

ZBORNIK - VOL. 8 - S. 5-92

634.0.42(497.12)Abies alba Mill.

O SUŠENJU JELKE IN NEKATERIH POJAVIH,
KI GA SPREMLJAJO

Miran Brinar

Nalogo sta financirala sklad Borisa Kidriča in poslovno združenje
gozdnogospodarskih organizacij v Ljubljani

Naslov avtorja :

dr. Miran Brinar, dipl.ing.gozd., znanstveni svetnik Inštituta za
gozdno in lesno gospodarstvo, Ljubljana

K A Z A L O

	Stran
1. Ekološke zahteve jelke	9
11. Klima	9
12. Tla	10
13. Rastiščni kompleks	11
2. Jelka v svojem recentnem prirodnem arealu in izven njega	12
21. Sekularna razširjenost	12
22. Sodobna fluktuacija	13
3. Propadanje jelke	14
31. Zveza s škodljivci in boleznimi	14
32. Odvisnost od neustreznega gospodarjenja	15
33. Različni klimatični vzroki	16
34. Vpliv kontinentalnosti	16
35. Neopredeljena stališča	17
4. Program in metodika raziskovanja	17
41. Terenski objekti	17
411. Meritve na objektih	21
412. Analize debel	22
42. Laboratorijska raziskovanja	22
43. Mikroskopski pregledi	22
44. Klimatološka vrednotenja	22
5. Pešanje in potek sušenja	23
51. Napredovanje procesa	24
52. Sušenje v odnosu do ekoloških razlik	28
521. Primerjava z rastiščnimi razmerami	29
522. Primerjava s poprečnimi sestojnimi razmerami	29
53. Odmiranje glede na zgradbo in zdravje sestoja ..	31
531. Odvisnost od starosti in debeline drevja ...	32
532. Odnos do velikosti krošnje in prekrivnosti	39
533. Zveza z adventivnimi vejami	42
534. Pešanje jelke in omela	45
535. Hiranje in jelov rak	46
6. Upadanje prirastka	48
61. Zoževanje branik	48
611. Primerjava s smreko	50
612. Glede višinske lege na deblu	52
613. Odvisnost od stopnje vitalnosti	54

	Stran
62. Redukcija debelinskega prirastka	57
621. Pojemanje temeljničnega prirastka v zvezi stopnjo hiranja jelke	58
7. Nekaterne fiziološke značilnosti	61
71. Asimilacijski potencial	61
72. Vsebnost vode v iglicah	63
73. Količina asimilacijske gmote	63
74. Reakcija na regulatorno delovanje elementa bora	64
8. Nekaterne morfološke značilnosti iglic in njihove razlike	66
9. Klimatične razmere in spremembe	69
91. Temperatura	70
92. Interdiurne temperaturne amplitude	71
93. Padavine	74
94. Amannov hidrometrični indeks	75
95. Martonov aridni indeks	76
10. Sklepni povzetek	77

Pojav sušenja jelke v Sloveniji, ki je bil prvič ugotovljen poleti 1956 in se je nato vedno bolj zaostroval glede na svojo zemljepisno obsežnost, reliefno pogojenost in intenzivnost, sem predočil in skušal razsvetliti v svojem prejšnjem prispevku (13), ki je imel značaj prvega poročila o tedanji situaciji, o vzročni povezanosti in o preliminarnih sklepih, ki jih je nakazovalo tedanje stanje jelkine življenjske krize. Z zastavljenimi raziskovanji sem v naslednjih 4 letih nadaljeval. Pričujoča razprava obsega dopolnitve ter oceno prvotno predočenega stanja, hkrati pa prikazuje nadaljnji razvoj obravnavanega pojava in podaja izsledke novih raziskovanj s sklepi, do katerih so me le-ta pripeljala.

1. Ekološke zahteve jelke

11. Klimatični dejavniki, ki naj bi omejevali zadovoljivo uspevanje jelke, so bili v raznih primerih določeni skrajno različno. Opredeljena zgornja meja letnega temperaturnega poprečja se giblje v širokem razponu od 3° do 9°C (30), skrajno dopustni minimum najhladnejšega meseca od -4,5 do -6°C, absolutni minimum pa od -35 do -45°C. Primernost vegetacijskega obdobja je bila doslej določana s poprečno temperaturo od 13 do 17°C in s trajanjem od 90 do 180 dni. Za minimalne