form eines Kreisbogens konstanter Längsneigung α aufweist. Ein schwerer Körper beschreibt eine cylindrische Schraubenlinie auf einer solchen Unterlage laut Punkt 1 falls sämtlich einwirkende Kräfte nur eine Bewegungskraft gleich der Centripetalkraft des Kreises horizontaler Projektion der Schraubenlinie resultieren. Aus dieser Bedingung folgt dann die Gl. 2, welche die erforderliche Querneigung β der Unterlage bestimmt. Diese auch von Dr. L. Hauska entwickelte Formel bezieht sich nur auf eine Reibungslose Unterlage; kann also bei den rauen föstlichen Riesbauten nicht verwendet werden. Wird $\alpha=0$ schrumpft die Schraubenlinie in eine Kreislinie zusammen, und die Querneigungsformel nimmt die Form der Gl. 3. an.

3. Das Gleiten eines schweren Körpers mit Reibung auf einer Unterlage, deren Längsachse einen Kreisbogen konstanter Längsneigung α aufweist. In diesem Falle ist laut Punkt 2 eine Querneigung erforderlich. Die auf den Körper einwirkende Schwerkraft Q kommt also in drei Hauptrichtungen zur Geltung. Die eine Komponente Q_2 bestrebt die Bewegung in der Richtung der Querneigung β ; die zweite Komponente Q_3 in der Richtung der Längsneigung und die dritte Komponente Q_1 auf beide ersten Richtungen senkrecht wirkend, drückt nur den Körper gegen die Unterlage fest. Zur Bestimmung dieser drei Komponenten betrachtet man die auf den Körper einwirkenden Kräfte in einem Koordinatensystem XYZ .

dessen Anfangspunkt mit einem beliebigen Punkte P der Schraubenlinie zusammenfällt (Abbd. 3). XZ Ebene ist die Radial-Ebene und YZ ist die Tangentialebene des Schraubenliniens Cylinders. XY ist eine horizontale Ebene. Die drei Ebenen stehen senkrecht zueinander; das erwählte Koordinaten-sistem ist also ein rechtwinkliges. Komponente Q_3 wirkt unter Neigung β gegen die Horizontale in der XZ Ebene; die Komponente Q_1 unter Neigung α gegen die Horizontale in der YZ Ebene. Die Komponente Q_2 , auf die Richtungen der beiden ersten Komponenten senkrecht wirkend, liegt in dem ersten Oktant, und die Schwerkraft Q selbst in der Z Achse. Aus diesen Komponenten zusammengesetztes Parallelepiped ist kein rechtwinkliges, denn die Komponenten Q_2 und Q_3 schliessen einen spitzen Winkel ein. Die mit Nummer 4.) bezeichneten Gleichungen geben sodann die Neigungswinkel der Komponente Q_1 bzw. die Neigungswinkel der PQ_2Q_3 Ebene gegen die XYZ Achsen an, und mit Nummer 5.) bezeichnete Gleichungen bestimmen die Grösse dieser Komponenten. Ausser der Schwere wirkt auf den Körper auch die horizontale Centripetalkraft N ein. Diese wird auch — analog wie Kraft Q — in drei Komponenten zerlegt: N_3 in Richtung der Querneigung, N_2 in Richtung der Längsneigung und N_1 senkrecht auf beide ersten Richtungen. Die Gl. 6.) geben sodann ihre Grösse an. Das Gleiten des Körpers verzögert noch die Reibung μW . μ ist der Reibungskoeffizient, und W Widerstand der Unterlage. Die Reibung wirkt in dem der Bewegung entgegengesetzten Sinne, d. h. in der Richtung $+Q_2$, der Widerstand W , aber senkrecht auf die Unterlage, d. h. in der Richtung $-Q_1$. Wünscht man nun, dass der Körper einen Kreisbogen konstanter Längsneigung α beschreibt, so können nach früherem sämtliche auf den Körper einwirkende Kräfte nur eine horizontale Centripetalkraft N resultieren. In den Koordinatensystem $Q_1 Q_2 Q_3$ (Abbd. 3) ergeben diese Kräfte also drei Gleichgewichtsgleichungen, aus denen Gl. 7.), die die Grösse der Centripetalkraft und Gl. 8.), die die Grösse des Unterlagswiderstandes bestimmt, folgen. Ist nun v eine Funktion, nach Art der Gl. 9, so folgt aus der Gleichgewichtsgleichungen noch eine dritte wichtige Formel, die Gl. 10.). Betrachtet man dieselben Kräfte in dem Koordinatensystem XYZ , gelangt man zu demselben Resultate. Bei der Aufstellung der Gleichgewichtsgleichungen sind aber die Komponenten des Unterlagswiderstandes aus der Gl. 11.) zu entnehmen und in die Gleichgewichtsgleichungen einzusetzen. Die Auflösungen dieser Gleichungen ergeben ebenfalls die Gl. 7.), 8.) und 10. — Aus den letzten Gleichungen und aus der Gl. 12.) folgen nun wichtige Formeln zur Berechnung des Riesweges. Aus der Gl. 7.) und 12.) ergibt sich die Formel 13.), die die Querneigung β des Riesweges bestimmt. Nachdem die Querneigung bestimmt ist, berechnet sich die Längsneigung α aus der Gl. 14.) die sich auf die Formel 14a) anbringen lässt, falls $tg^2\beta$ gegen 1 verhältnissmässig eine kleine Grösse ist. Beide letzten Formeln folgen aus der Gl. 9.) und 10.) — weichen aber von der vom Dr. Hauska aufgestellten ähnlichen Formel stark ab. Aus der Gl. 14a) geht hervor, dass $tg\alpha$ stets grösser als μ sein muss. Es ist deshalb erforderlich die Längsneigung α in der Krümmung nach der kleinsten Anfangsgeschwindigkeit v_a (bzw. grössten μ) zu bestimmen, falls man die Bremswirkung der Kurve verhindern will. Praktisch kann man dies auch im Falle $tg\alpha = \mu$ erreichen, wenn der Krümmungshalbmesser ρ gegen die Anfangsgeschwindigkeit v_a genügend gross ist. In diesem Falle wird nämlich $tg\beta$ verschwindend klein, praktisch unausführbar, deshalb also $tg\alpha = \mu$. Tafel 1.) gibt die Werte vom ρ an, bei welchen man praktisch $tg\alpha = \mu$ setzen darf, falls μ und v_a bekannt sind. Bei der Benützung dieser Tafel ist aber die Gl. 1 in Betracht zu ziehen.

Gl. 9.) und 10.) lassen sich auf die Form der Gl. 17.) anbringen, aus welcher hervorgeht: ändert sich auf einer fertigen Rieswegkurve der Reibungskoeffizient so muss auch die Unterlage eine veränderliche Querneigung haben. Weiter folgen aus Gleichungen 13.) und 17.) neue Gleichungen

chungen 18.) und 19.) aus denen man sieht: Auf einer fertigen Rieswegkurve, konstanter Längsneigung α und veränderlicher Querneigung β , entspricht einer jeden Veränderung des Reibungskoeffizienten μ eine — und nur eine — durch die Gl. 18.) bestimmte Anfangsgeschwindigkeit v_a , mit welcher sich der Körper auf der Unterlage gleichmässig bewegt und eine Schraubenlinie beschreibt. Der durch die Gl. 19.) bestimmte Wert k wird Rieswegkonstante genannt, weil er alle konstanten Faktoren eines fertigen Riesweges zusammenfasst.

Diesen theoretischen Erfordernissen kann man gewissermassen entgegen kommen: Veränderliche Unterlage ausbilden, indem man dem Rieswege in der Kurve die Form des Rinnenprofils gibt. Konstante Längsneigung wird auch nicht schwer erreichbar sein. Dass aber die Anfangsgeschwindigkeit für alle in Betracht kommenden Werte von μ die Gl. 18 befriedige, ist allerdings nicht erreichbar. Tritt ein schwerer Körper mit beliebiger Anfangsgeschwindigkeit in so eine Rieskurve ein, so wird er zwar gezwungen eine Schraubenlinie zu beschreiben, denn das Rinnenprofil hat nicht nur eine veränderliche Querneigung, sondern viel mehr; es wirkt auch als Führung; der Körper wird sich aber nicht mehr gleichmässig bewegen, sondern ungleichmässig, vielleicht auch in der Kurve stecken bleiben, worüber in dem Punkte 8.) näher gesprochen wird.

4. Über das Rinnenprofil in der Krümmung. Betrachtet man den Reibungskoeffizient μ als eine unabhängige Veränderliche, so verbleibt zur Bestimmung der Form des Rinnenprofils in der Kurve nur die Gl. 17.). Diese Gleichung erinnert an die trigonometrische Tangente der geometrischen Tangente einer Ellipsen-Evolute. Es ist auch tatsächlich die Gl. 13.) erste Ableitung der Gl. 28.) und 29.) die die Ellipsen-Evolute darstellen, worüber man sich leicht durch einfache Derivation überzeugen kann. Die letzt genannten Gleichungen bestimmen aber nur die Form des Rinnenprofils. Nach Grösse und Form bestimmen das Rinnenprofil die Gl. 30.). In diesen Formeln deutet d die horizontale Projektion der aktiven Breite des Rinnenprofils an. Gl. 13., sowie auch Gl. 30.) lässt sich nur im Falle, wenn die Anfangsgeschwindigkeit die Gl. 18.) befriedigt, verwenden. Im Allgemeinen, wenn also die Anfangsgeschwindigkeit die Gl. 18.) auch nicht befriedigt, bestimmen die Koordinaten des Rinnenprofils in der Kurve die Gl. 36.). Gleichungen 30.) sind dann nur ein Speciellfall der Gl. 36.) für $v=\mu$, wo v durch Gl. 9.) definierten Neigungskoeffizient der Riese bedeutet. Indexe max. oder min. beziehen sich auf den grössten bzw. kleinsten Wert der im Betracht kommenden Neigungskoeffizienten.

5. Das Gleiten eines schweren Körpers auf einer mit Längsneigung α und Querneigung β versehenen rauhen Unterlage, deren Achse eine beliebige Raumkurve, die Richtung der Centripetalkraft aber horizontal ist. Der Neigungskoeffizient. In diesem Falle wirken auf den Körper das Eigengewicht Q , Unterlagswiderstand W und die Reibung μW ein. Fügt man diesen tatsächlich wirkenden Kräften noch die entgegengesetzten Trägheitskräfte, die Tangentialkraft T und die Centrifugalkraft N zu, so erhält man nach D'Alambert die zur Berechnung der unbekanntenen Grössen erforderlichen drei Gleichgewichtsbedingungen, aus denen sich die Gl. 37.), 38.) und 39.) ergeben, welche die Grösse der Centripetalkraft N , den Unterlagswiderstand W und die Tangentialkraft T bestimmen. In Ausnützung dieser Resultate folgt aus der Gl. 37.) die Formel 40.) die die Querneigung β im beliebigen Punkte einer Raumkurve, deren horizontale Projektion des Krümmungshalbmessers r ist, bestimmt. Weiter folgt aus der Gl. 39.) dass die Tangentialkraft T in jenem Bahnpunkte gleich Null, in welchem v gleich μ ist. Ist nun ein solcher Punkt bekannt, so lässt sich die Längsneigung α aus der Gl. 14.) oder 14a.) berechnen, falls sie konstant ist. Denn diese Gleichungen sind eben für diesen Fall und aus der Bedingung $v=\mu$ abgeleitet worden, Zum

weiteren Gebrauche sind noch die Komponenten der Beschleunigung in dem XYZ koordinatensystem durch die Gl. 41, sodann die Normal- und die Tangentialkomponente derselben durch die Gl. 42.) bzw. 43.) angegeben.

Als Bahnkurve lässt sich im Allgemeinen eine beliebige Raumkurve verwenden. Man wird sich doch nur auf die einfachsten Kurven, die bei Berechnung und Bau der Riesen keine grössere Schwierigkeiten bieten, beschränken müssen. In diesem Punkte sind nur zwei specielle Fälle behandelt worden; mit den übrigen in Betracht noch kommenden befasst sich die zweite Abteilung dieser Abhandlung.

1. Fall. $N=0$. Die Raumkurve ist eine gerade. Die Beschleunigung nimmt die Form der Gl. 43a.) an, ein bekannter Ausdruck, falls sich der Körper auf einer schiefen Ebene geradlinig bewegt. Es wird weiterhin auf diesem Speciellfalle erläutert, dass die Bedingung: die Richtung der Centripetalkraft sei horizontal, auch die Bedingung: die Längsneigung soll konstant sein, einschliesst. Der Bereich in diesem Punkte entwickelter Formeln umfasst also nur die Raumkurve konstanter Längsneigung, sonst aber beliebiger Form.

2. Fall. Es sei stets $v=\mu$. Die Tangentialkraft ist also stets gleich Null. Dann ist aber auch die Geschwindigkeit v in jedem Bahnpunkte gleich der Anfangsgeschwindigkeit v_a . Die allgemeinen Formeln, führen sodann zur Gl. 18.), d. h. Der Körper gleitet in der Form einer cylindrischen Schraubenlinie und die Anfangsgeschwindigkeit muss Gl. 18.) genüge leisten; ein Fall der schon in Punkt 3. besprochen wurde.

Vergleicht man die Bewegung eines schweren Körpers das eine Mal auf einer Geraden und das andere Mal auf einer Raumkurve, so sieht man, dass die Bewegung auf der Geraden gleichförmig ist, wenn $tg\alpha$ gleich μ , und auf der Raumkurve, wenn v gleich μ ist. Es wird deshalb v »Neigungskoeffizient des Riesweges« genannt, der für die Kurve wie für Gerade gilt und die Neigung des Riesweges allgemeiner ausdrückt, denn $tg\alpha=\mu$ ist nur ein Speciellfall der Gl. $v=\mu$, für $tg\beta=0$ (vergl. Formel 9).

6. Über den Minimalradius. Ist die Querneigung gering, oder besteht sie gar nicht, so ist zur Bestimmung des Trassierungshalbmessers nur die Fahrbahnbreite bzw. die Pfeilhöhe f (Abbdg. 8) massgebend (nach der bekannten Formel 46.). Kann man die Querneigung nicht vernachlässigen, so wird sie vom Einflusse auf die Grösse des Trassierungshalbmessers u. z. ungefähr folgendermassen: Die drei Punkte A , B , C (Abbd. 8) liegen in relativ nicht gleicher Höhe mit dem Punkte D . Das gleitende Riesholz liegt nicht auf der Unterlage mit seiner ganzen Länge l , sondern nur mit einem gewissen Teile derselben auf dem vorderen und hinteren Ende. Viel besser wird sich das Riesholz der Unterlage anpassen, wenn es am vorderen und hinteren Ende mit einem Spranz, bearbeitet nach Miklitz oder Dr. Glatz, versehen ist. Aber auch in diesem Falle, wenn man erreichen will, dass das Gleiten in der Kurve von dem Gleiten in der Gerade mit Rücksicht auf den Reibungskoeffizient, der rechnerisch in beiden Fällen gleichgesetzt ist, je weniger abweicht, wird man die erwähnte Höhendifferenz tunlichst begrenzen müssen. Diese Höhendifferenz, folglich auch der Minimalradius, wird nicht nur von der Bahnbreite sondern auch von der Spranzhöhe z abhängen (Abbdg. 8a). Ist die Bahn noch mit Schwellen versehen, so gleitet das Holz von einer Schwelle auf die andere in Punkten, die auch nicht relativ in gleicher Höhe liegen. Dieser Übergang wird eben nur durch den Spranz ermöglicht. Die relative Höhendifferenz dieser Übergangspunkte ist gewiss kleiner als die zwischen den Punkten D und C , denn auf eine volle Holzlänge l entfallen jedenfalls mehr als zwei Schwellen. Bei der Bestimmung des Minimalradius einer Rieswegkurve, versehen mit Rinnenprofil oder auch mit Rippenprofil, wird man deshalb sicher vorgehen, wenn man diesen Wert nicht nur aus der Bahnbreite, sondern auch aus

der Bedingung: relative Höhendifferenz zwischen den Punkten D und B (oder C) kann nicht grösser als die Spranzhöhe z sein, bestimmt. Aus den Formeln 46.) und 47.), welche diesen beiden Bedingungen entsprechen, sowie mit Rücksicht auf die Formel 40.) folgen sodann die Formeln 48.) und 49.), die die Grösse des Minimalradius und der Pfeilhöhe f angeben. Beide Formeln sind praktisch notwendig, denn es muss der Minimalwert von r so bestimmt werden, dass die Pfeilhöhe f auch der Bahnbreite entspricht. Diesem Zwecke dienen die Tafeln III und IV, welche für den mittleren Wert der Spranzhöhe $z=3$ cm., und $g=9,81$ m/sec., den Minimalwert von r angeben. Die Formeln 48.) und 49.) nehmen sodann die Form der Gl. 48a) und 49a) an, nach denen die Tafelwerte berechnet sind. Die Stufenlinien in der Tabelle haben folgende Bedeutung: Unter der Annahme, dass f bei 0,80, 1,20 und 2,0 m. Bahnbreite nur 0,20, 0,40, bzw. nur 0,60 m. ausmachen kann, so geben die fettgedruckten Zahlen der Tafel IV. die kleinsten Radiuswerte an, wenn die tatsächliche Geschwindigkeit gleich oder kleiner als die den fettgedruckten Zahlen entsprechende Tafelgeschwindigkeit ist, u. z. unter der ersten Stufenlinie bei 2,0 m., unter der zweiten Stufenlinie bei 1,20 und unter der dritten bei 0,8 m. Fahrbahnbreite. Ist die tatsächliche Geschwindigkeit grösser als die den fettgedruckten Zahlen entsprechende Tafelgeschwindigkeit, so ist aus der Säule I der tatsächlichen Geschwindigkeit entsprechender grösserer Wert von r zu entnehmen. Beim Rinnenprofil ist für r_{\min} die grösste, und beim Rippenprofil die kleinste in Betracht kommende Geschwindigkeit massgebend. Desswegen schmiegt sich auch das Rippenprofil viel besser dem Gelände an als das Rinnenprofil.

7. Über die mit Rippenprofil versehene Rieswegkurve. Die Geschwindigkeitsänderung in ihr. Die Seitenwände des Rippenprofils wirken als Führung. Das gleitende Riesholz wird also gezwungen eine bestimmte Kurve — hier eine cylindrische Schraubenlinie — zu beschreiben. Unterlagswiderstand wird mit W_1 , und der Seitenwandwiderstand mit W_2 bezeichnet. Entsprechende — im allgemeinen verschiedene — Reibungskoeffizienten seien μ_1 bzw. μ_2 . Die Seitenwände sind vertikal und in der Form der trassierten Bahnkurve genau ausgeführt. Der Seitenwiderstand wirkt also horizontal und ist dem Kurvenmittelpunkte stets zugewendet. Die in den Koordinatensystem XYZ aufgestellten D'Alambert'schen Gleichungen ergeben sodann weitere Gl. 50), 51) und 52), welche den Unterlagswiderstand W_1 , die Centripetalkraft N , und die Tangentialkraft T bestimmen. Eliminiert man aus diesen Gleichungen den Seitenwiderstand W_2 , so lässt sich die Tangentialbeschleunigung durch die Gl. 53 ausdrücken. Ist diese gleich Null, so bewegt sich der Körper gleichmässig und die entsprechende Geschwindigkeit c definiert sich durch die Gl. 54. h bedeutet wieder die Rieswegkonstante (vergl. Form. 19). Ist nun die Anfangsgeschwindigkeit v_a und die Querneigung $tg\beta$ bekannt, so lässt sich die Längsneigung $tg\alpha$ aus der Gl. 55.), oder aus der Gl. 55a.) — falls $tg\beta$ gegen 1 ein kleiner Bruch ist — berechnen. Ist umgekehrt v_a und $tg\alpha$ bekannt, so bestimmt sich die Querneigung $tg\beta$ aus der Gl. 56. Längs- und Quergefälle soll man auch in diesem Falle nach der kleinsten noch in Betracht kommenden Anfangsgeschwindigkeit v_a wählen. Beide sind dann für andere Werte der Anfangsgeschwindigkeit konstante Grössen. Dadurch wird aber $tg\beta$ ein kleiner Bruch, so klein, dass man es regelmässig vernachlässigen kann. Die Gl. 54.) und 55.) nehmen somit die Form der Gl. 57.) und 58.) an, und gelten für gleichmässige Bewegung, streng genommen, nur im Falle $tg\beta=0$. Tritt ein Körper mit Anfangsgeschwindigkeit $v_a \leq c$ in die Kurve ein, d. h. mit einer Geschwindigkeit, welche die Gl. 54 bzw. 57 nicht befriedigt, so gleitet er ungleichförmig. Aus der Gl. 53.) folgt: Ist die Tangentialbeschleunigung $a_t > 0$, so ist $v < c$; ist $a_t = 0$, so ist $v = c$ und ist $a_t < 0$, so wird $v > c$. Die dritte Gleichgewichtsgleichung lässt sich auch durch die Gleichung: $T \sin \alpha = Q - W_2$ ausdrücken. W_2 stellt die

Vertikalkomponente des Gesamtwiderstandes dar. Aus diesen Gleichungen folgt nun weiter: Solange $T > 0$, oder, was dasselbe ist, solange $v < c$ ist, wird auch $W_z < Q$. d. h., der Körper wird aus der Bahn nicht so leicht auspringen, denn die Vertikalkomponente des Gesamtwiderstandes W_z ist kleiner als sein Eigengewicht Q . Ist $T < 0$, oder $v > c$ so wird $W_z > Q$ und der Körper springt leicht aus der Bahn aus, falls sich eine zufällige Veranlassung, die den Körper ablenkt, findet, dabei aber die Seitenwand nicht genug hoch ist. Ist $T = 0$, oder $v = c$, so wird $W_z = Q$, der Körper bewegt sich gleichförmig und beschreibt eine cylindrische Schraubenlinie auf solch einer rauhen Unterlage ganz analog wie eine Kreislinie auf einer ähnlichen horizontalen Unterlage ohne Reibung (vergl. Punkt 3). Die Gefahr des Ausspringens besteht, wenn auch nicht in so grossem Masse wie zuvor, doch noch immer auch in diesem Falle. Aus dieser Darlegung geht hervor: Der Riesweg in der Kurve ist so anzulegen, dass die in Betracht kommende Anfangsgeschwindigkeit v_a in den Grenzen: $v_{\min} \leq v_a \leq c$ liegt. v_{\min} deutet die kleinste Geschwindigkeit an, bei welcher die Kurve noch arbeiten soll, und c ist die durch Gl. 57.) bestimmte Geschwindigkeit, mit welcher sich der Körper gleichmässig in der Kurve bewegt. Bei einer solchen Anlage ist das Bestreben des gleitenden Körpers zum Ausspringen nicht zu gross, was für die Kurven auf der offenen Strecke von Bedeutung ist. Aus diesem Grunde wird auch c als »kritische (stationäre) Geschwindigkeit« genannt. Sie hängt von der Konstruktion der Bahn selbst (r, a, β) ab, und ist eine konstante Grösse für dieselben koordinierten Werte der Reibungskoeffizienten μ_1 und μ_2 . Das oben dargelegte kurz zusammengefasst lautet also: Auf dem mit Rippenprofil in der Kurve versehenen Rieswege, konstanter Längs- und Querneigung gleitet ein schwerer Körper sicher, wenn seine Anfangsgeschwindigkeit gleich oder grösser als die kleinste Geschwindigkeit, auf Grund deren die Kurve konstruiert, aber gleich oder kleiner als die kritische Geschwindigkeit ist. Oder: Auf dem mit Rippenprofil in der Kurve versehenen Rieswege, konstanter Längs- und Querneigung, gleitet ein schwerer Körper sicher und strebt nicht auszuspriegen nur im Falle die Beschleunigung positiv ist.

Im weiteren wird die Geschwindigkeitsänderung des Körpers, wenn seine Anfangsgeschwindigkeit die Gl. 57.) nicht befriedigt, betrachtet. Durch Anwendung der Gl. 53.) gelangt man zur Differentialgleichung 59a), deren allgemeine Auflösung die Gl. 63.) ist. Nach der Bestimmung des Wertes der Integrations-Konstante, nimmt die Gleichung der Geschwindigkeit im beliebigen Bahnpunkte die Form der Gl. 65.) an. φ ist der dem vom Anfangs- bis zum Bahnpunkte zurückgelegten Trassierungsbogen entsprechende Centriwinkel, und ρ ist die Basis der natürlichen Logarithmen. Aus dieser Gleichung geht hervor, dass sich der Körper, mit beliebiger Anfangsgeschwindigkeit $v_a \leq c$ in die Kurve eingelangt, mit einer der kritischen stetig sich annähernden Geschwindigkeit weiter bewegt. Seine Geschwindigkeit wächst oder fällt auf den Betrag der kritischen Geschwindigkeit, theoretisch zwar in der Unendlichkeit, praktisch aber schon eher, ähnlich wie beim Falle eines schweren Körpers in dem mit Luft erfüllten Raume. Sobald $v_a > c$ wird die Geschwindigkeit des Körpers gebremst. Diese Bremswirkung kann noch gesteigert werden in den s. g. Bremskurven. Gl. 70 gibt die Geschwindigkeit in einer horizontalen Bremskurve an ($tg a = 0$), und Gl. 71) den Trassierungs-Centriwinkel φ , bei welchem die Geschwindigkeit gleich Null wird. Gl. 73) gibt die Grösse der Geschwindigkeit auf einer mit Gegensteigung (a negativ) versehenen Bremskurve an, und Gl. 74) bestimmt den Wert des Centriwinkels φ , bei welchem der Körper in der Kurve stecken bleibt. Die Gl. 75.) bezieht sich endlich auf die Geschwindigkeit eines, in einer mit $tg a = \mu_1$ trassierten Bremskurve, gleitenden Körpers.

8. Über die mit Rinnenprofil versehene Rieskurve. Geschwindigkeitsänderung in ihr. Das Rinnenprofil

genügt nicht nur als Unterlage für Bewegung eines schweren Körpers in der Form einer Schraubenlinie, sondern viel mehr es wirkt auch als Führung, und der Körper wird gezwungen die Schraubenlinie auch in dem Falle zu beschreiben, wie es bereits im Punkt 3 betont wurde, wenn seine Anfangsgeschwindigkeit auch die Gl. 18 nicht befriedigt d. h. wenn sich der Körper ungleichmässig in der Kurve bewegt. In diesem Falle wird, laut Gl. 40.), $tg\beta$ veränderlich. Streng genommen wird dann aber auch die Längsneigung α veränderlich. Unter der Voraussetzung aber, dass der gleitende Körper das mit genügend hohen Seitenwänden versehene Rippenprofil ohne Veranlassung nicht verlassen kann; sodann mit Rücksicht auf tatsächlich verhältnissmässig kleine Änderung der Längsneigung der Bahn innerhalb des Rinnenprofils, kann jedoch auch in diesem Falle die Längsneigung der Bahn genügend genau als konstant angesehen und der Längsneigung der Riesbahnachse gleichgesetzt werden. Unter dieser Annahme also und aus der Gl. 43.) mit Benützung der Gl. 62.) ausgehend, gelangt man zur Differential-Gleichung 77.), die sich mit Hilfe der Gl. 9.) und 40.) dann mit den dem Zwecke entsprechenden Substitutionen 77b) und 77d) auf die Form der Gl. 77e) anbringen lässt. Allgemeine Auflösung dieser Differential-Gleichung ist die Gl. 78.), welche nach der Bestimmung der Integrationskonstante die Form der Gl. 80.) annimmt. Die Bedeutung der Buchstaben dieser Gleichung ist durch die Gl. 81.), 82.) und 83.) erklärt. Aus der Gl. 80.) lassen sich nun folgende Schlüsse ziehen: Beide Seiten dieser Gleichung sind gleich Null, wenn die Bedingung 84.) erfüllt ist, oder mit Rücksicht auf die Gl. 81.), 82.) und 84.), wenn die Bedingung 85.) besteht. Ausser dieser Bedingung wird $v=c$ auch im Falle $va \leq c$ für $\varphi \rightarrow \infty$. D. h.: Mit beliebiger Anfangsgeschwindigkeit in die Kurve eingelangter Körper bewegt sich immer rascher oder langsamer mit der dem Werte c sich stetig annähernden Geschwindigkeit, je nachdem $va \leq c$ ist. Es besteht die kritische Geschwindigkeit auch in diesem Falle, die nicht anders, als — folgt aus der Gl. 85.) und 18.) — die Anfangsgeschwindigkeit eines Körpers ist, der sich in einem in Form der Schraubenlinie trassierten Rinnenprofile gleichmässig bewegt. Mit Rücksicht auf die Gl. 81.), 82.), 83.) und 85.) nimmt sodann die Gleichung der Geschwindigkeit im beliebigen Punkte der mit dem Rinnenprofil versehenen Bahnkurve die endliche, durch die Gl. 86.) angegebene, Form an. Diese Gleichung lässt sich aber bei konstanter Längsneigung nur im Falle $tg\alpha > \mu$, d. h. $c > 0$ verwenden. Ist $tg\alpha < \mu$ nimmt die Geschwindigkeitsgleichung die Form der Gl. 89.) an. Im diesem Falle wirkt schon die Kurve bremsend. Der Trassierungs-Centriwinkel φ , bei welchem der Körper stehen bleibt, bestimmt sich aus der Gl. 90.). Schliesslich, im Falle $tg\alpha = \mu$, nimmt die Gleichung der Geschwindigkeit die Form der Gl. 93.) an, die sich noch auf die Form 96.) zur praktischen Benützung anbringen lässt. Bremskurven charakterisiert überhaupt die Beziehung $tg\alpha \leq \mu$. Und zwar nach der Wirkungsstärke in der Reihenfolge: $tg\alpha = \mu$, $tg\alpha < \mu$, $tg\alpha = 0$, $tg\alpha < 0$. Die ersten zwei Fälle sind schon behandelt worden; es verbleiben also noch die letzten zwei übrig. Im Falle $tg\alpha = 0$ bestimmt sich die Geschwindigkeit aus der Gl. 98.) und der Winkel beim welchem $v=0$ ist, aus der Gl. 99.) Ist $tg\alpha < 0$, so sind drei Fälle zu unterscheiden. Im ersten Falle $|tg\alpha| < \mu$ gelten die Gl. 100.) und 101.), im zweiten Falle $|tg\alpha| = \mu$ die Gl. 103.) und 104.) und in dem dritten $|tg\alpha| > \mu$ die Gl. 106.) und 107.), welche die Geschwindigkeit, bzw. den Centriwinkel φ , bei welchem $v=0$ ist, bestimmen.

9. Über die Übergangskurve. Nach der Begründung der Anwendungsnotwendigkeit der Übergangskurve am Anschlusse eines scharfen Kreisbogens an eine Gerade, wird die Gl. 110.) derselben in üblicher Weise im kurzen hergeleitet. Sodann wird auf Grund der Mechanik untersucht, unter welchen Umständen ein Körper auf einer rauen Unterlage die Übergangskurve beschreibt. Als Resultat ergibt sich, dass

eine Übergangskurve entsteht, wenn die Längsneigung der Unterlage konstant und dem Reibungskoeffizienten gleich ist ($\tan\alpha = \mu$), die Querneigung aber die Gl. 116.) in jedem Bahnpunkte befriedigt. Die Richtung der Eintrittsgeschwindigkeit muss natürlich mit der Richtung der Tangente in dem Anfangspunkt der Übergangskurve zusammenfallen. Auf Grund dessen lässt sich die Länge der Übergangskurve gegebenenfalls bestimmen. Da aber der Riesweg nicht nur für einen sondern regelmässig für ein ganzes Intervall der Werte von μ anzulegen ist, so ist die Länge der Übergangskurve unmöglich so zu bestimmen, dass sie allen in Betracht kommenden Werten von μ im oben erwähnten Sinne (ohne Führung) entspricht. Man wird deshalb besser vorgehen indem man ihre Länge s aus der Gleichung $C = Rs = 3000$ bestimmt und bei der Berechnung der Geschwindigkeit die eine Hälfte der Gerade, und die andere Hälfte dem Kreisbogen anschliesst. Die Konstante C ist auf Grund der Erfahrungsangaben mit 3000 beziffert worden, kann aber wie beim Rinnen- so auch beim Rippenprofil, nur falls der Kreisbogendurchmesser R nach Punkt 6 vorher bestimmt ist, benützt werden. Dieses Annäherungsverfahren wird nur falls die Übergangskurve gegen die Kreisbogenlänge verhältnissmässig kurz ist empfohlen. Im entgegengesetzten Falle wird man besser tun, wenn man anstatt der langen Übergangskurve und des kurzen Kreisbogens eine andere einfache Kegelschnittkurve z. B. stehende Ellipse, Parabel oder Hyperbel anwendet. Solche einfache Kurven vereinigen die guten Eigenschaften der Übergangskurve und des Kreisbogens, haben gewisse Vorzüge sogar (der Minimalwert des Krümmungshalbmessers tritt nur in einem Punkte auf) und schmiegen sich oft besser dem Gelände an.

10. Beispiele. In diesem Punkte wird der theoretische Teil der Abhandlung an Beispielen erläutert und ergänzt. Diese Beispiele zeigen unter anderen auch dass der Rippenprofil einen grossen Vorzug vor dem Rinnenprofil hat, indem er einen viel kleineren Halbmesser erträgt und besser sich dem Gelände anschmiegt. Es wird überhaupt in der Kurve nur der Rippenprofil, auch im Falle der übrige Teil des Riesweges mit Rinnenprofil versehen ist, empfohlen.

II.

Dieser Teil enthält die Betrachtung über das Gleiten und die Geschwindigkeitsänderung eines schweren Körpers auf einer, in der Horizontalprojektion einen beliebigen Kegelschnitt aufweisenden Bahn, konstanter Längsneigung. In den Punkten 11.), 12.), 13.) und 14.) werden die Bedingungen untersucht unter welchen ein schwerer Körper auf einer festen Unterlage die Parabel, die Hyperbel, die stehende oder die liegende Ellipse beschreibt, sodann das Geschwindigkeitsänderungsgesetz für jeden einzelnen dieser Fälle abgesondert festgesetzt. Im Punkt 15.) werden die so erhaltenen Resultate für alle möglichen Kegelschnitte über einer gemeinsamen Sehne in Betracht gezogen und verglichen. Im Scheitelpunkte C eines jeden Kegelschnittes ist die Tangentialkomponente der Beschleunigung gleich Null. Aus dieser Tatsache folgt, dass auch $v = \mu c$ ist, und weiter noch die Gl. 188.), welche die Querneigung der Unterlage im Scheitelpunkte angibt. Im Scheitelpunkte eines jeden Kegelschnittes gilt auch die Formel 189. Die beiden letzten Formeln ergeben sodann die Gl. 190.), welche die Geschwindigkeit eines gleitenden schweren Körpers im Scheitelpunkte eines jeden Kegelschnittes bestimmt. Ebenso wird festgestellt, dass auch die Gl. 191.) eine allgemeine für alle über gemeinsamer Sehne stehenden Kegelschnitte gültige Form aufweist. (Im Speziellfalle der Parabel nimmt sie die Form der Gl. 191a) an. Deshalb kann man der Gl. 190.) auch die Form der Gl. 192.) geben, welche die Beziehung zwischen der Anfangsgeschwindigkeit, der Bahnkonstante und dem Reibungskoeffizienten angibt. Die Rieswegkonstante k nimmt in dieser Formel eine allgemeinere Form der Gl. 193.) an, die für alle Kegelschnitte gilt. (Im Speziellfalle der Parabel geht sie in die Form der Gl. 193a) über).

Aus der Gl. 192.) folgt nun weiter: Ändert sich der Reibungskoeffizient auf einer fertigen, im Horizontalprojektion einen beliebigen Kegelschnitt aufweisenden Bahn, konstanter Längsneigung und nach der Gl. 194.) veränderlichen Querneigung, so entspricht einem jeden Werte vom μ nur eine durch die Gl. 192.) ganz bestimmte Anfangsgeschwindigkeit v_a . In diesem Falle ist die Geschwindigkeit in symmetrischen Punkten des Kegelschnittes gleichgross. Vergleicht man die Formeln 188, 189 und 190 mit den Formeln 17.) 13.) und 18.) so sieht man, dass sie in jedem Kreispunkte und nur in dem Scheitelpunkte der übrigen Kegelschnitte gelten. Deshalb lässt sich die Längsneigung, der Minimaldurchmesser sowie das Querprofil auch im Scheitelpunkte eines jeden Kegelschnittes auf die bei der Kreisbahn in der ersten Teile erklärte Weise bestimmen. Im weiteren werden die Kriterien, nach welchen man ein Kegelschnitt von dem über derselben Sehnestehenden anderen Kegelschnitte unterscheiden kann, abgeleitet. Die Anwendung eines anderen Kegelschnittes kommt überall dort zu Tage, wo der Kreisbogen wegen der überlangen Übergangskurve unanwendbar ist, oder wo sich ein anderer Kegelschnitt besser als der Kreisbogen dem Gelände anschmiegt.

16. Über den Riesweg mit konstanter Längsneigung in der mit Rinnenprofil versehenen Kurve, deren Horizontalprojektion einen beliebigen Kegelschnitt aufweist. Das Rinnenprofil wirkt als Führung und der Körper wird gezwungen den bestimmten Kegelschnitt zu beschreiben, auch im Falle die Anfangsgeschwindigkeit die Gl. 192.) nicht befriedigt. In dem Kreise bewegt sich der Körper in solchem Falle nicht mehr gleichmässig und in den übrigen Kegelschnitten ist die Geschwindigkeit in den symmetrischen Punkten nicht mehr gleichgross. Aus der Abb. 20.) geht weiter hervor, dass die Anfangsgeschwindigkeit v_a (in dem Punkte A) gleich der Endgeschwindigkeit v_b (in dem Punkte B) unabhängig von der Form des Kegelschnittes ist, falls die Anfangsgeschwindigkeit die Gl. 192.) befriedigt. Denn A und B sind gemeinschaftliche und symmetrische Punkte aller über derselben Sehne stehenden Kegelschnitte. Weiter wird gezeigt: im Falle die Anfangsgeschwindigkeit die Gl. 192.) nicht befriedigt, ist die Endgeschwindigkeit v_b von der Anfangsgeschwindigkeit v_a zwar verschieden, aber von der Form des Kegelschnittes unabhängig. Gleitet nun ein schwerer Körper von A nach B tatsächlich in Form eines bestimmten Kegelschnittes, so wird man rechnerisch annehmen, dass er einen über derselben Sehne stehenden Kreisbogen beschreibt und man wird die Endgeschwindigkeit im Punkte B nach den Formeln Punkt 8 berechnen können. In dem tatsächlichen Scheitelpunkte C berechnet sich sodann die Geschwindigkeit v_c aus der Formel 214.) in welcher c_c die Scheitelgeschwindigkeit des virtuellen Kreisbogens bedeutet. Die Geschwindigkeit in den übrigen Kurvenpunkten ist für die Berechnung des Riesweges ohne Belang.

17. Über den Riesweg mit konstanter Längsneigung in der mit Rippenprofil versehenen Kurve, deren Horizontalprojektion einen beliebigen Kegelschnitt aufweist. Geringer Einfluss der Querneigung wird vernachlässigt. Es sind wieder zwei Fälle zu unterscheiden. a) Die Geschwindigkeit in den symmetrischen Kurvenpunkten ist gleichgross. Die Scheitelpunktgeschwindigkeit berechnet sich aus der allgemeinen Formel 216.), denn in diesem Falle genügt die Anfangsgeschwindigkeit der Gl. 192.). Die Längsneigung wird nach der kleinsten noch in Betracht kommenden Geschwindigkeit durch die Gl. 218.) bestimmt. b) Die Geschwindigkeit ist in den symmetrischen Kurvenpunkten ungleichgross. Man wird analog wie bei Rinnenprofil verfahren und rechnerisch annehmen, dass sich der Körper in einem über derselben Sehne gedachten Kreisbogen bewegt und sodann die Endgeschwindigkeit mittels Formeln Punkt 7 berechnen können.

Im Punkt 18.) wird schliesslich die theoretische Seite des zweiten Teiles auf einem Beispiele erörtert und ergänzt.

PROF. Dr. A. LEVAKOVIĆ:

K PITANJU RASPOREĐIVANJA PRIMJERNIH STABALA MEĐU POJEDINE DEBLJINSKE SKUPINE

(Zur Frage der Probestammverteilung auf einzelne
Stammgruppen)

SADRŽAJ — INHALT.

- I. Pojam i vrste primjernih stabala. — Begriff und Klassifikation der Probestämme.
- II. Pregled dosadanih rasporedbenih principa. — Übersicht bisheriger Verteilungsprinzipie.
- III. Nov pogled na problem. — Ein neuer Anblick des Problems.
- IV. Raspoređivanje oblično-visinskih primjernih stabala. — Verteilung der Formhöhen-Probestämme.
 1. Povoljno raspoređivanje. — Beliebige Verteilung.
 2. Proporcionalno raspoređivanje. — Proportionelle Verteilung.
 - a) Raspoređivanje prema brojevima stabala. — Verteilung nach Stammzahlen.
 - b) Raspoređivanje prema zbrojevima temeljnica. — Verteilung nach Grundflächensummen.
- V. Raspoređivanje obličnih primjernih stabala. — Verteilung der Formzahlprobestämme.
 1. Povoljno raspoređivanje. — Beliebige Verteilung.
 2. Proporcionalno raspoređivanje. — Proportionelle Verteilung.
 - a) Raspoređivanje prema brojevima stabala. — Verteilung nach Stammzahlen.
 - b) Raspoređivanje prema zbrojevima temeljnica. — Verteilung nach Grundflächensummen.
 - c) Jedan novi princip proporcionalnog raspoređivanja. — Ein neues Prinzip der Proportionalverteilung.
- VI. Zaključna razmatranja. — Schlussbetrachtungen.
- VII. Literatura.
- VIII. Zusammenfassung.

I. POJAM I VRSTE PRIMJERNIH STABALA.

Kad se radi o kubisanju ovelike množine razno debelih i razno visokih stabala, koja sačinjavaju jednu prostorno suvislu skupinu (sastojinu), onda prva pomisao dovodi na to, da bi u interesu skraćenja posla bilo najbolje, kad bi se u toj

skupini našlo jedno stablo s r e d n j e drvne mase (drvne sadržine) i kad bi se njegova sadržina, utvrđena što točnije u oborenom stanju, jednostavno pomnožila s ukupnim brojem stabala u toj skupini. Ta je pomisao vrlo zamamljiva, ali ne i tako izvediva, jer je na žalost nemoguće ili tek posve slučajno moguće pronaći u sastojini baš to s obzirom na sadržinu sasvim srednje stablo.

Znamo doduše, kako se tome stablu s većom ili manjom točnošću daće unaprijed odrediti debljina (promjer u visini prsiju), pa totalna visina i jedrina (punodrvnost, oblični broj). Znamo također, kako se na osnovi tih dimenzija t r a ž e u sastojinama ovakova stabla. Ali znamo ujedno, da je na osnovi tih dimenzija, pa bile one unaprijed utvrđene i sasvim tačno, nemoguće ili tek sasvim slučajno moguće pogoditi u sastojini pravo srednje stablo baš u jednom jedinom primjerku.

Ova okolnost sili nas na to, da pri traženju srednjeg stabla iskorišćujemo poznati zakon o međusobnom izjednačivanju pogrešaka, koje imaju karakter slučajnosti, t. j. da — sve i pri mogućnosti vrlo različitih pojedinačnih iznosa — poprimaju s jednakom vjerojatnošću sad. pozitivni, sad negativni predznak. Toga radi, a na osnovi barem srednje debljine i kadšto također još srednje visine, izabiremo preuzumtivno srednje stablo ne u jednom, već u više primjeraka, u želji naravski, da se u sumi njihovih sadržina što bolje međusobno izjednače pogreške u izboru tih »primjernih« stabala, t. j. diferencije u visini i jedrini ili makar samo u jedrini, a prema tome svakako i u drvnoj masi, što ih izabrani individui iamačno imaju prema pravom srednjem stablu.

No tu opet, t. j. u pogledu b r o j a tih primjernih stabala, postoji izvjesna granica, preko koje se nikako ne da prijeći — s jednostavna razloga, jer takovih srednje debelih i srednje visokih stabala, koja bi ujedno mogla da posluže kao primjerci srednje punodrvnosti, ima u sastojini tek vrlo ograničen broj, kadšto čak — naročito u strožem smislu — možda i nijedno. Da bi se broj primjernih stabala mogao prema potrebi povećati, kao i još s drugih nekih razloga, nastoji se na razne načine raspodijeliti ta stabla na veći ili manji broj debljinskih skupina (»debljinskih stepena« dotično »debljinskih razreda«), pak se onda radi o tome, da se unutar svake takove skupine izabere izvjestan broj preuzumtivnih s k u p i n s k i h srednjih stabala, kojih bi se diferencije prema pravim srednjim stablima dotičnih skupina što bolje izjednačile — djelomice već unutar svake pojedine skupine zasebno, a djelomice u sumi svih približno na taj način ustanovljenih skupinskih drvnih masa.

Prema gornjoj definiciji smatraju se primjerna stabla kao p r i b l i ž n o s r e d n j i primjerci svih stabala u pojed-

noj skupini i ona se prema tome traže u sastojini na osnovi srednjih dimenzija (debljine, a u novije doba još i visine) za pojedine skupine. To traženje zahtijeva međutim dosta vremena, pak se zato došlo i na ideju, da se primjerna stabla izabiru u sastojini slobodno, t. j. bez obzira na dimenzije i pazeći pri tom samo na to, da izabrani individui ne budu očito abnormalni, te da njihova cjelokupnost bude s obzirom na debljine što bolje raspoređena između ekstremnih u sastojini zastupanih debljina. Drvne mase, visine i jedrine tih individua izlaze kao rezultat neposredne njihove izmjere u oborenom stanju, i s pomoću njih dolazi se do približno srednje stabilnične mase za svaku pojedinu debljinsku skupinu interpolacijom na osnovi grafički konstruisanih izjednažbenih krivulja, koje obično predstavljaju prosječan volumen kao funkciju debljine (izmjerene već u osnovnom stanju).

Nedavno je Maletić čak predložio¹⁾, da se pri izboru ovakovih stabala uzimlje jednostavno svako n^{to} stablo cijele sastojine, ili pak svi individui, koji se nalaze u jednoj ili više povoljno kroz sastojinu položenih ravnih linija.

Izvođenje sastojinske drvne sadržine iz drvnih sadržina slobodno izabranih primjernih stabala ima — istina — prednost jednostavnosti i brzine prema prvospomenutim principima izvođenja, koji se, kako vidjesmo, osnivaju na drvnim masama približno srednjih individua unutar pojedinih skupina. No ono prema prvospomenutim principima ima i izvjesnih mana, koje kadšto odlučno govore u prilog tim prvospomenutim principima.

Glavna je mana slobodno biranih primjernih stabala u tome, što su ona s obzirom na visine i jedrine dobrim dijelom slabo, a gdjejoja čak i vrlo slabo reprezentativna. I ova mana mora naročito da dođe do izražaja kod uzimanja njihova iz sastojine prema spomenutom Maletićevom prijedlogu.

Često puta veliko i vrlo nepravilno rasipanje sadržina slobodno biranih primjernih stabala oko izvjesnog prividno srednjeg smjera, kojim bi eventualno trebala možda da se povuče sadržinska krivulja, može lako da dovede konstruktora u ne malu nepriliku u pogledu najispravnijeg povlačenja krivulje. To je, kako je poznato, bilo razlogom izvjesnim prijedlozima (Speidel²⁾, Kopezky³⁾,⁴⁾, Károlyi⁵⁾), koji su išli za tim, da se po mogućnosti odstrani ova neprilika, no koji također pokazuju dosta slabosti.

Stoga se za jednako točan izvod sastojinske drvne sadržine, a uz inače jednake okolnosti, moraju slobodno birana primjerna stabla, a naročito ona po Maletićevom prijedlogu, upotrebljavati u znatno većem broju, nego li je to po-

¹⁾ Vidi u pregledu literature redni broj 1.

trebno pri upotrebi primjernih stabala kao približno srednjih individua.

Ovakova slobodno birana »sadržinska« primjerna stabla neće biti predmetom nazočne studije.

Ima, kako je poznato, još jedna vrst slobodno biranih primjernih stabala, a to su tzv. visinska primjerna stabla, koja na sličan način imaju da posluže kao baza za određivanje prosječnih visina za pojedine debljinske skupine, naročito primarne (debljinske stepene). Ta primjerna stabla, jer se principijelno mjere u osnovnom stanju, mogu baš zato da se mjere u mnogo većem broju, nego li je to moguće kod slobodno biranih sadržinskih primjernih stabala. Osim toga je i sam zadatak visinskih primjernih stabala, kao reprezentanata isključivo visine unutar pojedinih primarnih skupina, znatno uži od zadatka slobodno biranih sadržinskih primjernih stabala, kao reprezentanata drvne mase. To su sve razlozi, s kojih se prosječne stepenske visine dadu i grafički, a iz drugih nekih razloga jamačno i računski (po metodi najmanjih kvadrata) utvrditi mnogo sigurnije nego prosječne stepenske drvne sadržine.

Visinska primjerna stabla pustit ću u ovoj studiji posve po strani, pak ću jednostavno pretpostaviti, da su prosječne visine pojedinih primarnih skupina utvrđene bespogrešno. A ta je pretpostavka sasvim opravdana, jer se ovdje radi samo o onoj točnosti sastojinskog kubisanja, koja može da proisteče iz upotrebe primjernih stabala prema prvoj gore spomenutoj definiciji. No i ova primjerna stabla dadu se podrazdijeliti u dvije naročite kategorije. Ona se naime, kako već ranije spomenuh, mogu birati u sastojini ili samo na osnovi unaprijed za njih što točnije utvrđenog prsnog promjera ili pak još i na osnovi isto tako za njih unaprijed utvrđene prosječne skupinske visine.

U prvom slučaju izabrani individui imaju u glavnom zadaću, da posluže kao primjerci po mogućnosti srednjih skupinskih obliko-visina i dadu se stoga najzgodnije označiti kao oblično-visinska primjerna stabla. U drugom se pak slučaju pri izboru primjernih stabala ima u glavnom paziti samo još na to, da izabrani individui što bolje posluže kao primjerci po mogućnosti srednjih oblika (obličnih brojeva) u pojedinim skupinama. Takovi individui dadu se stoga najzgodnije označiti kao oblična primjerna stabla.

Pored slobodno biranih primjernih stabala bila su sve do nedavna predmetom dendrometrijske literature samo oblično-visinska primjerna stabla i tek u zadnjem deceniju počelo se uvidati, da što točnijem rezultatu u pogledu sastojinske drvne sadržine bolje pogoduje upotreba obličnih primjernih stabala. Predmetom ove studije bit će obje

ove kategorije primjernih stabala, a problem studije odnosi se na pitanje, kako treba da se primjerna stabla rasporede na pojedine debljirske skupine, pa da se uvodno spomenute diferencije — kod izvjesnog ukupnog broja primjernih stabala — izjednače što bolje.

II. PREGLED DOSADANJIH RASPOREDBENIH PRINCIPA.

Pitanje najbolje rasporedbe primjernih stabala među pojedine skupine staro je gotovo toliko, koliko je stara i sama nauka o kubisanju sastojina na osnovi drvnih masa primjernih stabala. Već u samim prvim počecima te nauke izbila su na površinu u pogledu broja primjernih stabala, što ih treba da dobiju pojedine skupine, dva bitno različita principa.

Prema Schwaappachu⁶⁾ postavio je prvi od ta dva principa poznati — mogli bismo skoro kazati, otac dendrometrije — Hossfeld (1812. godine). On dozvoljava, da svaka primarna skupina ima ili samo po jedno ili po više primjernih stabala. U posljednjem slučaju može broj primjernih stabala u pojedinim skupinama da bude sasvim povoljan. To je dakle princip povoljnog raspoređivanja primjernih stabala.

Drugi princip, što ga je — prema jednoj daleko kasnijoj Loreyevoj notici, obielodanjenoj u jednom nemačkom stručnom časopisu⁷⁾ — izrekao sasvim jasno već 1814. godine Livonac v. Löwis, traži, da svaka skupina dobije broj primjernih stabala približno proporcionalan s ukupnim brojem stabala u skupini. Taj je princip međutim svedo 1857. godine ostao u literaturi posve nezapažen. te ga je tek te godine, neznajući jamačno za dotičnu v. Löwisovu knjigu, ponovno iznio na površinu poznati Draudt⁸⁾, pak je on stoga u literaturi općenito poznat pod nazivom »Draudtov princip«. U stvari je to princip linearnе proporcionalnosti u raspodjeljivanju primjernih stabala, jer su ukupni brojevi stabala jednostavni linearni pojmovi.

Urich je taj Löwis-Draudtov princip usavršio time, što je pokazao^{9), 10)}, da se proporcionalnost između ukupnog broja stabala u svakoj skupini i broja primjernih stabala u svakoj od njih dađe često puta postići sasvim strogo, ako se primarne skupine transformišu tako, da svaka od novo-nastalih skupina ima po jednak ukupni broj stabala i po jednak broj primjernih stabala (jedno ili više njih).

Rob. Hartig izložio je daljnji jedan princip raspoređivanja primjernih stabala, po vanjskoj formi vrlo analogan spomenutoj Urichovoj modifikaciji Draudtova principa, ali u suštini sasvim različit od nje. Razlika je u tome, što po Hartigu.

svaka debljinska skupina treba da ima po jednak zbroj temeljnica i po jednak broj primjernih stabala. Osim toga se jednakost u ukupnim brojevima stabala između pojedinih skupina (Urich) daje kadšto provesti sasvim točno, dok je to u pogledu brojeva temeljnica (Hartig) moguće uvijek tek približno.

Ovaj Hartigov princip, koji se s obzirom na kvadratni karakter temeljnica može da nazove i principom kvadratne proporcionalnosti u raspodjeljivanju primjernih stabala, daje se međutim, kao što sam pokazao u nekim svojim publikacijama^{11), 12), 13)}, ostvariti približno (ako i nešto manje točno nego po originalnoj Hartigovoj zamisli) i onda, ako debljinske skupine zadrže onaj primarni karakter, što ga dobiše kao neposredan rezultat klupovanja.

Postavljanjem principa proporcionalnog raspoređivanja primjernih stabala išlo se više ili manje svjesno za tim, da se stvore preduslovi, kako bi se ili već u zbroju svih primjernih stabala onih drvnih masa (Draudt) ili pak u zbroju svih totalnih skupinskih drvnih masa (Hartig) što bolje međusobno izjednačile razlike, što ih izabrana primjerna stabla pojedinih skupina jamačno imaju prema pravim srednjim stablima dotičnih skupina. Tečajem vremena mišljenja su se sve više koncentrisala u smjeru, prema kojem Hartigov princip raspoređivanja bolje pogoduje konačnoj točnosti kubikacionog rezultata nego prva dva principa. Jedan od glavnih predstavnika toga mišljenja (pored Hartiga samog) bio je Guttenberg¹⁴⁾. On je to mišljenje zgodno obrazložio na osnovi jednog primjera, izjavivši osim toga naročito, da je »vjerojatnost međuskupinskog izjednačenja pogrešaka učinjenih u izboru primjernih stabala očito dađena samo onda, ako svako primjerno stablo zastupa približno jednak dio ukupne sastojinske drvne mase«.

U spomenutim publikacijama ja sam, također na jednom primjeru, podvrgao brojčanom ispitivanju pored Draudtovog principa još i ovo prošireno Guttenbergovo stanovište, pak sam došao do sličnog, ali ne tako ekskluzivnog naziranja. Prema tome mom stanovištu maksimalna točnost ukupnog kubikacionog rezultata može se svaka kao očekivati snajviše izgleda, ali ne i jedino uz uslov, da se primjerna stabla raspodjeljuju na pojedine skupine proporcionalno prema drvnim masama tih skupina. No s obzirom na principielnu nemogućnost ovakovog raspoređivanja — u koju bi naime svrhu već unaprijed bilo potrebno poznavanje onih drvnih masa, koje se tek trebaju da ustanove — izjavio sam se i ja konačno za Hartigov princip kao najbliži tome principu raspoređivanja prema drvnim sadržinama.

Nešto kasnije izjavljuje se i Neubaer sasvim deciderano za taj princip proporcionalnosti (prema drvnim sadrži-

nama), ali on ga prihvaća bez ikakve naročite argumentacije i kao nešto, što se samo po sebi razumnije kao najbolje¹⁶⁾). On ga čak nastoji privesti u djelo predlažući, da se sastojina na osnovi prethodnog i provizornog njenog kubisanja s pomoću apstraktnih primjernih stabala, t. j. s pomoću pojedinačnih drvnih sadržina očitanih iz sadržinskih tabela, izdjeljuje u izvjestan broj skupina sa približno jednakim drvnim sadržinama (slično obrazovanju Hartigovih skupina sa približno jednakim zbrojevima temeljnica) i sa po jednim primjernim stablom u svakoj skupini. Po kubisanju jednog što pomnije izabranog konkretnog primjernog stabla u svakoj od njih (s pomoću unaprijed za njih utvrđene debljine i visine) imala bi se drvena masa sastojine definitivno utvrditi po jednoj formuli, koja uz izvjesnu kombinaciju pojedinačnih sadržina, pripadnih s jedne strane konkretnim i s druge strane apstraktnim primjernim stablima, ima da ispravi provizoran, manje ispravan iznos sastojinske drvene mase.

Sa Neubauerom se ujedno završuje serija autora, koji pitanje najispravnijeg raspodjeljivanja primjernih stabala prosuđuju ili samo na osnovi predosjećanja ili samo na osnovi jednostavne brojčane dokumentacije, crpljene iz primjera. Već godinu dana iza njega ulazi Tischendorf¹⁶⁾ u ovo pitanje na matematičkoj bazi. Ipak je i ta baza još slabo egzaktna, jer Tischendorf barata tu sa kraćenjima tek približnim i sa izvjesnim netočnim pretpostavkama, koje i on sam priznaje takovima. On dolazi do rezultata, da se primjerna stabla moraju među pojedine skupine razdjeljivati proporcionalno kvocijentima, što ih čine skupinske drvene mase kao brojnici i promjeri skupinskih srednjih stabala kao nazivnici. Dakle opet neka vrst kvadratne proporcionalnosti — s obzirom na činjenicu, da su brojnici kubne, a nazivnici linearne veličine.

Inače je to rezultat, koji ne stoji u potpunom saglasju ni s jednim od dotada iznešenih principa raspodjeljivanja, ali se ipak najviše približuje Hartigovom principu. Karakteristično je međutim, da Maletić — pozivajući se na taj Tischendorfov rezultat, a puštajući očito s vida još jedan noviji rezultat toga istog autora — poriče općenito svim principima raspodjeljivanja primjernih stabala među pojedine skupine u opće svaku važnost za točnost kubisanja sastojine¹⁾ i malo zatim²⁰⁾ pristaje ipak uz Draudtov princip.

Tischendorf je, kako rekoh, izveo još jedan noviji zakon za raspodjeljivanje primjernih stabala. Izveo ga je također na matematičkoj bazi, ali također tek približno. Taj je novi zakon potpuno saglasan s prvim dijelom moga napomenutog stanovišta, t. j. da točnosti kubisanja sastojine najbolje pogoduje raspodjeljivanje primjernih stabala u proporciji skupinskih drvnih masa, koje ali nikako ne moraju da budu među-

sobno jednake¹⁷⁾. No privodeći taj zakon u život računa i Tische ndorf skupinske drvne mase najprije provizorno, s pomoću sadržinskih tabela, pak onda na osnovi drvnih sadržina dobivenih kubisanjem konkretnih primjernih stabala (izabranih također na osnovi i debljine i visine) izvodi korekturu prvobitne, provizorne sadržine. Samo on ne ispravlja drvnu masu sastojine kumulativno, kako to čini Neubaue r, već za svaku pojedinu skupinu odijeljeno.

III. NOV POGLED NA PROBLEM.

Kako vidjesmo, u svrhu približnog ostvarenja najboljim smatranog rasporedbenog principa predlaže i Neubaue r i Tische ndorf prethodno kubisanje sastojine (skupine) s pomoću sadržinskih tabela, dakle kubisanje, što ga i jedan i drugi tom prilikom načelno označuje manje točnim od kubisanja sastojine uz upotrebu konkretnih primjernih stabala. Ovo njihovo mišljenje u pogledu rezultata osnovanog na sadržinskim tabelama izlazi otud, što inače ni jedan ni drugi ne bi sastojinsku (skupinsku) drvnu masu, dobivenu provizorno s pomoću napomenutih tabela, podvrgavao naknadnoj korekturi na osnovi podataka dobivenih izmjerom konkretnih primjernih stabala. To je ujedno i bitna mana, koja tereti njihovo ostvarivanje napomenutog rasporedbenog principa, jer je u najmanju ruku vrlo dvojbeno, da li je prema njihovu postupku uopće moguća naknadna korektura provizorne sastojinske (skupinske) drvne mase, koja je prema njima s pomoću navedenih tabela dobivena manje točno, nego što se to želi da postigne na osnovi upotrebe konkretnih primjernih stabala*

No ni sam princip raspoređivanja prema skupinskim drvnim masama (pa i faktičnim) nije po Tische ndorfu dokazan bezdvojbeno kao najispravniji, jer je, kako rekoh, i noviji od navedena dva Tischendorfova izvoda tek približan, na što izričito upozoruje i on sam. S druge strane napomenutoj mojoj brojčanoj dokumentaciji na osnovi jednog primjera može se opravdano prigovoriti, da joj manika karakter općenitosti, jer se tu cijelo pitanje promatra tek prema rezultatima kombinovanja pogrešaka unutar jednog jedinog i k tome slabo opsežnog sistema pogrešaka, dok ih je zapravo moguć vanredno velik broj i k tome sistema vrlo različitih opsega.

Dakle je problem najispravnijeg raspodjeljivanja primjernih stabala zapravo još uvijek otvoren, pak ću se stoga pozabaviti s njime i u ovoj studiji, a na bazi egzaktnijoj, nego što je Tischendorfova. Jer ja ću i ovdje operirati s tzv. pravim pogreškama u izboru primjernih stabala, t. j. s diferencij-

* Polanje o tome raspravlja se u narednoj mojoj studiji.

jama između izabranih primjernih stabala pojedine skupine i pravih srednjih stabala te iste skupine, dok Tischendorf svuda operira samo s tzv. prividnim pogreškama, t. j. s diferencijama, što ih izabrana primjerna stabla pojedine skupine pokazuju prema svojoj vlastitoj aritmetičkoj sredini.

Te dvije vrsti pogrešaka nijesu identične i pojam pravih pogrešaka svakako je egzaktniji. Ova principijelna razlika u samoj bazi problema mora naravno da se očituje i u cijelom toku misli.

Stavimo li se na načelno stanovište, da se izabrana primjerna stabla moraju s obzirom na debljinu ili još i s obzirom na visinu što točnije podudarati s pravim srednjim stablima svojih skupina, t. j. s aritmetičkim sredinama svih stabala unutar dotičnih skupina, pak vrši li se ujedno izbor primjernih stabala što strože prema tome gledištu, onda su debljine, dotično i visine izabranih individua, kao mjerene veličine, praktički bespogrešne i griješi se pri izboru primjernih stabala zapravo samo u pogledu onih faktora drvene mase, koji se pri izboru ocjenjuju. T. j. pri upotrebi obličnih primjernih stabala griješi se u principu samo s obzirom na oblični broj, a pri upotrebi oblično-visinskih primjernih stabala s obzirom na obliko-visinu.

Razlog je ovim »obličnim« dotično »oblično-visinskim« pogreškama u tome, što izabrana primjerna stabla jamačno imaju druge oblične brojeve (f) dot. obliko-visine (hf), nego što ih imaju prava srednja stabla dotičnih skupina. Mi doduše te direktne pogreške u izboru primjernih stabala ne poznamo i ne možemo da ih, kao prave pogreške, upoznamo bez naknadnog obaranja i kubisanja (u oborenom stanju) svih stabala u sastojini, ali znamo kao sigurno to, da one prigodom računanja drvnih sadržina za izabrana primjerna stabla prelaze, pretvaraju se u indirektno (»sadržinske«) pogreške — najprije pojedinačne (stabaone), a potom i u totalne (skupinske). Razlogom je tome činjenica, da se po poznatoj formuli za drvenu masu pojedinog stabla ($v = ghf$) pogrešni faktor drvene mase, recimo oblični broj, a po tom i dotična (oblična) pogreška množi sa bespogrešnim dijelom sadržinskog produkta, nakon čega se i ta pojedinačna sadržinska pogreška množi još sa ukupnim brojem stabala u skupini, pak se time pretvara u sadržinsku pogrešku cijele skupine.

Pita se sada, koje od navedenih dviju vrsti pogrešaka mogu bolje da se ukidaju međusobno — da li direktne ili indirektno?

Direktno pogreške nastaju sve pod istim okolnostima, ako primjerna stabla svih skupina odabire jedno te isto lice, pod istim izvanjim okolnostima i s jednakom pomnjom dotično

objektivnošću (što strožom naravski). One pod tim uslovom mogu doduše i moraju čak da budu nejednake međusobno, ali ipak neke od njih moraju da budu pozitivne, a druge negativne i to im stvojestvo (ma djelomice i putem samoga instinkta) pridavaju svi stručni autori, kad preporučaju izbor primjernih stabala barem u nekoliko primjeraka. No još je gotovo glav-nija osebina tih pogrešaka u tome, da su sve one, ako i nejednake međusobno, ipak homogene, t. j. one sve zajedno čine sistem pogrešaka srodnih po postanku i prema tome ekvivalentnih — sistem, unutar kojega dolazi i mora svakako da dođe do ukidanja u jačoj (prema prilikama i mnogo jačoj) mjeri, nego unutar kakovog sistema nesrodnih, heterogenih pogrešaka.

Zamislimo si n. pr. sistem od x djelomice pozitivnih i djelomice negativnih pogrešaka, kojih se iznosi giblju u granicama od 1 i 10 centimetara. Zamislimo si zatim sistem od također x pogrešaka, kojih se polovica (\pm naravski) giblje u istim granicama, a druga polovica (također \pm) u granicama od 1 i 10 metara. Naravski da će rezultat ukidanja unutar ovog drugog sistema, očito heterogenih pogrešaka, biti kud i kamo nepovoljniji, jer tu centimetričke pogreške praktički ne igraju nikakove uloge.

Za direktne pogreške rekao sam, da u glavnom imaju karakter homogenih pogrešaka. Kakav karakter mogu da imaju indirektno pogreške? Nema dvojbe, da će i one imati isti taj karakter, ako je pretvorba svih direktnih pogrešaka u indirektno jednolična, t. j. ako se svaka direktna pogreška — u svrhu pretvorbe u indirektnu — množi s jednim te istim pretvorbenim faktorom. U protivnom slučaju, t. j. ako se neke direktne pogreške množe u navedenu svrhu s manjim, druge s većim faktorom, imamo posla s indirektnim pogreškama heterogenog značaja i ta je heterogenost to veća, što je veća razlika između pojedinih pretvorbenih faktora.

Pri ispitivanju pojedinih principa za raspodjeljivanje primjernih stabala na pojedine skupine potrebno je dakle, da se glavna pažnja svrati na pitanje, da li i u koliko oni omogućuju jednolično pretvaranje oblično-visinskih dotično obličnih pogrešaka u sadržinske i kolika je eventualno nejednakost između pojedinih skupina u pogledu toga pretvaranja.

Ispitati ću s obzirom na taj momenat najprije Hossfeldov, zatim Draudtov i Hartigov princip — sve ovo najprije s obzirom na raspoređivanje oblično-visinskih, a zatim i s obzirom na raspoređivanje samih obličnih primjernih stabala. Novi princip, nagoviješten u pregledu sadržaja pod V, izlazi kao neposredan rezultat toga ispitivanja.

Neubauer - Tischendorfov princip (prema provizornim skupinskim sadržinama) stoji van dosega ovakovog ispitiva-

nja, ali mu se ipak, jednako kao i praktički neizvedivom principu raspodjeljivanja prema faktičnim skupinskim sadržinama, dade ocijeniti stepen podudaranja s tim novim principom.

IV. RASPODJELJIVANJE OBLIČNO-VISINSKIH PRIMJERNIH STABALA.

1. Povoljno raspodjeljivanje.

Neka u pojedinim skupinama (bilo primarnim ili sekundarnim), kojih u sastojini ima svega x , izrazi N_1, N_2, \dots, N_x označuju ukupne brojeve stabala; $\mathfrak{N}_1, \mathfrak{N}_2, \dots, \mathfrak{N}_x$ brojeve primjernih stabala; $\mathfrak{B}_1, \mathfrak{B}_2, \dots, \mathfrak{B}_x$ ukupne drvene mase primjernih stabala. Onda Hossfeldova formula za volumen cijele sastojine glasi:

$$V = \frac{N_1}{\mathfrak{N}_1} \mathfrak{B}_1 + \frac{N_2}{\mathfrak{N}_2} \mathfrak{B}_2 + \dots + \frac{N_x}{\mathfrak{N}_x} \mathfrak{B}_x \dots \dots \dots (1)$$

Kako je poznato, od svih oblično-visinskih primjernih stabala pojedine skupine zahtijeva se, da im temeljnica što točnije odgovara srednjoj temeljnici svih stabala u skupini. Označi li se dakle ova temeljnica, pa prema tome bespogrešnom smatrana temeljnica svakog pojedinog primjernog stabla u skupini sa g_a (gdje je $a=1, 2, \dots, x$), onda za zbroj svih temeljnica u skupini izlazi poznata jednadžba

$$G_a = N_a g_a \dots \dots \dots (2)$$

a za zbroj temeljnica svih primjernih stabala u istoj skupini analogna jednadžba

$$\mathfrak{G}_a = \mathfrak{N}_a g_a \dots \dots \dots (3)$$

Diobom ovih dviju jednadžaba izlazi, kako je poznato:

$$\frac{G_a}{\mathfrak{G}_a} = \frac{N_a}{\mathfrak{N}_a} \dots \dots \dots (4)$$

a dalje, uvrštenjem lijeve strane ove jednadžbe u formulu (1), poznata također formula

$$V = \frac{G_1}{\mathfrak{G}_1} \mathfrak{B}_1 + \frac{G_2}{\mathfrak{G}_2} \mathfrak{B}_2 + \dots + \frac{G_x}{\mathfrak{G}_x} \mathfrak{B}_x \dots \dots \dots (5)$$

Kako se pojedina primjerna stabla unutar izvjesne, kojegod skupine a (označit ću ih rednim brojevima $I_a, II_a, \dots, \mathfrak{N}_a$) ne razlikuju u načelu jedno od drugoga s obzirom na temeljnicu, već tek s obzirom na obliko-visinu (hf), to im ukupnu drvenu masu predstavlja izraz

$$\mathfrak{B}_a = g_a \{ (hf)_{1a} + (hf)_{2a} + \dots + (hf)_{na} \} \dots\dots (6)$$

ili kraće:

$$\mathfrak{B}_a = g_a [(hf)_a] \dots\dots\dots (7)$$

gdje uglata zagrada sama za sebe predstavlja sumu. Uvrste li se redom pojedini pod skupnom oznakom \mathfrak{B}_a supsumirani izrazi zajedno sa pripadnim izrazima pod (3) u formulu (5), izlazi iz ove kraćenjem:

$$V = \frac{G_1}{\mathfrak{N}_1} [(hf)_1] + \frac{G_2}{\mathfrak{N}_2} [(hf)_2] + \dots + \frac{G_x}{\mathfrak{N}_x} [(hf)_x] \dots\dots (8)$$

Obliko-visina svakog pojedinog primjernog stabla u skupini razlikuje se od zaista prosječne obliko-visine u dotičnoj skupini za izvjestan iznos $\pm \Delta_{(hf)_a}$. Sve te pojedine razlike (pogreške) mogu da se u sumi pod (8) tek posve slučajno izjednače sasvim, osim ako bi sva stabla unutar svake pojedine skupine bila ujedno i primjerna stabla. Stoga se naravski mjesto prave sastojinske drvne mase (V) mora da dobije izvjestan pogrešan iznos ($V \pm \Delta_v$).

Iznosi $\frac{G_a}{\mathfrak{N}_a}$ pretpostavljeni su s pravom kao bespogrešni.

Ako analogno kao pod (7) označimo kratko i sumu svih oblično-visinskih pogrešaka unutar pojedine skupine, onda iz formule (8) izlazi formula

$$\begin{aligned} V \pm \Delta_v = & \frac{G_1}{\mathfrak{N}_1} \left\{ [(hf)_1] \pm [\Delta_{(hf)_1}] \right\} + \\ & + \frac{G_2}{\mathfrak{N}_2} \left\{ [(hf)_2] \pm [\Delta_{(hf)_2}] \right\} + \dots \\ & \dots + \frac{G_x}{\mathfrak{N}_x} \left\{ [(hf)_x] \pm [\Delta_{(hf)_x}] \right\} \dots\dots\dots (9) \end{aligned}$$

a odovud se odbitkom formule (8) dobiva za pogrešku u drvenoj masi cijele sastojine formula

$$\pm \Delta_v = \pm \frac{G_1}{\mathfrak{N}_1} [\Delta_{(hf)_1}] \pm \frac{G_2}{\mathfrak{N}_2} [\Delta_{(hf)_2}] \pm \dots \pm \frac{G_x}{\mathfrak{N}_x} [\Delta_{(hf)_x}] \dots (10)$$

Dakle, kako vidimo, parcijalne šume oblično-visinskih pogrešaka množe se sa raznim, međusobno vrlo nejednakim faktorima $\frac{G_a}{\mathfrak{N}_a}$ i time se oblično-visinske pogreške pretvaraju u sadržinske pogreške u vrlo nejednakoj mjeri. Ova činjenica dolazi naročito do izražaja, ako su (što se nikako ne protivi

(duhu Hossfeldovog principa) brojevi primjernih stabala u svim skupinama jednaki. Hossfeldov princip raspodjeljivanja primjernih stabala ne iskorišćuje dakle kako treba one pogodnosti, što ih ima da pruži izbor izvjesnog broja primjernih stabala raspoređenih na što veći broj debljinskih skupina.

2. Proporcionalno raspoređivanje.

a) Raspoređivanje prema brojevima stabala.

Kako je poznato, kod ovog principa treba da između ukupnih brojeva stabala u pojedinim skupinama i brojeva primjernih stabala u njima postoji razmjer

$$\frac{N_1}{\mathfrak{N}_1} = \frac{N_2}{\mathfrak{N}_2} = \dots = \frac{N_x}{\mathfrak{N}_x} = \frac{N}{\mathfrak{N}} \dots \dots \dots (11)$$

gdje je

$$N = N_1 + N_2 + \dots + N_x \dots \dots \dots (12)$$

$$\mathfrak{N} = \mathfrak{N}_1 + \mathfrak{N}_2 + \dots + \mathfrak{N}_x \dots \dots \dots (13)$$

Izraze li se dakle u formuli (10) zbrojevi temeljnica produktima iz jednadžbe (2) i uvrsti li se potom u nju u smislu jednadžbe (11) svuda jedan te isti omjer $\frac{N}{\mathfrak{N}}$, dobit će se iz nje:

$$\pm \Delta_v = \frac{N}{\mathfrak{N}} \left\{ \pm g_1 [\Delta_{(h)1}] \pm g_2 [\Delta_{(h)2}] \pm \dots \pm g_x [\Delta_{(h)x}] \right\} \dots \dots \dots (14)$$

I faktori g_1, g_2, \dots, g_x razlikuju se međusobno uvijek (kadšto i vrlo mnogo), jer je uvijek $g_1 < g_2 < \dots < g_x$. Stoga ni Draudtov princip, ma u kojoj mu formi ne iskorišćuje kako treba pogodnosti, što ih ima i može da pruži raspoređenje primjernih stabala na što veći broj debljinskih skupina. Ipak D r a u d t o v princip više pogoduje međuskupinskom izjednačivanju pogrešaka nego H o s s f e l d o v, jer se kod njega sume direktnih pogrešaka množe sa faktorima, koji se međusobno razlikuju razmjerno manje nego pretvorbeni faktori Hossfeldovog principa.

b) Raspoređivanje prema zbrojevima temeljnica.

Ovaj princip zahtijeva u teoriji, da između pojedinih skupina (primarnih ili sekundarnih) i cijele sastojine postoje s obzirom na brojeve primjernih stabala razmjeri

$$\frac{G_1}{\mathfrak{N}_1} = \frac{G_2}{\mathfrak{N}_2} = \dots = \frac{G_x}{\mathfrak{N}_x} = \frac{G}{\mathfrak{N}} \dots \dots \dots (15)$$

gdje je G zbroj temeljnica za cijelu sastojinu. S obzirom na ovu jednadžbu mora formula (10), teorijski uzeto, da prijede u formulu

$$\pm \Delta_b = \frac{G}{\mathfrak{N}} \left\{ \pm [\Delta_{(b)1}] \pm [\Delta_{(b)2}] \pm \dots \pm [\Delta_{(b)x}] \right\} \dots (16)$$

koja, kako vidimo, zbraja oblično-visinske pogreške svih debljinskih skupina same za sebe i tek se njihova konačna suma pretvara posredstvom konstantnog faktora $\frac{G}{\mathfrak{N}}$ u totalnu sadržinsku pogrešku. No radi toga, što se izračunani brojevi primjernih stabala moraju da zaokruže na cijele brojeve, ne može jednakost pojedinih članova pod (15) da se postigne zaista potpuno točno. Uza sve to sigurno je ipak, da ovaj Hartigov princip mnogo bolje iskorišćuje pogodnosti raspodjeljivanja primjernih stabala na debljinske skupine, nego što je to slučaj sa Draudtovim i pogotovo Hosfeldovim principom, jer je nejednakost između pojedinih članova pod (15), kojoj je razlogom samo napomenuto zaokruživanje (većinom nepravih) razlomaka na cijele brojeve, relativno daleko manja od nejednakosti — recimo — između g_1 i g_x pod (14).

Prema originalnoj Hartigovoj zamisli traži se, kako je rečeno, da se primarne skupine (njih x na broju) pregrupišu, kako bi između novo-obrazovanih, sekundarnih skupina (njih y na broju) mogle što bolje da postoje jednadžbe

$$G_1 = G_2 = \dots = G_y = \frac{G}{y} \dots (17)$$

$$\mathfrak{N}_1 = \mathfrak{N}_2 = \dots = \mathfrak{N}_y = \frac{\mathfrak{N}}{y} \dots (18)$$

Iz poznatih razloga međutim (zapravo također radi zaokruživanja na cijele brojeve) ne može ni između pojedinih članova pod (17) da postoji sasvim stroga jednakost, ali je ona ipak nešto bolja nego pod (15). Za slučaj, da svaka skupina obrazovana prema jednadžbi (17) dobije tek po jedno primjerno stablo, da primjernih stabala ima dakle za cijelu sastojinu svega y , prelazi formula (16) u jednostavniju formulu

$$\pm \Delta_b = \frac{G}{y} \left\{ \pm \Delta_{(b)1} \pm \Delta_{(b)2} \pm \dots \pm \Delta_{(b)y} \right\} \dots (19)$$

u kojoj se ukidanje oblično-visinskih pogrešaka može da vrši isključivo između pojedinih debljinskih skupina.

V. RASPOREĐIVANJE OBLIČNIH PRIMJERNIH STABALA.

1. Povoljno raspoređivanje.

Pri upotrebi obličnih primjernih stabala predmnijeva se, kako rekoh, da su sva primjerna stabla bespogrešno izabrana ne samo s obzirom na debljine, već i s obzirom na visine, pak da prema tome preostaju kod njih samo oblične pogreške. Ovdje dakle sva primjerna stabla jedne te iste skupine moraju načelno da imaju jedan te isti produkt $g_a h_a$, pa stoga formula (6) po izlučenju toga zajedničkog faktora prelazi u formulu

$$\mathfrak{B}_a = g_a h_a (f_{I_a} + f_{II_a} + \dots + f_{\mathfrak{N}_a}) \dots \dots \dots (20)$$

ili kraće:

$$\mathfrak{B}_a = g_a h_a [f_a] \dots \dots \dots (21)$$

Prema tome iz formule (5) na isti način, kao što su iz nje dobivene formule (8) i (10), izlaze formule

$$V = \frac{G_1 h_1}{\mathfrak{N}_1} [f_1] + \frac{G_2 h_2}{\mathfrak{N}_2} [f_2] + \dots + \frac{G_x h_x}{\mathfrak{N}_x} [f_x] \dots \dots (22)$$

$$\pm \Delta_v = \pm \frac{G_1 h_1}{\mathfrak{N}_1} [\Delta f_1] \pm \frac{G_2 h_2}{\mathfrak{N}_2} [\Delta f_2] \pm \dots \pm \frac{G_x h_x}{\mathfrak{N}_x} [\Delta f_x] \dots \dots (23)$$

u kojima su, kako vidimo, diferencije između pojedinih pretvorbenih faktora još veće nego pod (8) i (10).

2. Proporcionalno raspoređivanje.

a) Raspoređivanje prema brojevima stabala.

Na jednak način, kao što iz formule (10) izlazi formula (14), dobiva se iz formule (23) formula

$$\pm \Delta_v = \frac{N}{\mathfrak{N}} \left\{ \pm g_1 h_1 [\Delta f_1] \pm g_2 h_2 [\Delta f_2] \pm \dots \pm g_x h_x [\Delta f_x] \right\} \dots \dots (24)$$

I odovud se vidi, da primjena *D r a u d t o v o g* principa više pogoduje izjednačivanju pogrešaka u totalnoj sumi, nego primjena *H o s s f e l d o v o g* principa.

b) Raspoređivanje prema zbrojevima temeljnica.

Uvrsti li se i u formulu (23) na mjesto pojedinih različitih kvocijenata $\frac{G_a}{\mathfrak{N}_a}$ svuda konstantan Hartigov omjer $\frac{G}{\mathfrak{N}}$, onda ona prelazi u formulu

$$\pm \Delta_v = \frac{G}{\mathfrak{N}} \left\{ \pm h_1 [\Delta_{f_1}] \pm h_2 [\Delta_{f_2}] \pm \dots \pm h_x [\Delta_{f_x}] \right\} \dots (25)$$

koja na isti način, kao što iz formule (16) izlazi formula (19), prelazi u formulu

$$\pm \Delta_v = \frac{G}{y} (\pm h_1 \Delta_{f_1} \pm h_2 \Delta_{f_2} \pm \dots \pm h_y \Delta_{f_y}) \dots (26)$$

U slučaju primjene obličnih primjernih stabala množe se dakle i kod Hartigovog principa pojedine direktne pogreške ili njihove sume sa raznim, izričito nejednakim pretvorbenim faktorima. Samo se ovdje pojedini ovakovi faktori razlikuju međusobno mnogo manje od faktora pod (24) i naročito pod (23). Oni k tome ne pretvaraju pojedine »direktne« pogreške (dotično njihove sume) izravno u »sadržinske«, dakle u pogreške kubne naravi, već tek u »indirektne« pogreške linearne naravi, koje se od odošaja, što postoji među samim direktnim pogreškama, odalečuju mnogo manje, nego li je to slučaj sa indirektnim pogreškama kubne naravi.

c) Jedan novi princip proporcionalnog raspoređivanja.

Vidjesmo, da u slučaju upotrebe obličnih primjernih stabala ni Hartigov princip raspodjeljivanja tih stabala ne iskorišćuje još kako treba one pogodnosti, što ih može da pruži njihovo raspoređivanje na što veći broj debljinskih skupina. Za što potpurije iskorišćenje tih pogodnosti potrebno je, da se oblična primjerna stabla raspodijele na pojedine skupine u razmjerima

$$\frac{G_1 h_1}{\mathfrak{N}_1} = \frac{G_2 h_2}{\mathfrak{N}_2} = \dots = \frac{G_x h_x}{\mathfrak{N}_x} = \frac{Gh}{\mathfrak{N}} \dots (27)$$

gdje h označuje visinu sastojinskog srednjeg stabla. Nakon toga prelazi naime formula (23), teorijski uzeto, u formulu

$$\pm \Delta_v = \frac{Gh}{\mathfrak{N}} \left\{ \pm [\Delta_{f_1}] \pm [\Delta_{f_2}] \pm \dots \pm [\Delta_{f_x}] \right\} \dots (28)$$

u kojoj se, kako vidimo, oblične pogreške svih primjernih stabala u sastojini zbrajaju same za sebe isto onako, kao što se po formuli (16) zbrajaju oblično-visinske pogreške. Pod uslovima

$$G_1 h_1 = G_2 h_2 = \dots = G_y h_y = \frac{Gh}{y} \dots (29)$$

$$\mathfrak{N}_1 = \mathfrak{N}_2 = \dots = \mathfrak{N}_y = 1 \quad \dots\dots\dots (30)$$

prelazi formula (28) u jednostavniju formulu

$$\pm \Delta_v = \frac{Gh}{y} (\pm \Delta_{f_1} \pm \Delta_{f_2} \pm \dots \pm \Delta_{f_y}) \quad \dots\dots\dots (31)$$

Radi toga, što se (slično kao pod IV. 2, b) izračunani brojevi primjernih stabala moraju da zaokružuju na cijele brojeve, ne da se naravski postići ni stroga jednakost pojedinih članova pod (27), slično kao — iz istih razloga zapravo — ni stroga jednakost pojedinih članova pod (29). Unatoč toga očevidno je, iz istih razloga kao i ranije, da rasporedbeni princip sadržan pod (27), (29) i (30) svakako omogućuje znatno bolje ukidanje pogrešaka nego Hartigov, a pogotovo nego drugi koji princip pod V i naravski također pod IV.

Slična neizbježiva potreba zaokruživanja karakterizuje u ostalom i Neubauer-Tischendorfov princip raspoređivanja kao i uopće svaki princip proporcionalnog raspoređivanja, izuzev kadšto Urichovu modifikaciju Draudtova principa, koja ipak kao sastavni dio ovoga principa pokazuje u navedenom pogledu sve ovom principu svojstvene mane.

Formule (28) i (31) slične u pogledu samog zbrajanja pogrešaka potpuno formulama (16) i (19). Razlikuju se od ovih tek u toliko, što pod (16) i (19), jer se tu zbrajaju pogreške u apsolutnom pogledu svakako veće od pogrešaka pod (28) i (31), mora i suma pogrešaka da bude apsolutno veća nego pod (28) i (31). No zato se pod (16) i (19) ta apsolutno veća suma množi sa apsolutno manjim pretvorbenim faktorom nego pod (28) i (31). Koja od tih dviju procedura bolje pogoduje konačnoj tačnosti kubikacionog rezultata?

Jednostavnosti radi uzmimo u razmatranje samo formule (19) i (31), koje — kako vidimo — za svaku skupinu sponiraju tek po jedno primjerno stablo, te se jedino po tome (t. j. po jednostavnijoj konstrukciji) i razlikuju od formula (16) i (28).

Pretvorbeni faktor pod (31) jednak je h -strukom pretvorbenom faktoru pod (19). No natuknuo sam već, da je svaka oblično-visinska pogreška kojegod skupine a u apsolutnom pogledu uvijek i bezuvjetno veća od same pripadne oblične pogreške. Svaka je od njih dakle jednaka ka -strukoj obličnoj pogreški, gdje je k_a faktor, kojim se oblična pogreška pretvara u oblično-visinsku pogrešku. Kao takav mora naravski taj faktor da predstavlja jednu linearnu (dužinsku) veličinu, jer je i oblično-visinska pogreška linearna

veličina, dok je naprotiv oblična pogreška jednostavan relativan broj. Dakle je

$$\pm \Delta_{(hf)_a} = \pm k_a \Delta_{f_a} \dots \dots \dots (32)$$

otkud izlazi:

$$k_a = \frac{\pm \Delta_{(hf)_a}}{\pm \Delta_{f_a}} \dots \dots \dots (33)$$

Rastavi li se oblično-visinska pogreška u komponente, t. j.

$$\begin{aligned} \pm \Delta_{(hf)_a} &= (h_a \pm \Delta_{h_a})(f_a \pm \Delta_{f_a}) - (hf)_a \\ &= \pm h_a \Delta_{f_a} \pm f_a \Delta_{h_a} \pm \Delta_{f_a} \Delta_{h_a} \dots \dots \dots (34) \end{aligned}$$

i uvrsti li se zatim u (33), dobiva se:

$$k_a = h_a \pm f_a \frac{\Delta_{h_a}}{\Delta_{f_a}} \pm \Delta_{h_a} \dots \dots \dots (35)$$

S obzirom na duplicitet predznaka i kod visinske i kod oblične pogreške moguća su za k_a s jednakom vjerojatnošću ova četiri iznosa:

1. za slučaj $(+\Delta_{h_a})$ i $(+\Delta_{f_a})$:

$$k_{a_1} = h_a + f_a \frac{\Delta_{h_a}}{\Delta_{f_a}} + \Delta_{h_a} \dots \dots \dots (36)$$

2. za slučaj $(+\Delta_{h_a})$ i $(-\Delta_{f_a})$:

$$k_{a_2} = h_a - f_a \frac{\Delta_{h_a}}{\Delta_{f_a}} + \Delta_{h_a} \dots \dots \dots (37)$$

3. za slučaj $(-\Delta_{h_a})$ i $(+\Delta_{f_a})$:

$$k_{a_3} = h_a - f_a \frac{\Delta_{h_a}}{\Delta_{f_a}} - \Delta_{h_a} \dots \dots \dots (38)$$

4. za slučaj $(-\Delta_h)$ i $(-\Delta_f)$:

$$k_{a_4} = h_a + f_a \frac{\Delta_h}{\Delta_f} - \Delta_h \dots \dots \dots (39)$$

Aritmetička sredina svih ovih četiriju jednako mogućih i jednako vjerojatnih iznosa za k_a daje:

$$k_a = h_a \dots \dots \dots (40)$$

Prema tome jednadžba (32) poprima oblik

$$\pm \Delta_{(h)} = \pm h_a \Delta_f \dots \dots \dots (41)$$

Vidimo dakle, da je svaka oblično-visinska pogreška pod (19) prosječno jednaka h_a -strukoj obličnoj pogreški pod (31) i prema tome formula (19), uvrste li se u nju pojedini sa $a (= 1, 2, \dots, y)$ označeni izrazi pod (41), prelazi točno u formulu (26), koja je s obzirom na mogućnost izjednačivanja pogrešaka u totalnoj sumi svakako inferiornija od formule (31). Isto vrijedi i za odnošaj između formula (25) i (28). I ta inferiornost dolazi do to jačeg izražaja, što je veća razlika između h_x i h_y , t. j. što je — pod inače jednakim okolnostima — obrazovano u sastojini više debljinskih skupina.

VI. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA.

Prednji izvodi pokazuju jasno, da raspoređivanje primjernih stabala prema principu sadržanom u jednadžbama (27), (29) i (30), dakle prema zbrojevima sadržina osnovnih valjaka, pogoduje svakako više konačnoj točnosti kućisanja sastojine nego raspoređivanje prema zbrojevima temeljnica ili čak kakovo drugo raspoređivanje. Ovaj novi princip raspoređivanja nije, kako vidimo, sasvim identičan sa principom raspoređivanja prema skupinskim drvnim sadržinama, ali mu je sličan. No dok je raspoređivanje prema zbiljnim skupinskim sadržinama sasvim neizvedivo, a prema sadržinama dobivenim s pomoću napomenutih tabela u najmanju ruku skopčano s izvjesnim kontradikcijama, daje se raspoređivanje prema ovom novom principu izvesti bez poteškoća i načelnih prigovora.

Čak nije u tu svrhu potrebno ni da se uvlači u račun visina srednjeg stabla za cijelu sastojinu (h), kako to inače traže jednadžbe (27) i (29), jer se ista svrha daje postići i bez upotrebe napomenute visine, koja se — kako znamo —

po nijednoj metodi ni formuli ne da utvrditi sasvim besprikorno. Tako npr. može da se iz jednadžbe (27) jednostavno ispusti zadnji njezin član, koji sadrži visinu sastojinskog srednjeg stabla, pak da se brojevi primjernih stabala za pojedine skupine računaju prema unaprijed suponiranom broju primjernih stabala u prvoj ili kojoj god drugoj skupini. Sve ove skupine mogu, kako se razumije samo po sebi, da imaju i karakter čisto primarni (stepenski), u kojem se slučaju pojedine visine pod (27) jednostavno očitavaju iz visinske krivulje. Samo je u tom slučaju potrebno, da debljinski stepeni ne budu preuski, jer bi inače — pri supoziciji jednog primjernog stabla u prvom stepenu — nastupila potreba nepoželjno velikog broja primjernih stabala u ostalim stepenima i cijeloj sastojini.

Na sličan način može da se i u jednadžbi (29) jednostavno ispusti zadnji član, koji sadrži visinu sastojinskog srednjeg stabla, pa da se uloga sravnidbene veličine poda zbroju valjčanih sadržina za prvu ili za dnu skupinu (primarnu ili sekundarnu). Kao posljedica ovakove operacije mora međutim u pravilu da se zbude to, da jedna (zadnja) od skupina nastalih pregrupisavanjem prvobitnih skupina (u cilju postignuća jednakosti u zbrojevima valjčanih sadržina) dobije bitno manji zbroj valjčanih sadržina od ostalih skupina, pa da se prema tome tretira eventualno zasebice od ostalih. No praktičnoj izvedbi cijeloga principa ne može to da smeta ništa.

Kako vidjesmo, izlučenje srednjih temeljnica iz zbrojeva pod (6) i (7) imalo je za posljedicu sastojinsko-kubikacionu formulu (8), a iz nje s obzirom na jednadžbe (2) i (11) slijedi kubikaciona formula

$$V = \frac{N}{\mathfrak{N}} \left\{ g_1 [(hf)_1] + g_2 [(hf)_2] + \dots + g_x [(hf)_x] \right\} \dots \dots \dots (42)$$

S obzirom na jednadžbu (15) izlazi iz (8) također formula

$$V = \frac{G}{\mathfrak{N}} \left\{ [(hf)_1] + [(hf)_2] + \dots + [(hf)_x] \right\} \dots \dots \dots (43)$$

a s obzirom na jednadžbu (17) i uz uslov, da svaka skupina dobije tek po jedno primjerno stablo, također formula

$$V = \frac{G}{y} \left\{ (hf)_1 + (hf)_2 + \dots + (hf)_y \right\} \dots \dots \dots (44)$$

S druge strane opet izlučenje produkata od srednjih temeljnica i srednjih visina iz zbrojeva pod (20) i (21) imalo je za posljedicu sastojinsko-kubikacionu formulu (22). Iz nje s

obzirom na jednadžbe (2) i (11) izlazi daljnja kubikaciona formula

$$V = \frac{N}{\mathfrak{R}} \left\{ g_1 h_1 [f_1] + g_2 h_2 [f_2] + \dots + g_x h_x [f_x] \right\} \dots (45)$$

Uz iste uslove, uz koje je došlo do formula (43) i (44), izlaze iz formule (22) također formule

$$V = \frac{G}{\mathfrak{R}} \left\{ h_1 [f_1] + h_2 [f_2] + \dots + h_x [f_x] \right\} \dots (46)$$

$$V = \frac{G}{y} \left(h_1 f_1 + h_2 f_2 + \dots + h_y f_y \right) \dots (47)$$

a s obzirom na jednadžbe (27), (29) i (30) također formule

$$V = \frac{Gh}{\mathfrak{R}} \left\{ [f_1] + [f_2] + \dots + [f_x] \right\} \dots (48)$$

$$V = \frac{Gh}{y} \left(f_1 + f_2 + \dots + f_y \right) \dots (49)$$

Formule (8) i (42) do (44) važe, kako to jasno pokazuje njihov postanak, za slučaj upotrebe oblično-visinskih primjernih stabala, a formule (22) i (45) do (49) za slučaj upotrebe obličnih primjernih stabala. Formula (47) slična je formuli (44), ali iz lako shvatljivih razloga nije s njome identična.

Obje ove grupe formula dadu se upotrijebiti i za računanje sadržina, što otpadaju na pojedine sortimente, a zadnje dvije formule dadu se, kako vidjesmo malo prije, adaptirati i za slučaj, da ne želimo imati posla sa visinom sastojinskog srednjeg stabla. Računanje sortimenata po kojojgod od gornjih formula može naravski da bude tek indirektno — onakovo po prilici, kakovo se u mojoj »Dendrometriji« nalazi na strani 254., što međutim praktičnoj provedbi računanja ne smeta ništa.

Formule (8) i (42) do (44) pokazuju sasvim očito, da se na oblično-visinskim primjernim stablima imaju (u slučaju nerazlučivanja sortimenata) da što točnije utvrde tek prosječne obliko-visine pojedinih skupina, jer su ostali faktori sastojinske drvne mase, što ih sadrže te formule [brojevi stabala i srednje skupinske temeljnice prema formuli (42) dotično brojevi stabala i zbrojevi temeljnica prema formulama (8), (43), (44)] dade ni već na osnovi podataka, za kojih utvrđenje nikako nije potrebna izmjera primjernih stabala.

Isto tako formule (22) i (45) do (49) pokazuju na jednak način, da se na obličnim primjernim stablima imaju u spomenutom slučaju da što točnije utvrde tek prosječni oblični brojevi pojedinih skupina, jer su i prema ovim formulama svi ostali faktori sastojinske drvne mase d a d e n i v e ć na osnovi operacija, koje se nikako ne izvode na obličnim primjernim stablima.

Poznato je, da stablo srednje skupinske obliko-visine ne mora baš točno da ima i debljinu (temeljnicu) sadržinski srednjeg stabla dotične skupine, baš kao što ni stablo srednje skupinske debljine (temeljnice) ne mora točno da ima i obliko-visinu sadržinski srednjeg stabla. Isto tako ni stablo srednjeg skupinskog obličnog broja ne mora baš točno da ima također debljinu i visinu srednjeg skupinskog stabla, kao što ni stablo srednje debljine i visine ne mora točno da ima i oblični broj sadržinski srednjeg stabla.

No pa gornje formule nikako ni ne zahtijevaju, da se oblično-visinska dot. oblična primjerna stabla podudaraju u pogledu debljina dot. debljina i visina baš točno sa sadržinski srednjim stablima, jer one — kako vidjesmo — niti ne zahtijevaju, da debljine dot. i visine upotrijebljenih oblično-visinskih dot. obličnih primjernih stabala uopće uđu u račun sastojinske drvne mase. Prema tome pri upotrebi gornjih ili njima analognih formula nisu uopće potrebne ni ranije pretpostavke, prema kojima bi svako oblično-visinsko dot. oblično primjerno stablo pojedine skupine trebalo da ima točno debljinu dot. i visinu sadržinski srednjeg stabla svoje skupine.

Dovoljno je dakle pod navedenim uslovom, ako se oblično-visinska dot. oblična primjerna stabla tek više ili manje približno podudaraju u pogledu navedenih faktora sa sadržinski srednjim stablima, pa se prema tome pri izboru ovakvih primjernih stabala može glavna pažnja da svrati na njihovu reprezentativnost u pogledu obliko-visine dot. samog obličnog broja. Ovdje se pak dobre strane obličnih primjernih stabala prema onima oblično-visinskih primjernih stabala ističu još u jačoj mjeri, jer je i valjan njihov izbor znatno lakši od valjanog izbora oblično-visinskih primjernih stabala. Lakše je naime dobro uzeti na oko jednu komponentu drvne mase, nego njih dvije.

Konačno moram da napomenem, da je formulu (44) izveo već K u n z e¹⁸⁾, ¹⁹⁾, a između ostalih da s obzirom na rezultate pod V pripisujem važnosti samo formulama (22), (48) i (49).

VII. LITERATURA

- 1) Maletić: Premer šumskih sastojina pomoću slobodno izabranih predstavnika (Cubage des peuplements au moyen des tiges-modèles choisis librement), Šumarski List 1930, pag. 456, 457, 487.
- 2) Speidel: Beiträge zu den Wuchsgesetzen des Hochwaldes, Tübingen 1893, pag. 6—21.
- 3) Kopecky: Über Bestandesmassenaufnahmen im Urwalde. Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1895, pag. 520—526.
- 4) Kopecky: Neue Verfahren der Bestandesmassenermittlung, Centralblatt für das gesamte Forstwesen 1899, pag. 472—473.
- 5) Károlyi: Beiträge zur Theorie und Praxis des Massenkurvenverfahrens, Oesterreichische Vierteljahresschrift für Forstwesen 1906, pag. 343—344.
- 6) Schwappach: Leitfaden der Holzmesskunde, 2. Auflage, Berlin 1903, pag. 81; 3. Aufl., Berlin 1923, pag. 65.
- 7) Lorey: Das Draudt'sche Verfahren, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1894, pag. 305.
- 8) Draudt: Ermittlung der Holzmassen, Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1857, pag. 123.
- 9) Urich: Ermittlung der Holzmassen, Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1862, pag. 77, 78.
- 10) Urich: Über Probestammsysteme, Zeitschrift für Forst- und Jagdwesen 1881, pag. 403, 404.
- 11) Levaković: O točnosti i praktičnosti raznih metoda za kubisanje sastojina, Šumarski List 1920, pag. 273.
- 12) Levaković: Dendrometrija, Zagreb 1922, pag. 234.
- 13) Levaković: Die Bestandesmassenaufnahme mittels Probestämmen, Wien-Leipzig 1922, pag. 64.
- 14) Guttenberg: Holzmesskunde (Lorey's Handbuch der Forstwissenschaft, dritte von Ch. Wagner herausgeg. Aufl., Tübingen 1912), 3. Band, pag. 234—235.
- 15) Neubauer: Die Bestandesaufnahme nach dem Verfahren des Massenmittelstammes und nach Stammklassen gleicher Masse, Centralbl. für das ges. Forstw. 1924, pag. 30; 1925, pag. 1, 90.
- 16) Tischendorf: Die Genauigkeit von Messungsmethoden und Messungsergebnissen bei Holzmassenermittlungen, Forstwissenschaftliches Centralblatt 1925, pag. 507—514.
- 17) Tischendorf: Lehrbuch der Holzmassenermittlung, Berlin 1927, pag. 120—128.
- 18) Kunze: Eine bemerkenswerte Eigenschaft der Robert Hartig'schen Methode der Bestandesmassenaufnahme, Tharandter forstliches Jahrbuch 1886, pag. 5.
- 19) Kunze: Anleitung zur Aufnahme des Holzgehaltes der Waldbestände, 3. Aufl., Berlin 1916, pag. 43.
- 20) Maletić: Premer šumskih sastojina — Šum, List 1931, pag. 366.

VIII. ZUSAMMENFASSUNG.

1. Handelt es sich um die Holzmassenermittlung eines ganzen Bestandes, so führt der erste Gedanke daraufhin, einen Massenmittelstamm darin auszusuchen und die Bestandesmasse nach dessen möglichst genau erhobenem Inhalte zu berechnen. Leider kann nun dieser verlockende Gedanke nur Gedanke bleiben, ohne Aussicht auf Realisierung, da man bekanntlich einen wahren Massenmittelstamm nur ganz zufälligerweise oder gar nicht im Bestande treffen kann. Dieser Umstand zwingt uns nun, vom bekannten Gesetze der mehr oder weniger zustandekommanden Ausgleichung »zufälliger« Fehler Gebrauch zu machen und demzufolge den ver-

meintlichen Mittelstamm auf Grund seiner im voraus ermittelten Stärke oder auch Höhe in mehreren Exemplaren auszusuchen — in der Erwartung natürlich, dass sich die bei der Mittelstamm-Auswahl zustandekommenden und in Massenfehler übergehenden Formhöhen- oder Formzahlfehler mehr oder weniger ausgleichen werden.

Was nun doch die Anzahl solcher vermeintlicher Mittelstämme anbelangt, so ist derselben eine gewisse, bald (unter Umständen sogar sehr bald) zu erreichende Grenze gegeben, die uns oftmals zwingt, die Probestammwahl auf eine grössere Anzahl von Stärkeklassen oder sogar auf alle bei der Kluppierung erhaltenen Stärkestufen auszudehnen. So handelt es sich also oftmals um Benützung von praesumptiven Klassen- oder sogar Stufenmittelstämmen, deren Formhöhen- oder Formzahldifferenzen gegenüber den wahren Mittelstämmen der betreffenden Stammgruppen teilweise schon innerhalb derselben Stammgruppen und teilweise in der Summe aller Gruppenmassen möglichst ausgeglichen werden sollen.

Die Auswahl solcher Probestämme, die eigentlich alle als Mittelstämme charakterisierbar sind, ist bekanntlich mit Schwierigkeiten verbunden, da man nicht leicht Bäume herausfinden kann, die mit den für sie geforderten Dimensionen ganz übereinstimmen. Die ganze Arbeit ist auch sehr zeitraubend und man kam daher auch auf die Idee, die Probestämme freizuwählen (d. h. unbeachtet ihrer Dimensionen) und ihre Massen graphisch auszugleichen. Nur die augenscheinlich abnormen Bäume werden dabei ausser Acht gelassen und behufs möglicher Ausgleichung trachtet man auch, die Gesamtheit der Probestämme möglichst gleichmässig auf alle im Bestande vorkommenden Stärkestufen zu verteilen. Maletić schlug sogar zu diesem Behufe unlängst vor,³⁾ entweder jeden n^{ten} Baum überhaupt oder alle sich in einer bzw. mehreren geraden Linien befindenden Bäume zu Probestämmen zu machen.

Die Bestandesmassenermittlung auf Grund graphisch ausgeglichener Einzelmassen solcher freigewählter Probestämme ist allerdings einfacher und führt rascher zum Ziele als die Bestandeskubierung auf Grund der Aufnahme von Probestämmen als Klassen- oder Stufenmittelstämmen. Sie hat jedoch gegenüber dieser Kubierungsweise auch einige Nachteile, die gar oft und ganz ausdrücklich zu Gunsten dieser letzteren sprechen. Der Hauptmangel freigewählter Probestämme besteht darin, dass sie in bezug auf die Höhe und Vollholzigkeit (Formzahl) zum guten Teile nur recht wenig, etliche sogar fast gar nicht repräsentationsfähig sind und muss dieser Mangel namentlich den von Maletić vorgeschlagenen Probestämmen zur Last hinzugeschrieben werden.

Die oft grosse und unregelmässige Streuung der Massen freigewählter Probestämme um eine gewisse vermutlich mittlere Kurvenrichtung herum kann den Konstrukteur bezüglich der richtigen Kurventrassierung vielfach in Verlegenheit bringen und erklären sich auch eben dadurch die im Laufe der Zeit aufgetauchten und eine Erleichterung der gesagten Trassierung bezweckenden Vorschläge [Speidel²⁾, Kopecky³⁾,⁴⁾, Károly⁵⁾], die alle jedoch einer innigen und tadellosen Begründung durchaus entbehren. Behufs Erlangung eines gleich genauen Bestandeskubierungsergebnisses müssen daher unter sonst gleichen Umständen die freigewählten Probestämme, namentlich jene nach Maletić's Vorschlag, in einer entschieden grösseren Anzahl zur Benützung kommen, als es bezüglich der Probestämme als beiläufiger Mittelstämme notwendig ist. Diese freigewählten »Massen«-Probestämme bleiben weiterhin ausserhalb des Rahmens der vorliegenden Studie.

Bekanntlich gibt es nun noch eine Gattung freigewählter Probestämme. Es sind die sogenannten Höhenprobestämme, die auf gleiche Weise als

³⁾ Siehe Nr 1 des Literaturverzeichnisses.

Basis für die Ermittlung der Stufen-Durchschnittshöhen dienen. Diese Probestämme, grundsätzlich stehend gemessen, können nun eben aus diesem Grunde in einer viel grösseren Anzahl gemessen werden, als es bezüglich freigewählter Massen-Probestämme möglich ist. Ausserdem ist auch ihr Zweck selbst ein wesentlich enggefassterer als jener der freigewählten Massenprobestämme, was nun natürlich mitbestimmend ist (neben noch einigen anderen Gründen) für die Tatsache, dass die Stufen-Durchschnittshöhen sowohl graphisch als auch rechnerisch (nach der Methode der kleinsten Quadrate) viel sicherer ermittelt werden können als die Stufen-Durchschnittsmassen.

Auch die Höhenprobestämme sollen im Verlaufe dieser Studie ganz ausser Acht gelassen werden, indem einfach fehlerfreie Stufen-Durchschnittshöhen zur Voraussetzung kommen, und zwar ganz berechtigterweise, da es sich hier lediglich um die Bestandeskubierungsgenauigkeit als eine Folge der Verwendung vermutlich mittlerer Massen-Probestämme handelt. Nun aber können auch diese Probestämme in zwei spezielle Kategorien eingeteilt werden. Sie können nämlich, wie schon oben gesagt, entweder bloss auf Grund der für sie im vorhinein bestimmten Grundstärke zur Wahl kommen oder auch noch auf Grund der für sie ebenfalls im vorhinein bestimmten Höhe. Im ersten Falle sollen die zur Wahl kommenden Individuen als Proben möglichst mittlerer Formhöhen dienen und kann man sie daher auch als Formhöhen-Probestämme bezeichnen. Im zweiten Falle dagegen kommt den in Frage kommenden Bäumen, nachdem sie sich bezüglich Stärke und Höhe bereits als passend erwiesen haben, nur noch die Aufgabe zu, als Proben möglichst mittlerer Formen bezw. Formzahlen zu dienen und können daher auch als Formzahl-Probestämme (Formprobe stämme) bezeichnet werden.

Neben freigewählten Probestämmen waren bis unlängst nur die Formhöhen-Probestämme Gegenstand dendrometrischer Betrachtungen und erst im letzten Dezennium kam man zur Überzeugung, dass die Formzahl-Probestämme imstande sind, der Bestandeskubierungsgenauigkeit bessere Dienste zu leisten, als es bezüglich der Formhöhen-Probestämme gesagt werden kann. Die vorliegende Studie befasst sich mit beiden diesen Probestammgattungen und das in Sicht genommene Problem bezieht sich auf die Frage, wie sollen denn die Probestämme auf einzelne Gruppen verteilt werden, damit sich ihre Abweichungen von den wahren Gruppenmittelstämmen möglichst ausgleichen.

II. Die Frage der vorteilhaftesten Probestammverteilung reicht bis zu den ersten Anfängen der Holzmesskunde zurück. Während Hossfeld (1812) noch als Anhänger der beliebigen Probestammverteilung gilt⁹⁾, stellt v. Löwis⁷⁾ schon zwei Jahre nach ihm dasselbe Probestamm-Verteilungsprinzip auf, welches später in seinen Hauptgrundsätzen von Draudt⁸⁾ ausgebildet wurde und nunmehr allgemein als Draudt'sches Prinzip bekannt ist. Nach demselben verteilt man die Probestämme proportionell zu Gruppen-Stammzahlen, also in einem linearen Verhältnisse. Ulrich^{9), 10)} verbesserte nun bekanntlich das Draudt'sche Prinzip, indem er zeigte, dass die Proportionalität zwischen Gesamtstammzahl und Probestammzahl oftmals ganz streng erreicht werden kann, wenn man die Stammklassen derart bildet, damit jede derselben ausser gleicher Probestammzahl auch noch je eine gleiche Gesamtstammzahl erhalte. Demgegenüber stellte Rob. Hartig ein der Ulrich'schen Modifikation des Draudt'schen Prinzipes — der äusseren Form nach — ganz ähnliches, in Wirklichkeit jedoch ganz verschiedenes Verteilungsprinzip auf, jenes nach annähernd gleichen Grundflächensummen. Annähernd gleiche Grundflächensummen sind es lediglich insoferne, als man bekanntlich nur ganze Bäume aus einer Stammklasse in die andere verschieben kann. Sonst kann der Gleichheitsgrad zwischen solchen Hartig'schen Stammklassen als ein der Hauptsache nach ganz befriedigender bezeichnet

werden. Verfasser führte seinerzeit^{11), 12), 13)} dieses Härtig'sche, eigentlich quadratische Proportionalitätsprinzip auch in einer freieren Form vor, die der originellen Härtig'schen an Genauigkeit selbstverständlich etwas nachsteht.

Mit der Aufstellung des Grundsatzes proportioneller Probestammverteilung bezweckte man (mehr oder weniger bewusst) eine Schaffung von Vorbedingungen für das Zustandekommen einer möglichst guten Ausgleichung der zwischen einzelnen Probestämmen und wahren Klassenmittelstämmen gewiss bestehenden Differenzen. Dies erhoffte man zu erreichen entweder in der Summe aller Probestammmassen (Draudt) oder in der Summe aller Stammklassenmassen (Hartig). Das Härtig'sche Prinzip verschaffte sich dabei dem Draudt'schen gegenüber eine mit der Zeit beständig wachsende Anhängerschaft und einer seiner Hauptbefürworter, neben Hartig selbst, war Guttenberg¹⁴⁾. Seine Überzeugung von der Überlegenheit des Härtig'schen Prinzipes verstand Guttenberg sehr anschaulich an einem Beispiele darzulegen und gipfelte diese seine Überzeugung im Ausspruche, dass die Wahrscheinlichkeit einer Ausgleichung der durch die Wahl nur eines oder weniger Probestämme für jede Klasse verursachten Fehler »offenbar nur dann gegeben ist, wenn jeder Modellstamm annähernd einen gleichen Anteil der Gesamtbestandesmasse repräsentiert«.

Verfasser überprüfte nun seinerzeit, ebenfalls an einem Beispiele, sowohl das Draudt'sche Prinzip im allgemeinen als auch speziell diesen erweiterten Standpunkt Guttenbergs und gelangte zu einer ähnlichen, nicht jedoch so exclusivistischen Stellungnahme. Verfassers Erwägungen führten nämlich dazu, dass man — ganz theoretisch genommen — den maximalerreichbaren Genauigkeitsgrad des Gesamtergebnisses allerdings mit dem grössten Grade der mathematischen Hoffnung, nicht jedoch auch ausschliesslich von einer Probestammverteilung nach Massgabe der Klassen-Massen erwarten kann und darf. In Anbetracht der grundsätzlichen Unmöglichkeit einer solchen Probestammverteilung jedoch (aus von selbst sich ergebenden Gründen) erklärte sich nun auch Verfasser schliesslich zugunsten des Härtig'schen Verteilungsprinzipes als des diesem Verteilungsprinzipe nach Klassenmassen am nächsten stehenden.

Bald darauf erklärt sich Neubauer fast ausschliesslich für dieses Verteilungsprinzip nach Klassenmassen (ohne irgendwelche ausdrückliche Argumentation jedoch) und trachtet es sogar in die Tat zu überführen¹⁵⁾. Eine Möglichkeit hierzu ersieht er nun in der vorläufigen, approximativen Bestandeskubierung mit Hilfe der abstrakten Probestämme, d. h. der für jede vorliegende Stärkestufe einer Massentafel entnommenen Einzelbaummassen. Auf Grund dieses provisorischen Kubierungsergebnisses wäre nunmehr der Bestand in eine gewisse (beliebige) Anzahl von Stammklassen gleicher Massen einzuteilen (ähnlich wie bei der Bildung der Härtig'schen Klassen gleicher Grundflächensummen), deren jede einen konkreten Probestamm erhält. Nach Liegendkubierung dieser Probestämme solle man schliesslich das vorläufige (approximative) Bestandeskubierungsergebnis einer speziellen Korrektur unterziehen auf Grund einer Formel, die neben dieser provisorischen Bestandesmasse auch noch Einzelstammmassen sowohl konkreter als auch abstrakter Probestämme enthält.

Tischendorf^{16), 17)} beurteilt als erster das Problem der vorteilhaftesten Probestammverteilung auf mathematischer Basis. Doch können auch seine Ausführungen noch gar nicht als exakt bezeichnet werden, da er hierbei mit gewissen ausdrücklich approximativen Kürzungen und mit gewissen nicht ganz passenden Voraussetzungen arbeitet. Seinem ersten diesbezüglichen Resultate gemäss¹⁸⁾ verteilt man die Probestämme proportionell den Quotienten aus Klassenmassen als Zählern und Klassenmittelstammstärken als Nennern. Also wiederum eine gewisse Art

quadratischer Proportionalität (indem die betreffenden Zähler kubische und Nenner lineare Grössen sind) und nähert sich dadurch dieses erste Tischendorf'sche Resultat am meisten dem Hartig'schen Prinzipie.

Sein zweites diesbezügliches Resultat¹⁷⁾ ist ebenfalls, wie er es selbst ausdrücklich hervorhebt, nur aproximativ. Nach diesem zweiten Gesetze verteilt man die Probestämme in der Proportion der Klassenmassen, die nicht einander gleich sein müssen. Behufs Anwendung dieses Verteilungsgesetzes kubiert indessen auch Tischendorf die einzelnen, nicht gleich massenreichen Stammklassen vorläufig mit Hilfe der Massentafeln und korrigiert darauf diese approximativen Klassenmassen auf Grund der an gefällten Probestämmen erhobenen konkreten Formzahlen.

III. Wie gesehen, behufs Probestammverteilung nach Massgabe der Klassen-Massen proponiert sowohl Neubauer als auch Tischendorf die vorläufige Bestandes- bzw. Klassenkubierung mittels Massentafeln, eine Kubierungsmethode, die von beiden in diesem Falle gegenüber der Kubierung mittels konkreter Probestämme grundsätzlich als minder genau bezeichnet wird, da sie sonst eine nachträgliche Korrektur der mittels Massentafeln erhaltenen Kubierungsergebnisse nicht als erwünscht betrachtet hätten. Dies ist nun eine entschiedene Schattenseite ihres ganzen Vorganges, denn es ist wenigstens sehr fraglich, ob das mittels Massentafeln erhaltene Kubierungsergebnis, wenn es dem vermittelst konkreter Probestämme erhaltenen in Genauigkeit nachsteht, auch wirklich durch eine nachträgliche Operation betreffenden Stiles verbessert werden kann. (Vergleiche die nachfolgende Studie).

Indessen auch das Prinzip der Verteilung nach Klassen-Massen an und für sich selbst ist von Tischendorf nicht ganz zweifellos als das beste erwiesen worden, indem — wie gesagt — auch sein zweites Gesetz von ihm selbst nur als annähernd bezeichnet wird. Meiner seinerzeitigen auf einem Beispiele fussenden Argumentation fehlt anderseits der Allgemeinheitscharakter, indem darin die ganze Frage nur auf Grund eines und dazu beschränkten Fehlersystems ins Auge gefasst wird. Die Frage der vorteilhaftesten Probestammverteilung ist also noch immer offen und soll sich denn daher auch die vorliegende Studie möglichst eingreifend mit ihr beschäftigen.

Als Untersuchungsbasis werden auch hier, gleich wie in früheren meinen Schriften, die wahren bei der Probestammwahl begangenen Fehler dienen, während Tischendorf an beiden angegebenen Orten nur mit scheinbaren Fehlern operiert. Eine ganz zweckentsprechende, und eigentlich selbstverständliche, im Wesen der Sache selbst liegende Voraussetzung wird hier gemacht werden, dass nämlich bei der Wahl von Formzahlprobestämmen nur bezüglich der Formzahlen (f) und bei der Wahl von Formhöhenprobestämmen nur bezüglich der Formhöhen (h) gefehlt wird, da die übrigen Eigenschaften der zu wählenden Probestämme mittels Messung geprüft werden und etwaigen diesbezüglichen Fehlern dementsprechend vorgebeugt werden kann. * Die einzelnen Formhöhen- bzw. Formzahlfehler können naturgemäss ohne nachträgliche Liegendkubierung des ganzen Bestandes nicht bekannt sein. Man weiss jedoch gewiss, dass diese direkten in der Probestammwahl begangenen Fehler eine andere Art von Fehlern zur Folge haben, indem sie nämlich im Sinne der bekannten Kubierungsformel $v = g \cdot f$ eine Verwandlung erleiden, wodurch indirekte, d. h. Massen-Fehler entstehen, vorerst in bezug auf die durch Probestammaufnahme erhaltene quasi-durchschnittliche Einzelstammmasse innerhalb der Stammklasse und dann

*) Wenigstens in meisten Fällen und bis zu einem noch genügenden Masse. Auch handelt es sich hier wohl nicht um andere Fehlerarten, als vielmehr lediglich um Formhöhen- bzw. Formzahlfehler, deren Einfluss auf das Bestandeskubierungsergebnis und dessen grösstmögliche Herabsetzung.

in bezug auf die ganze Klassenmasse, indem der einzelne Massenfehler noch mit der Klassenstammzahl multipliziert wird.

Es fragt sich nun, bei welchen Probestammwahl-Fehlern eine bessere Ausgleichung zustande kommen kann, ob bei direkten oder bei indirekten?

Direkte Fehler entstehen alle unter gleichen Umständen, wenn alle Probestämme von ein und derselben Person, unter denselben äusseren Verhältnissen und mit gleicher Sorgfalt (strengster Objektivität natürlich) gewählt werden. Unter diesen Bedingungen müssen einzelne derselben (obzwar ungleich untereinander) positiv, andere negativ sein und wird ihnen diese Eigenschaft überhaupt von sämtlichen Fachleuten gegeben, die eine Probestammwahl in mehreren Exemplaren ins Auge fassen. Als beiläufig unter denselben Umständen entstanden, sind indessen die direkten Probestammwahlfehler der Hauptsache nach homogen und bilden demzufolge ein System gleichwertiger Fehler, innerhalb dessen sicherlich eine bessere Ausgleichung zustandekommen kann als innerhalb eines Systems heterogener Fehler, welche Eigenschaft die indirekten Probestammwahlfehler tragen, wenn sie durch ungleichmässige Verwandlung direkter Fehler entstehen.

Um sich die Ausgleichungsmöglichkeit einerseits zwischen homogenen und anderseits zwischen heterogenen Fehlern zu veranschaulichen, denke man sich vorerst ein System von x teils positiven und teils negativen Fehlern, deren Beträge sich z. B. zwischen 1 und 10 Zentimetern bewegen; ausserdem ein System von ebenfalls x Fehlern, die sich zur Hälfte zwischen denselben Grenzen, zur anderen Hälfte dagegen zwischen 1 und 10 Metern bewegen. In diesem zweiten Systeme spielen die Zentimeterfehler sozusagen keine Rolle und kann hier daher von der Wahrscheinlichkeit eines gleichen Ausgleichungsgrades, wie derselbe innerhalb des ersten Systems möglich ist, überhaupt keine Rede sein.

Bei der Prüfung verschiedener Probestamm-Verteilungsprinzipie soll also das Hauptaugenmerk darauf gerichtet werden, ob und inwieweit sie eine gleichmässige Verwandlung der Formhöhen - bzw. Formzahlfehler in Massenfehler ermöglichen und wie gross eventuell ist diesbezüglich die Ungleichheit zwischen verschiedenen Stammgruppen. Es soll nun hier vorerst eine diesbezügliche Prüfung des Hossfeld'schen, des Draudtschen und des Hartig'schen Prinzipies stattfinden und das in der Inhaltsangabe angedeutete neue Verteilungsprinzip ergibt sich dann von selbst und unmittelbar aus dieser Prüfung. Das Neubauer-Tischendorf'sche Prinzip (nach provisorischen Klassenmassen) steht ausser dem Bereiche solcher Prüfungen, doch kann es, sowohl als das irrealisierbare Verteilungsprinzip nach wirklichen Klassenmassen, auf den Grad der Uebereinstimmung mit diesem neuen Prinzipie angeschätzt werden.

IV. 1. Bezeichnet man mit N_1, N_2, \dots, N_x die Stammzahlen innerhalb einzelner Stammgruppen (Stärkestufen, Stärkeklassen); mit $\mathfrak{N}_1, \mathfrak{N}_2, \dots, \mathfrak{N}_x$ die Probestammzahlen; mit $\mathfrak{B}_1, \mathfrak{B}_2, \dots, \mathfrak{B}_x$ die gesamten Probestammmassen, so lautet bekanntlich die Hossfeld'sche Bestandesmassenformel, wie es oben unter (1) angegeben ist.

Alle Formhöhenprobestämme innerhalb der Stammgruppe sollen bekanntlich möglichst mittleren Grundflächenbetrag sämtlicher der Stammgruppe zugehöriger Bäume haben. Bezeichnet man also diese Grundfläche und folglich auch die als fehlerfrei betrachtete Probestammgrundfläche mit g_a (wo $a=1, 2, \dots, x$ ist), so hat man bekanntlich für die Summe sämtlicher Grundflächen in der Gruppe die Formel (2) und für die Summe aller Probestammgrundflächen innerhalb derselben Gruppe die Formel (3). Durch Dividierung beider Gleichungen erfolgt bekanntlich die Gleichung (4) und diese, in (1) eingesetzt, ergibt die ebenfalls bekannte Formel (5).

Da, wie gesagt, sämtliche Formhöhenprobestämme innerhalb der Gruppe a (sie sollen durch I_a, II_a, \dots, N_a unterschieden werden) prinzipiell gleiche Grundflächen haben sollen, so gilt für die Summe ihrer Massen

prinzipiell die Gleichung (6) oder kürzer ausgedrückt die Gleichung (7). Werden nun die hierdurch bezeichneten Massensummen, ebenso wie die unter (3) angegebenen Grundflächensummen nacheinander in (5) eingesetzt, so resultiert daraus nach entsprechenden Kürzungen die Bestandesmassenformel (8).

Da die Probestämme sicherlich mit Formhöhenfehlern $\pm \Delta_{(h)g}$ behaftet sind, so muss trotz fehlerfreier Verwandlungsfaktoren $\frac{G_a}{\mathfrak{N}_a}$ auch die Bestandesmasse mit einem Fehler $\pm \Delta_b$ behaftet sein und bezeichnet somit Gleichung (9) diese fehlerhafte Bestandesmasse, wo die Summen der Formhöhenfehler innerhalb einzelner Stammgruppen in ähnlicher kürzerer Form dargestellt sind wie die Formhöhen-Summen selbst. Gleichung (8) von (9) subtrahiert, ergibt sich für den durch fehlerhafte Probestammwahl verursachten Bestandesmassenfehler die Formel (10). Daraus ersieht man, dass bei der beliebigen Verteilung der Formhöhenprobestämme die einzelnen Formhöhenfehler und ihre Summen sehr ungleichmässig in Massenfehler verwandelt werden, welche Tatsache namentlich dann zum Vorschein kommen muss, wenn jede Stammgruppe mit einer gleichen Anzahl von Probestämmen dotiert wird.

Das Hossfeld'sche Verteilungsprinzip nützt also nur ganz unvollständig die Vorteile aus, die uns die Verteilung einer gegebenen Anzahl von Probestämmen auf möglichst viele Stammgruppen gewähren soll.

IV, 2, a). Beim Draudt'schen Verteilungsprinzip soll bekanntlich zwischen einzelnen Stammgruppen bezüglich der Stammzahlen und Probestammzahlen die Gleichung (11) bestehen, worin N die Stammzahl und \mathfrak{N} die Probestammzahl des ganzen Bestandes angibt.

Werden die einzelnen Grundflächensummen in (10) durch Produkte unter (2) ausgedrückt und wird dann im Sinne von (11) überall das konstante Verhältnis $\frac{N}{\mathfrak{N}}$ eingesetzt, so folgt aus (10) die Formel (14), die ebenfalls eine sehr ungleichmässige Verwandlung der Formhöhenfehler in Massenfehler zur Schau bringt. Doch ermöglicht, wie man es leicht einsehen kann, das Draudt'sche Prinzip eine Fehlerausgleichung zwischen den Stammgruppen etwas besser als das Hossfeld'sche.

IV, 2, b) Nach dem Hartig'schen Verteilungsprinzip soll bekanntlich (in der Theorie wenigstens) zwischen einzelnen Stammgruppen die Gleichung (15) bestehen, worin G die Bestandes-Grundflächensumme angibt. Mit Bezugnahme auf diese Gleichung geht Formel (10), theoretisch genommen, in (16) über, worin die einzelnen Formhöhenfehler und ihre Summen für sich allein summiert und demzufolge (vermittelt des vorgesezten konstanten Verwandlungsfaktors) ganz gleichmässig in Massenfehler verwandelt werden.

Wegen der unausbleiblichen Auf- und Abrundung berechneter Probestammzahlen auf ganze Zahlen kann indessen die Gleichung (15) tatsächlich nie ganz streng verwirklicht werden. Nichtsdestoweniger kann man jedoch sagen, dass das Verteilungsprinzip (15) eine viel gleichmässiger Verwandlung der Formhöhenfehler ermöglicht als das Draudt'sche und namentlich das Hossfeld'sche Prinzip, da die lediglich durch Auf- und Abrundung von Brüchen hervorgerufene Nichtübereinstimmung der einzelnen Glieder unter (15) befändlichen Glieder verhältnismässig weit unbedeutender ist als z. B. die Nichtübereinstimmung von g_1 und g_x unter (14).

Nach origineller Hartig'scher Proposition sollen bekanntlich, gemäss Gleichung (17), die durch Klupierung entstandenen x Stärkestufen in \mathcal{Y} Stärkeklassen von annähernd gleichen Grundflächensummen und mit einer je gleichen Probestammzahl umgruppiert werden. Wenn dazu alle Stamm-

klassen mit je einem Probestamm dotiert werden, so verwandelt sich die Formel (16) in (19), wo — wie ersichtlich — eine Fehlerausgleichung nur von Klasse zu Klasse stattfindet.

V, 1. Wie bekannt, von sämtlichen Formzahlen probestämmen einer Gruppe verlangt man prinzipiell eine Gleichheit sowohl in der Grundstärke als auch in der Höhe, die nämlich prinzipgemäss der Grundstärke und der Höhe des Gruppen-Mittelstammes gleich sein müssen. Angesichts dessen gilt für die Massensumme solcher Probestämme grundsätzlich die Gleichung (20) oder deren abgekürzte Form (21). So verwandelt sich nun die Formel (5), in gleicher Weise wie aus ihr die Formeln (8) und (10) entstanden sind, in die Formeln (22) und (23), wo — wie ersichtlich — die Differenzen zwischen einzelnen Verwandlungsfaktoren noch grösser sind als unter (8) und (10).

V, 2, a). In gleicher Weise wie aus (10) die Formel (14) entstanden ist, erfolgt aus (23) die Formel (24), woraus ebenfalls die Überlegenheit des Draudt'schen Prinzipes über dasjenige von Hossfeld ersichtlich ist.

V, 2, b) und c). Setzt man auch in (23) überall die konstante Hartig'sche Relation aus der Gleichung (15) ein, so erfolgt daraus die Formel (25), die ihrerseits in gleicher Weise, wie man von (16) zu (19) gelangte, in Formel (26) übergeht. Benutzt man also zu Bestandeskubierungszwecken Formzahlen probestämme, so nützt auch das Hartig'sche Verteilungsprinzip nicht schon mehr in erwünschtem Umfange die von einer Probestammverteilung auf mehrere Stammgruppen erforderlichen Vorteile aus. Man soll daher bezüglich der Probestammverteilung noch einen Schritt weiter gehen und dieselbe statt in Relationen (15), (17) und (18) tatsächlich in Relationen (27), (29) und (30) ausführen. Unter Beachtung der Gleichung (27), wo h die Höhe des Bestandesmittelstammes angibt, erhält man nämlich aus (23) die Formel (28) und daraus mit Rücksicht auf (29) und (30) die Formel (31).

Aus früher angegebenen Gründen (IV, 2, b) lässt sich natürlich auch die Übereinstimmung der einzelnen Glieder unter (27) und (29) nicht ganz streng erreichen. Trotzdem bleibt auch hier, usw. aus denselben Gründen wie früher, die unbestreitbare Tatsache fest, dass das in (27), (29) und (30) enthaltene Verteilungsprinzip eine bedeutend bessere Fehlerausgleichung ermöglicht als irgend ein anderes Prinzip sowohl unter V als natürlich auch unter IV. Dieselbe unausbleibliche Auf- und Abrundungsnotwendigkeit charakterisiert übrigens auch das Neubauer-Tischendorf'sche Verteilungsprinzip und überhaupt jedes Prinzip proportioneller Probestammverteilung mit alleiniger gelegentlicher Ausnahme der genannten Ulrich'schen Modifikation des Draudt'schen Prinzipes, die indessen (als im Rahmen dieses Prinzipes stehend) in Bezug auf den Grad der Ausgleichung der begangenen Probestammwahlfehler alle diesem Prinzip eigenem Nachteile zeigt.

Formel (31) unterscheidet sich von Formel (19) dadurch, dass in (19) Formhöhenfehler einander addiert werden, also Fehler, die — absolut genommen — jedenfalls grösser sind als die Formzahlfehler in (31). Folglich muss auch die eingeklammerte Summe in (19) jedenfalls grösser sein als die entsprechende Summe in (31). Dagegen wird hier die kleinere Fehlersumme mit einem h -mal grösseren Verwandlungsfaktor multipliziert als dort und es fragt sich nun, ob sich diese Differenz in Verwandlungsfaktoren mit der Differenz in Fehlersummen kompensiert oder nicht.

Der Formhöhenfehler irgend einer Gruppe a kann gemäss (32) als ein Produkt aus dem zugehörigen Formzahlfehler und einem vorher noch unbekanntem Multiplikationsfaktor k_a aufgefasst werden, woraus dann für diesen Faktor der vorderhand noch immer unbestimmte Betrag (33) resultiert. Wird nun gemäss (34) der Formhöhenfehler in seine Komponenten zerlegt und darauf in (33) eingesetzt, so resultiert für den

gesagten Multiplikationsfaktor der schon etwas bestimmtere Ausdruck (35), Mit Rücksicht auf die Vorzeichen-Duplizität sowohl beim Höhen- als auch beim Formzahlfehler sind für k_a vier gleich wahrscheinliche Beträge möglich, uzw.

1. im Falle beider positiver Vorzeichen: der Betrag (36);
2. im Falle eines positiven Höhen- und eines negativen Formzahlfehlers: der Betrag (37);
3. im entgegengesetzten Falle: der Betrag (38);
4. im Falle beider negativer Vorzeichen: der Betrag (39).

Das arithmetische Mittel aller dieser vier gleich möglichen Beträge ergibt nun den bestimmten Betrag unter (40) und gilt folglich, mit Rücksicht auf (32), für die Relation zwischen dem Formhöhen- und dem Formzahlfehler die Gleichung (41). Man sieht also, dass jeder Formhöhenfehler in (19) durchschnittlich gleich ist dem h_n -fachen Formzahlfehler in (31). Demgemäss verwandelt sich nun die Formel (19), wenn man in sie die einzeln möglichen Beträge unter (41) einsetzt, genau in die Formel (26), die nun aber — wie gesehen — in der Möglichkeit einer Fehlerausgleichung jedenfalls und wesentlich der Formel (31) nachsteht. Und ihre diesbezügliche Minderwertigkeit kommt umso mehr zum Vorschein, ein je grösserer Unterschied zwischen der Mittelhöhe der stärksten und derjenigen der schwächsten Stammgruppe besteht — oder mit anderen Worten — je mehr, unter sonst gleichen Umständen, Stammgruppen im Bestande gebildet werden.

VI. Die obigen Ausführungen zeigen zur Genüge, dass die Probestammverteilung nach dem in den Gleichungen (27), (29) und (30) enthaltenen Prinzipie, d. h. nach Massgabe der Walzeninhalts-Summen, jedenfalls mehr die Bestandeskubierungsgenauigkeit begünstigt als die Verteilung nach Massgabe der Grundflächensummen oder sogar nach Massgabe der Stammzahlen. Dieses neue Verteilungsprinzip ist, wie ersichtlich, nicht ganz identisch mit dem Prinzipie der Verteilung nach Klassenmassen, ist ihm jedoch ähnlich. Während indessen, wie gesagt, die Verteilung nach wirklichen Massen irrealisierbar und die Verteilung nach den aus Massentafeln erhaltenen Klassenmassen zum mindesten mit gewissen prinzipiellen Gegensätzen verbunden ist, geht die Verteilung nach diesem neuen Prinzipie schwierigerlos und prinzipiell einwandfrei von statten.

Es ist sogar zu diesem Behufe nicht gar notwendig, die Bestandesmittelstammhöhe (h) in die Rechnung einzubeziehen, wie dies sonst von den Gleichungen (27) und (29) verlangt wird, da das gewünschte Ziel auch ohne Einbeziehen derselben erreicht werden kann. So kann z. B. das letzte, die Bestandesmittelstammhöhe enthaltende Glied der Gleichung (27) einfach weggelassen werden und die Probestammzahlen einzelner Stammgruppen nach der für die erste oder irgend eine andere Stammgruppe im vorhinein festgesetzten Probestammzahl berechnet werden. Alle diese Stammgruppen können selbstverständlich — je nach Umständen und Bedürfnissen — auch den rein primären, d. h. Stufencharakter behalten, in welchem Falle die in (27) enthaltenen Höhen einfach der Höhenkurve entnommen werden. Nur dürfen in diesem Falle die Stärkestufen nicht zu eng sein, da sonst — bei Supposition eines Probestammes für die erste Stufe — die Notwendigkeit einer unerwünscht grossen Gesamt-Probestammzahl unausbleiblich wäre.

Auf gleiche Weise kann ebensowohl in der Gleichung (29) das letzte, die Bestandesmittelstammhöhe enthaltende Glied weggelassen und die Vergleichungs- bzw. Massstabrolle auf die Walzeninhaltssumme der ersten oder der letzten Stammgruppe übertragen werden, die natürlich ebenfalls sowohl sekundären als auch primären Charakter haben kann. Nur

musste naturgemäß eine solche Operation eine gewisse, übrigens weder von praktischer noch von theoretischer Seite schädlich wirkende Folge nach sich ziehen. Eine der durch Umgruppierung — behufs Erlangung gleicher Walzeninhaltssummen — entstandenen Stammgruppen sollte nämlich in der Regel eine wesentlich oder auch viel kleinere Walzeninhaltssumme erhalten und müsste dann eventuell für sich allein weiterhin behandelt werden.

Wie gesehen, durch die Ausscheidung mittlerer Grundflächen aus den Summen unter (6) und (7) erfolgte die Bestandesmassenformel (8). Mit Rücksicht auf die Gleichungen (2) und (11) folgt aus ihr die Formel (42), mit Rücksicht auf (15) die Formel (43), weiterhin mit Rücksicht auf (17) und unter Annahme nur je eines Klassenprobestammes die Formel (44).

Andererseits durch die Ausscheidung mittlerer Walzeninhalte ($g_a h_a$) aus den Summen unter (20) und (21) erfolgte die Bestandesmassenformel (22). Mit Rücksicht auf (2) und (11) folgt aus ihr die Formel (45). Unter denselben Bedingungen, unter welchen die Formeln (43) und (44) entstanden, folgen aus (22) weiterhin die Formeln (46) und (47), zuletzt mit Rücksicht auf (27), (29) und (30) die Formeln (48) und (49).

Die Formeln (8) und (42) bis (44) gelten, wie dies aus ihrer Entstehung hervorgeht, für den Fall, dass Formhöhenprobestämme zur Anwendung kommen, die Formeln (22) und (45) bis (49) dagegen für den Fall, dass man mit Formzahlprobestämmen zu tun hat. Formel (47) ähnelt der Formel (44), ist jedoch aus leicht fasslichen Gründen nicht mit ihr identisch.

Beide diese Formelgruppen sind auch für die Sortimentberechnung anwendbar und die beiden letzteren gestatten, wie oben gesehen, auch eine Umformung für den Fall, dass die Einbeziehung der Bestandes-Mittelstammhöhe nicht erwünscht ist. Die Sortimentberechnung nach irgend welcher der obigen Formeln kann naturgemäß nur eine indirekte sein, von derjenigen Art beiläufig, die sich in meiner unter 13 angeführten Schrift (Seite 87) befindet, was indessen die praktische Seite der Berechnung durchaus nicht in Frage stellen kann.

Die Formeln (8) und (42) bis (44) zeigen augenscheinlich, dass man — im Falle keiner Ausscheidung von Sortimenten — an Formhöhenprobestämmen nur die mittleren Formhöhen innerhalb einzelner Stammgruppen möglichst genau zu erheben hat, da die übrigen in den betreffenden Formeln vorkommenden Bestandesmassenfaktoren [die Stammzahlen und die mittleren Grundflächen in (42) bzw. die Stammzahlen und die Grundflächensummen in (8), (43) und (44)] bereits gegeben sind u. zw. auf Grund der Daten, für deren Erhebung die Probestammaufnahme durchaus nicht notwendig ist. Desgleichen zeigen die Formeln (22), (45) bis (49), dass man im angegebenen Falle an Formzahlprobestämmen nur die mittleren Gruppen-Formzahlen möglichst genau zu erheben hat, da auch nach diesen Formeln alle übrigen Bestandesmassenfaktoren bereits gegeben sind u. zw. auf Grund der Operationen, die durchaus nicht an Formzahlprobestämmen ausgeführt werden müssen.

Es ist bekannt, dass ein Baum von der mittleren Formhöhe durchaus nicht auch die dem Massenmittelstamme zukommende Grundstärke (Grundfläche) genau haben muss, ebensowohl wie ein Baum von der mittleren Grundstärke (Grundfläche) meist eine dem Massenmittelstamme nicht genau zukommende, sondern mehr weniger abweichende Formhöhe hat. Desgleichen braucht ein Baum von der mittleren Formzahl durchaus nicht auch die dem Massenmittelstamme zukommende Grundstärke und Höhe genau zu haben, wie auch umgekehrt ein Baum von der mittleren Grundstärke und Höhe meist eine Formzahl hat, die sich von

der dem Massenmittelstamme genau zukommenden Formzahl mehr oder weniger unterscheidet.

Nun aber die obigen Bestandesmassenformeln verlangen auch durchaus nicht, dass die Formhöhen-bzw. Formzahlprobestämme bezüglich der Grundstärken bzw. der Grundstärken und Höhen mit den Massenmittelstämmen ganz übereinstimmen, da sie — wie gesehen — überhaupt nicht verlangen, dass die Grundflächen bzw. auch die Höhen dieser Probestämme in die Bestandesmassenberechnung einbezogen werden. Somit fällt nun bei Anwendung obiger oder ähnlicher Bestandesmassenformeln auch die Notwendigkeit der früher gemachten Voraussetzungen weg, wonach jeder Formhöhen-bzw. Formzahlprobestamm genau die mittlere Grundfläche bzw. Grundfläche und Höhe seiner Stammgruppe haben sollte.

Es genügt also unter angegebener Bedingung eine nur annähernde Uebereinstimmung zwischen den Grundstärken und Höhen aufgenommener Formhöhen-bzw. Formzahlprobestämme einerseits und wahrer Massenmittelstämme anderseits und kann demgemäss bei der Wahl von Probestämmen das Hauptaugenmerk auf ihre Repraesentationsfähigkeit in bezug auf die Formhöhe bzw. Formzahl allein gerichtet werden. Und hier erweist sich nun die Ueberlegenheit der Formzahlprobestämme über die Formhöhenprobestämme in einem noch grösseren Masse, da auch der blosser Akt ihrer Wahl unter angegebener Bedingung mehr Aussicht auf ein gutes Resultat geben kann als die Wahl der Formhöhenprobestämme. Es ist nämlich wesentlich leichter, nur eine Massenkomponeute gut ins Auge zu fassen, als deren zwei.

Schliesslich muss noch hinzugefügt werden, dass die obige Formel (44) bereits von Kunze¹⁸⁾, ¹⁹⁾ her stammt. Gewicht lege ich aus oben angegebenen Gründen nur auf (22), (48) und (49). Diese Formeln lassen natürlich auch eine Adaptierung zu Zwecken der direkten Sortimentsberechnung zu, was jedoch nicht eigentlich in den Rahmen der vorliegenden Studie gehört. Auch die Anführung der obigen Kubierungsformeln erfolgte eigentlich nur in der Absicht, auf die Zulässigkeit einer nur annähernden Uebereinstimmung der wirklichen mit den für die Probestämme eben geforderten Dimensionen hinzuweisen.

PROF. DR. A. LEVAKOVIĆ:

ZUR FRAGE DER KOMBINATION VON MASSENTAFEL- UND PROBE- STAMMVERFAHREN BEI BESTAN- DESMASSENAUFNAHME

(K pitanju kombinovane upotrebe konkretnih i apstrak-
tnih primjernih stabala pri kubisanju sastojine)

I. In der vorhergehenden Studie besprach ich in kurzen Zügen die von Neubauer und Tischendorf zu Zwecken einer möglichst genauen Bestandesmassenaufnahme vor einigen Jahren gemachten Vorschläge. Die Besprechung tangierte diese Vorschläge natürlich nur insofern, als sie mit der Frage der vorteilhaftesten Probestammverteilung auf einzelne Stärkeklassen (Stammklassen), also mit der Anwendung von sogen. Klassen-Mittelstämmen in Verbindung stehen.

Beide Autoren beziehen indessen — und ganz natürlicherweise — ihre Vorschläge auch auf den Fall der Bestandeskubierung mit Hilfe des sogen. Bestandes-Mittelstammes, da ja der Vorgang in beiden diesen Fällen der Hauptsache nach eigentlich derselbe ist. Die ganze Prozedur der Vorausbestimmung von Probestamm-Dimensionen, der Wahl und der Kubierung des Probestammes (bzw. der Probestämme), sowie auch der Vervielfachung seiner Masse ist nämlich im Falle einer Benutzung von Klassenmittelstämmen wohl dieselbe wie im Falle der Bestandesmittelstamm-Benutzung und wird eigentlich nur sooftmal wiederholt, als Stärke- bzw. Stammklassen vorliegen.

Was daher für einen dieser beiden Fälle gilt, muss in gleicher Weise auch für den anderen Geltung haben.

Gegen die von beiden Autoren befürwortete kombinatorische Anwendung von Massentafel- und Probestammverfahren zu Zwecken der Bestandesmassenermittlung äusserte ich in der vorhergehenden Studie ein prinzipielles Bedenken, welches ich nun hier auch auseinandersetzen will.

Beide Autoren gehen — wie gesagt — bei ihren Vorschlägen vom prinzipiellen Standpunkte aus, dass die der benutzten Massentafel zugrunde liegenden Durchschnittsformzahlen nicht in einem befriedigenden Masse übereinstimmen mit den für den vorliegenden Bestand eben geltenden Durchschnittsformzahlen, dass somit das mit Hilfe der betreffenden Massentafel erhaltene Bestandeskubierungsergebnis minder genau ist als erwünscht und demzufolge noch einer Korrektur bedarf, usw. nach Massgabe der konkreten, im Bestande selbst erhobenen Durchschnittsformzahlen.

Nun kann aber von einer Korrektur des provisorischen, mit Hilfe der Massentafel erhaltenen Bestandeskubierungsergebnisses wohl nur dann eine Rede sein, wenn dadurch der schädliche Einfluss unbefriedigender Massentafel-Formzahlen auf das erwünschte Endresultat sicher und vollkommen ausgeschaltet wird — und dies wenigstens. Sonst hat es ja nämlich keinen Sinn, zu den Massentafeln überhaupt zu greifen, wenn durch die Kombination ihrer Zahlenwerte mit den Ergebnissen der Vermessung konkreter Probestämme nicht ein besseres oder wenigstens ein ebenso gutes Endresultat mit Sicherheit zu erwarten steht als auf Grund der Ergebnisse dieser Probestämme allein.

Hier soll untersucht werden, ob und unter welchen Bedingungen eine solche Korrektur bei den von erwähnten Autoren in Vorschlag gebrachten Verfahren in der Tat eintreten kann. Natürlich ist hierzu auch eine bündige Beschreibung beider Verfahren notwendig, wobei ich mich aus angegebenerm Grunde jedesmal auf den Fall der Bestandeskubierung mit Hilfe des Bestandes-Mittelstammes beschränke. Dieser kann naturgemäss auch in mehreren Exemplaren vorliegen und soll diesfalls seine Masse bzw. Formzahl selbstverständlich als Durchschnittsergebnis aufgefasst werden. Angefangen wird mit dem älteren beider Vorschläge — dem Neubaer'schen.

II. Mit der provisorischen, approximativen Bestandeskubierung nach Massgabe einer Massentafel bezweckt Neubaer in erster Linie die Vorausbestimmung von Dimensionen (Grundstärke und Höhe) des sogen. »zentralen Massenmittelstammes«, welchen er dem gewöhnlichen, d. h. dem arithmetischen Massenmittelstamme bevorzugt. Unter dem »zentralen Massenmittelstamme« versteht Neubaer den Stamm, »der jener Stärkestufe angehört, bei der sich die gesamte Bestandesmasse in zwei gleiche Hälften teilt.«

Aus dieser Definition des Massenmittelstammes ergibt sich nun vorerst dessen Grundstärke (Brusthöhendurchmesser), usw. indem man die mittelst Massentafel und stärkestufenweise ermittelte Gesamtbestandesmasse (V) halbiert und

darauf von einem der beiden Kolonnen- Enden ausgehend, die einzelnen nacheinanderfolgenden Stufen- Gesamtmassen aufsummiert, bis man zu derjenigen Stärkestufe gelangt, von der man noch einen gewissen Massenbetrag benötigt, um die Summe $\frac{V'}{2}$ zu erreichen. Der zentrale Massenmittelstamm gehört nun der betreffenden Stärkestufe an. Wenn der eben noch benötigte Massenbetrag gleich ist der halben Stufen- Gesamtmasse, so koinzidiert der Durchmesser des zentralen Massenmittelstammes mit der betreffenden Stufenmitte; im sonstigen Falle ist zur Bestimmung des Mittelstammdurchmessers die gewöhnliche Interpolationsrechnung notwendig.

Die diesem Durchmesser nach Massgabe der Bestandes-Höhenkurve entsprechende Höhe bzw. die mit Hilfe dieses Durchmessers und der ihm entsprechenden Höhe der Massentafel entnommene Masse ist die Höhe bzw. approximative Masse (v') des zentralen Massenmittelstammes.

Auf Grund der in dieser Weise für den zentralen Massenmittelstamm ermittelten Grundstärke und Höhe wird nun dieser Stamm im Bestande selbst aufgesucht — natürlich unter der Beachtung möglichst mittlerer Ausformung — und liegend kubiert. Seine Masse (v) wird dann nebst den nach Massgabe der Massentafel bereits vorliegenden Daten (V' und v') zur Bestandesmassenberechnung verwertet, uzw. nach N e u b a u e r s Formel

$$V = V' \frac{v}{v'} \dots\dots\dots (1)$$

Der Bruch $\frac{v}{v'}$ ist also jener Faktor, von welchem N e u b a u e r die Korrektur des Betrages V' erwartet. Ist er dessen fähig? Vorerst muss hervorgehoben werden, dass die Relation

$$V : V' = v : v' \dots\dots\dots (2)$$

aus welcher die Formel (1) hervorgeht, wohl und ganz leicht bewiesen werden kann, wenn man unter v und v' die Massen der arithmetischen Massenmittelstämme versteht. Sobald man jedoch zum Begriffe der zentralen Massenmittelstämme übergeht, wird dieser Beweis kaum mehr möglich und versucht N e u b a u e r übrigens auch nicht, diesen Beweis überhaupt zu führen. So kann nun also bei Adoption der zentralen Massenmittelstämme die Relation (2) und folglich auch die Formel (1) wohl nur als eine blosse Annahme bezeichnet werden, die ebensowohl zutreffen kann als auch nicht zutreffen.

Die provisorische Bestandesmasse V erhält Neubauer nach bekannter Formel

$$V = N_1 v'_1 + N_2 v'_2 + \dots + N_x v'_x \dots (3)$$

wo N_1, N_2, \dots, N_x die Stufen-Stammzahlen und v'_1, v'_2, \dots, v'_x die der Massentafel entnommenen Stufen-Durchschnittsmassen sind. Diese können und dürfen auch als Produkte von Grundflächen (g_o), Höhen (h_o) und Formzahlen (f_o) ausgedrückt werden, wonach sich Formel (3) verwandelt in:

$$V = N_1 g_1 h_1 f'_1 + N_2 g_2 h_2 f'_2 + \dots + N_x g_x h_x f'_x \dots (4)$$

Ebenso können selbstverständlich auch die Massen der Bestandes-Mittelstämme (v und v' aus der ersten Formel) als Produkte von Grundflächen, Höhen und Formzahlen ausgedrückt werden.

Nehmen wir nun an, dass die Dimensionen (Stärke und Höhe) des konkreten Bestandesmittelstammes, dessen Masse in Formel (1) mit v bezeichnet wurde, ganz übereinstimmen mit den Dimensionen des abstrakten, in Formel (1) mit dem Massenbetrage v' ausgedrückten Mittelstammes — eine Annahme, die wohl nicht unerlaubt ist und im Falle strenger mathematischer Funktionalität zwischen Stärken, Höhen und Formzahlen ja selbst erforderlich wäre. Dann unterscheidet sich der konkrete Bestandesmittelstamm vom abstrakten Mittelstamme lediglich durch die Formzahl und eben sein Formzahlbetrage (f) ist ja auch derjenige, in welchen Neubauer mehr Vertrauen legt, als in den Formzahlbetrage (f') des abstrakten Mittelstammes.

Wenn also in Formel (1) die rechts stehenden Massenausdrücke im angegebenen Sinne umgestaltet werden, so geht sie über in:

$$\begin{aligned} V &= (N_1 g_1 h_1 f'_1 + N_2 g_2 h_2 f'_2 + \dots + N_x g_x h_x f'_x) \frac{ghf}{ghf'} \\ &= (N_1 g_1 h_1 f'_1 + N_2 g_2 h_2 f'_2 + \dots + N_x g_x h_x f'_x) \frac{f}{f'} \dots (5) \end{aligned}$$

Der schädliche Einfluss der hierin befindlichen und weniger vertrauenswürdigen tabellarischen Formzahlbeträge kann nun sicher und vollkommen ausgeschaltet werden nur unter zwei Bedingungen. Eine derselben wäre:

$$\frac{f_1}{f_1} = \frac{f_2}{f_2} = \dots = \frac{f_x}{f_x} = \frac{f}{f} \dots (6)$$

und die andere:

$$f'_1 = f'_2 = \dots = f'_x = f' \dots \dots \dots (7)$$

Die erste dieser beiden Bedingungen verlangt, wie ersichtlich, dass in einer jeden Stärkestufe das Verhältnis zwischen der Massentafel-Formzahl (f'_a) und der im Bestande selbst vertretenen Stufen-Durchschnittsformzahl (f_a) gleich sei und ausserdem gleich dem Verhältnisse zwischen der Formzahl (f') des die Masse v' enthaltenden abstrakten Bestandesmittelstammes und der Formzahl (f) des die Masse v enthaltenden konkreten Bestandesmittelstammes. Aus dieser Bedingung folgt:

$$\left. \begin{aligned} f'_1 &= f_1 \frac{f'}{f} \\ f'_2 &= f_2 \frac{f'}{f} \\ \dots &\dots \dots \\ f'_x &= f_x \frac{f'}{f} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (8)$$

und diese Werte, in die Formel (5) eingesetzt, ergeben nach einer einfachen Kürzung:

$$V = N_1 g_1 h_1 f_1 + N_2 g_2 h_2 f_2 + \dots + N_x g_x h_x f_x \dots \dots \dots (9)$$

d. h. dieselbe Bestandesmasse, welche sich unter Benutzung konkreter, dem Bestande selbst und dazu für eine jede Stärkestufe abgesondert entnommener Probestämme ergeben würde.

Nun kann aber die Bedingung (6) nur ganz ausnahmsweise, mit einer fast der Null gleichen Wahrscheinlichkeit erfüllt werden, uzw. ebensowohl wegen der grossen Schwierigkeit für das Gleichwerden der angegebenen Relationen zwischen den Stärkestufen selbst, als auch wegen der ebenfalls grossen Schwierigkeit für das Gleichwerden dieser Relationen mit der Relation $\frac{f'}{f}$, welche letztere ja auch veränderlich ist, je nach der Wahl des konkreten Bestandesmittelstammes.

Unter der zweiten, durch Gleichung (7) ausgedrückten Bedingung verwandelt sich die Formel (5) ebenfalls in eine von Massentafel-Formzahlen losgemachte Formel, uzw.

$$V = (N_1 g_1 h_1 + N_2 g_2 h_2 + \dots + N_x g_x h_x) f \dots \dots \dots (10)$$

Gibt es aber eine solche Massentafel, deren Formzahlbeträge der Gleichung (7) entsprechen würden? Ich glaube kaum. Folglich muss nun, sobald die den Massentafeln zugrunde liegenden Formzahlen den im Bestande selbst vertre-

tenen Durchschnittsformzahlen nicht genau genug entsprechen, die Neubauer'sche Kombination entschieden eine Verschlechterung des Bestandeskubierungsergebnisses bedeuten demjenigen gegenüber, welches man ohne Benutzung der Massentafel erreichen könnte. Wenn dagegen die Massentafel-Ansätze den wirklichen Bestandesverhältnissen gut entsprechen, so hat dann die Neubauer'sche Kombination wiederum keinen Sinn mehr, da ja in Anbetracht dessen, dass man dann ein ganz gutes Bestandeskubierungsergebnis auch nur mit Hilfe der Massentafel allein erreicht, die Benutzung konkreter Probestämme vollkommen überflüssig ist.

Falls jedoch eine Massentafel im Sinne der Gleichung (7) auch bestünde, so könnte die sich daraus ergebende Formel (10) und demzufolge auch die Formel (1) selbst auch dann noch nicht als richtig gelten. Der in (10) fungierende Ausdruck f gibt nämlich diejenige den Bestandesverhältnissen angemessene Durchschnittsformzahl an, die den Dimensionen des zentralen Massenmittelstammes entspricht und demnach prinzipiell zu niedrig sein muss angesichts dessen, dass die Dimensionen des zentralen Massenmittelstammes den Dimensionen des wahren Massenmittelstammes gegenüber prinzipiell stets zu gross sind — bei Anwendung der Formzahlen in (7) sogar noch grösser.

Dem »zentralen Massenmittelstamme« Neubauer's gebührt überhaupt nicht die Bezeichnung »Massenmittelstamm«, da seine Masse prinzipiell stets und bedeutend grösser sein muss, als der mittlere Betrag sämtlicher im Bestande befindlicher Einzelbaummassen. Seine Anwendung für eine richtige Bestandesmassenaufnahme ist wohl ganz unbegründet und könnte er vielleicht eine eventuelle Begründung haben (ohne Anlehnung an eine Massentafel jedoch) nur etwa als ein blosses Bestandes-Charakteristikum, also in der Bestandesbeschreibung für gewisse forstwissenschaftliche Zwecke.

III. Was die Tischendorf'sche Kombination betrifft, so besteht sie in folgendem: Auf Grund der nach obiger Formel (3) berechneten provisorischen Bestandesmasse resultiert die Masse des provisorischen, bzw. arithmetischen Massenmittelstammes:

$$\frac{V'}{N} = \frac{N_1 v'_1 + N_2 v'_2 + \dots + N_x v'_x}{N_1 + N_2 + \dots + N_x} \dots \dots \dots (11)$$

oder was mit Rücksicht auf (4) dasselbe ist:

$$g'h'f' = \frac{N_1 g_1 h_1 f'_1 + N_2 g_2 h_2 f'_2 + \dots + N_x g_x h_x f'_x}{N_1 + N_2 + \dots + N_x} \dots \dots \dots (12)$$

Diese Mittelstamm-Masse wird nun in der Serie der Stufen-Durchschnittsmassen v'_1, v'_2, \dots, v'_x aufgesucht in der Annahme, dass der wahre Massenmittelstamm des Bestandes derjenigen Stärkestufe angehört, deren Durchschnittsmasse der Masse des provisorischen Massenmittelstammes am nächsten steht. Die genauere Durchmesserermittlung des Massenmittelstammes erfolgt dann im Wege der einfachen Interpolationsrechnung.

Auf Grund des in dieser Weise ermittelten Durchmessers wird alsdann die Höhe des Massenmittelstammes aus der Bestandes-Höhenkurve abgelesen, der Mittelstamm sodann mit Hilfe dieser beiden Dimensionen im Bestande aufgesucht — natürlich unter Beachtung möglichst mittlerer Ausformung — und im liegenden Zustande kubiert. Seine Formzahl dient endlich zusammen mit der in obiger Weise ermittelten Höhe und der aus dem Durchmesser abgeleiteten Grundfläche zur Massenberechnung des Bestandesmittelstammes. Dessen Masse mit der Gesamtstanzahl multipliziert ergibt zuletzt die definitive Bestandesmasse.

Die »Korrektur« der provisorischen Bestandesmasse erfolgt also hier in einer einfacheren und wesentlich natürlicheren Weise als bei Neubauer, indem nämlich hierzu die im Bestande erhobene Mittelstammformzahl ganz einfach und ohne weitere Mitwirkung irgendwelcher Massentafel-Formzahl zur Massenberechnung des Bestandes in Anwendung gebracht wird. Doch ob man auch hier von einer wirklichen Korrektur der provisorischen, auf vermutlich unrichtige Stufenformzahlen (f'_1, f'_2, \dots, f'_x) sich stützenden Bestandesmasse sprechen kann oder nicht, das werden wir noch sehen.

Der oben beschriebene Vorgang zur Ermittlung der Mittelstammdimensionen wäre wohl ein ganz richtiger, wenn er sich nicht auf die der Massentafel entnommenen Stufen-Durchschnittsmassen bzw. Formzahlen stützen würde, sondern auf die im Bestande selbst genau erhobener Stufen-Durchschnittsmassen bzw. Formzahlen. So aber muss nicht nur der Formzahl (f') des provisorischen Mittelstammes, sondern auch seiner Höhe (h'), seiner Grundfläche (g') und selbstverständlich auch seiner Grundstärke fast ausnahmslos eine gewisse Fehlerhaftigkeit anhaften, da sich der schädliche Einfluss der Massentafel-Formzahlen auf die Masse des Mittelstammes überträgt — nicht also allein auf seine Formzahl, sondern wohl auch auf seine Grundfläche (Grundstärke) und Höhe.

Dies will jedoch nicht gleich besagen, dass dann auch die am gefällten Probestamme erhobene Formzahl allen-

falls fehlerhaft sein muss. Denn wir wissen ja, dass die Formzahl bloss eine annähernde, nicht eine mathematisch strenge Funktion der Stärke und der Höhe ist und dass somit auch ein Baum, dessen Stärke und Höhe mit den betreffenden Dimensionen des wahren Massenmittelstammes nicht eben übereinstimmen, immerhin noch die dem wahren Massenmittelstamme des Bestandes zukommende Formzahl haben kann — vorausgesetzt natürlich, dass die betreffenden Dimensionsdifferenzen nicht eben gross sind.

Nehmen wir also an, dass die am gefälltten Probestamme erhobene Formzahl auch wirklich eine solche ist, so ist damit die erstrebte Korrektur der provisorischen Bestandesmasse doch wohl noch immer nicht erreicht, da (wie gesagt) die in obiger Weise ermittelten Dimensionen des »Massenmittelstammes« fast ausnahmslos unrichtig sein müssen. Um dies zu ersehen, nehmen wir gegenüber der für die Masse des provisorischen Massenmittelstammes geltenden Gleichung (12) eine analoge für die Masse des wahren Massenmittelstammes geltende Gleichung an, d. h. eine Gleichung, welche sich auf die für den Bestand wirklich geltenden Stufen-Durchschnittsformzahlen stützt, usw.

$$ghf = \frac{N_1 g_1 h_1 f_1 + N_2 g_2 h_2 f_2 + \dots + N_x g_x h_x f_x}{N_1 + N_2 + \dots + N_x} \dots\dots (15)$$

Unter welcher Bedingung kann nun der Fall eintreten, dass

$$g'h' = gh \dots\dots\dots (14)$$

wird, dass also die in beschriebener Weise ermittelten Dimensionen des Massenmittelstammes frei werden vom schädlichen Einflusse der vermutlich fehlerhaften Massentafel-Formzahler? Denn wenn es erreicht wird, dass das Produkt $g'h'$ die obige Gleichung genau befriedigt, dann ist offenbar sowohl $g' = g$ als auch $h' = h$, da ja bekanntlich beide diese Grössen (Grundfläche und Durchschnittshöhe) miteinander funktionell verbunden sind.

Die einzige Bedingung für das Erfüllen der obigen Gleichung ist nun gegeben, wenn sich die Massentafel-Formzahlen zu den im Bestande selbst vertretenen Durchschnittsformzahler verhalten, wie es die Relationen in der Gleichung (6) verlangen. Wenn man nämlich die rechts stehenden Ausdrücke der Gleichungen (8) in die Gleichung (12) einsetzt, so ergibt sich nach einfacher Kürzung:

$$g'h'f = \frac{N_1 g_1 h_1 f_1 + N_2 g_2 h_2 f_2 + \dots + N_x g_x h_x f_x}{N_1 + N_2 + \dots + N_x} \dots (15)$$

oder mit Rücksicht auf (13):

$$g'h'f = ghf \dots (16)$$

also eine mit der Gleichung (14) ganz identische Gleichung. Nun ist aber, wie schon gesagt, das Erfüllen der Bedingung (6) nicht zwar ganz ausgeschlossen, immerhin jedoch sehr unwahrscheinlich. Jedenfalls kann man aber nie wissen, ob ein solcher Fall eben vorliegt, ausser dass man die Stufen-Durchschnittsformzahlen des Bestandes wirklich genau erhebt, in welchem Falle jedoch die Massentafel samt der provisorischen Bestandesmasse ganz überflüssig wird.

Noch einen Mangel hat der Vorgang sowohl Tischen-dorfs als auch Neubauers. Nach ihren Verfahren müs-sen nämlich bei jedem Übergange zu einer anderen Massen-tafel — und doch wohl in ein und demselben Bestande und zu ein und derselben Zeit — andere »Mittelstamm«-Dimensionen sich ergeben, was ja doch sinnwidrig ist.

Die übrigens ganz von Speidel (Beiträge zu den Wuchsgesetzen des Hochwaldes, Seite 98) hergenommene Grundidee Tischen-dorfs, die Stärken- und Höhenbe-stimmung des Massenmittelstammes auf den Verlauf der Mas-sen- und der Höhenkurve zu stützen, wäre an und für sich jedenfalls als richtig zu betrachten — unter der Bedingung selbstverständlich, dass die Massenkurve (wie bei Speidel) ein Produkt ist wirklicher Massenaufnahmen im Be-stande selbst. Dies wäre dann auch — namentlich bei An-wendung einer ganz reichlichen Anzahl von Probestämmen und bei Aufstellung richtiger Massen- bzw. Höhen-Gleichungen statt graphischer Konstruktion der betref-fenden Kurven selbst — nicht nur das richtigste aller Ver-fahren zur Bestimmung der Mittelstammdimensionen, son-dern auch vollkommen richtig. Allein es könnte, wie schon Speidel am angeführten Orte ausdrücklich hervorhob, für die Zwecke der eigentlichen Bestandesmassenaufnahme wohl gar nicht vom Belange sein — angesichts der Tatsache, dass man die Bestandesmasse bereits nach dem Verlaufe der Massenkurve selbst, also ohne irgendwelche Mithilfe der Mit-telstammmasse, ermitteln könnte, usw. noch rascher und ge-nauer als mit Hilfe der Mittelstammmasse.

Sobald man dagegen, wie Tischen-dorf es tut, zur Massenkurvenkonstruktion die Massentafeln zur Hilfe nimmt, verdient das ganze Verfahren keineswegs mehr Vertrauen, als wenn man den Mittelstammdurchmesser aus der arithme-

tisch mittleren Grundfläche und die Mittelstammhöhe nach Lorey's Formel ermittelt. Auch bekommt man nach letztgenannten, bereits seit lange in Übung stehenden Verfahren wenigstens Mittelstammdimensionen, die — wenn auch nicht ganz richtig — so doch in sich logisch sind, indem sie lediglich von den Bestandesverhältnissen abhängen, nicht aber davon, welche Massentafel ihrer Bestimmung eben zugrunde gelegt worden ist.

Wohl auch der Einwand, die aus der arithmetisch mittleren Grundfläche und nach Lorey's Formel berechneten Mittelstammdimensionen seien nicht Dimensionen eines wirklichen Stammes, ist keineswegs stichhältig. Er wäre vollkommen begründet, wenn die Höhe nicht eine annähernde, sondern eine mathematisch strenge Funktion der Stärke wäre. Dann könnte man natürlich nicht wohl einen einzigen Baum im Bestande finden, der bei dem aus arithmetisch mittlerer Grundfläche berechneten Durchmesser die nach Lorey's Formel ermittelte Höhe hätte. Nachdem nun jedoch die Höhen — als bloss annähernde Funktionen der Stärken — stets in einem verhältnissmässig noch weiten Spielraume um den einem gegebenen Durchmesserbetrage eben entsprechenden mittleren Höhenbetrag sich herumbewegen, so ist durchaus nicht einzusehen, warum man im Bestande einen Baum von der arithmetisch mittleren Grundfläche und der nach Lorey's Formel berechneten Höhe nicht eben finden könnte.

Dass man ihn auch wirklich findet in einem ganz strengen Sinne, ist übrigens wohl gar nicht notwendig angesichts der Tatsache, dass die Formzahlen ebenfalls bloss in einem annähernden Funktionalitätsverhältnisse stehen mit den Grundstärken und den Höhen.

Wünscht man aus irgendwelchem Grunde immerhin, dass sich die Mittelstammdimensionen auch noch in die natürliche Folge der Stufendurchschnittsdimensionen einfügen lassen, so können solche Mittelstammdimensionen in einer der Tischendorfschen ganz ähnlichen, immerhin jedoch logischeren Weise ermittelt werden, wenn man die (für den ganzen Bestand) mittlere Grundwalze (gh) in der Serie (Folge) der durchschnittlichen Stufen-Grundwalzen ($g_1h_1, g_2h_2, \dots, g_xh_x$) aufsucht. Der dem arithmetisch mittleren Grundwalzenbetrage (gh) nach dem Verlaufe der genannten Folge entsprechende Durchmesser ist dann der Durchmesser des Grundwalzen-Mittelstammes, dessen Höhe alsdann aus dem Verlaufe der Bestandes-Höhenkurve resultiert.

Hier werden also — ebenso wie bei Herleitung der Lorey'schen Formel — die Stufen-Durchschnittsformzahlen als

konstant vorausgesetzt, eine Annahme, die zwar ebenfalls meist nicht zutrifft, doch auch nicht mit einer ausdrücklichen Sinnwidrigkeit verbunden ist, indem sie ja (wie gesagt) in ein und demselben Bestande und zu ein und derselben Zeit selbstverständlich nur einen einzigen Betrag sowohl für die Stärke als auch für die Höhe des Mittelstammes ergeben kann.

Der in angegebener Weise ermittelte Durchmesser des Grundwalzen-Mittelstammes ist stets etwas grösser (selbstverständlich nicht bedeutend grösser) als der Durchmesser des Grundflächen-Mittelstammes, die Höhe stets etwas geringer als die nach Lorey's Formel berechnete Höhe. Das Produkt gh des Grundwalzen- Mittelstammes kommt dagegen ganz auf dasselbe hinaus, wie das Produkt aus der arithmetisch mittleren Grundfläche und der nach Lorey's Formel berechneten Höhe, was wohl von sich selbst einleuchtet, wenn man in (12) oder (13) alle Formzahlbeträge einander gleichstellt.

ZAKLJUČAK.

U ovoj studiji, koja s predašnjom stoji donekle u vezi, ispitao sam, da li je — u teorijskom smislu naravno — zaista moguća naknadna korektura provizorne, s pomoću nepodesnih sadržinskih tabela dobivene sastojinske drvene mase, što je Neubauer i Tischendorf preporučaju za izvedbu na osnovi podataka dobivenih naknadnim kubisanjem konkretnih obličnih primjernih stabala.

Utvrđio sam, da o pravoj korekturi može tu da bude eventualno govora samo pod jednim jedinim uslovom, kojega međutim ispunjenje ne stoji ni najmanje u vlasti kubikanta. Taj uslov može eventualno da se ispuni jedino sam od sebe, ali i to s vrlo slabom vjerojatnošću. Osim toga sadrži Neubauerov i Tischendorfov prijedlog izvjesnih nelogičnosti koje sam prikazao tokom studije.

K. dosadanjim pojmovima »kubno-srednje« stablo (Massenmittelstamm) i »plošno-srednje« stablo (Grundflächen-Mittelstamm) pridružio sam ovdje novi pojam »valjčano-srednje« stablo, t. i. stablo srednjeg osnovnog valjka (Grundwalzen-Mittelstamm).

»Kubno-srednje« stablo treba zapravo da ima točno aritmetički srednju drvenu masu od svih stabala u sastojini, a »plošno-srednje« stablo aritmetički srednju kružnu plohu dot. temeljnicu (g) sa visinom (h) očitano iz visinske krivulje. Za razliku od ovih dvaju treba »valjčano-srednje« stablo da ima aritmetički srednji produkt gh za cijelu sastojinu.

Prema tome je (s obzirom na narav produkta gh) i ovo jedna vrst kubno-srednjeg stabla, te se od pravog kubno-srednjeg stabla razlikuje tek u toliko, što pri njegovoj definiciji i pri utvrđivanju njegovih dimenzija ne dolazi u obzir oblični broj. Ipak se njegove dimenzije i drvena masa razlikuju tek sasvim slabo od dimenzija i drvene mase pravog kubno-srednjeg stabla.

Dok se međutim dimenzije pravog kubno-srednjeg stabla dadu utvrditi tek nakon točnog kubisanja sastojine, dadu se dimenzije »valjčano-srednjeg« stabla točno utvrditi već i unaprijed. Debljina mu najme

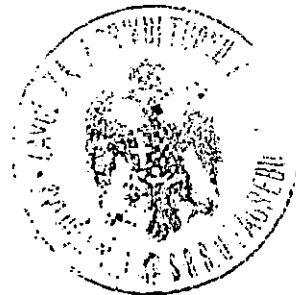
izlazi direktno iz aritmetički srednje temeljnice, a visina iz Loreyve formule.

No kako produkt gh može da ostane isti, ako se faktori g i h i izmijene (naravski svaki u protivnom smjeru), to se dimenzije »valjčano-srednjeg« stabla dadu unaprijed utvrditi i ovako:

U nizu volumena pripadnih prosječnim valjcima pojedinih debljinskih stepena ($g_1 h_1, g_2 h_2, \dots, g_n h_n$) potraži se volumen onog prosječnog stepenskog valjka, koji se iznosom svojim najviše približuje poznatom već volumenu (gh) aritmetički srednjeg valjka za cijelu sastojinu. Prsni promjer sastojinskog srednjeg valjka nalazi se u granicama dotičnog stepena, pak mu se točniji iznos daje potom utvrditi jednostavnim interpolacionim računom. Visina sastojinskog srednjeg valjka izlazi zatim kao rezultat očitavanja iz visinske krivulje.

Dimenzije »valjčano-srednjeg« stabla utvrđene na ovaj drugi način naravnije su od dimenzija utvrđenih iz aritmetički srednje temeljnice i Loreyve formule, jer su one u tom slučaju sastavni članovi naravnog niza, što ga čine prosječne dimenzije pojedinih u sastojini zastupanih debljinskih stepena.

Prsni promjer »valjčano-srednjeg« stabla utvrđen na ovaj drugi način nešto je veći (ali tek sasvim neznatno) od prsnog promjera izvedenog iz aritmetički srednje temeljnice, dok je visina nešto manja od visine izračunane po Loreyovoj formuli. Ipak je volumen toga stabla u oba slučaja sasvim jednak.



SADRŽAJ „GLASNIKA ZA ŠUMSKE POKUSE“ BROJ 1

(INHALT DER »ANNALES PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS« No. 1 — CONTENU DES »ANNALES PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS« No. 1 — CONTENTS OF THE 1st VOL. OF THE »ANNALES PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS«):

- I. Saopćenje o postanku, dosadanjem razvitku i radu zavoda (sa njegovim statutom). (Communication de l'Institut d'Expériences Forestières à l'Université de Zagreb).
- II. **Prof. Dr. Ant. Levaković:** O odnošaju drvnog prirasta u stabala naprama jednoj komponenti toga prirasta. (Über das Verhalten des Baummassenzuwachses zu einer seiner Komponenten).
- III. **Dr. Vlad. Škorić:** Erysiphaceae Croatiae (Prilog fitopatološko-sistematskoj monografiji naših pepelnica). (Contribution to the phytopathologic-systematic monograph of our powdery mildews).
- IV. **Prof. Dr. A. Petračić:** O uzrocima sušenja hrastovih šuma u Hrvatskoj i Slavoniji. (Über die Ursachen des Eichensterbens in Kroatien und Slavonien).
- V. **Prof. Dr. Ad. Seiwerth:** Suše li se slavonski hrastovi zbog promjena tla? (Beruht das Eingehen der slavonischen Eiche auf der Bodenveränderung?).
- VI. **Prof. Dr. August Langhoffer:** Gubar i sušenje naših hrastovih šuma. (Der Schwammspinner und das Eingehen unserer Eichenwälder).
- VII. **Dr. Vlad. Škorić:** Uzroci sušenja naših hrastovih šuma. (Causes of dying away of our oak-forests).
- VIII. **Prof. Dr. Ad. Seiwerth:** Prilozi mehaničkoj analizi tla. (La contribution à l'analyse mécanique du sol).

SADRŽAJ „GLASNIKA ZA ŠUMSKE POKUSE“ BROJ 2

(INHALT DER »ANNALES PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS No. 2 — CONTENU DES» ANNALES PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS« No. 2. — CONTENTS OF THE 2d VOL. OF THE »ANNALES PRO EXPERIMENTIS FORESTICIS):

- I. **Prof. Dr. Aug. Langhoffer:** Gubar i sušenje naših hrastovih šuma. 1. Dodatak. (Der Schwammspinner und das Eingehen unserer Eichenwälder. 1. Nachtrag).
- II. **Franjo Operman:** Nekolike bilješke o gubaru. (Lymantria dispar L).
- III. **Prof. Dr. Ante Levaković:** Ein neuer Begriff des Standortsweisers. (Jedan novi pojam indikatora stoibine).
- IV. **Prof. Dr. Aug. Langhoffer:** Štetočinja hrasta osim gubara. (Die Eichenschädlinge mit Ausnahme des Schwammspinners).
- V. **Prof. Dr. Aug. Langhoffer:** Prilog poznavanju kukaca štetočinja hrv. Primorja. (Contribution à la connaissance des insectes nuisibles de la côte croate).
- VI. **Prof. Dr. Adolf Seiwert:** Prilozi za poznavanje tla hrastovih šuma u Podravini. (Beiträge zur Kenntnis der Eichenwaldböden der Drau-Niederung).
- VII. **Prof. Dr. Adolf Seiwert:** O metodama pripreme tla za mehaničku analizu. (Méthodes de préparation des échantillons du sol pour l'analyse mécanique).
- VIII. **Prof. Dr. Adolf Seiwert:** Poredbena istraživanja uz pitanje pripreme izvadaka tla sa solnom kiselinom i s kalijском lužinom za kemijsku analizu. (Vergleichende Untersuchungen zur Frage der Zubereitung von Bodenauszügen mit Salzsäure und mit Kalilauge für die chemische Analyse).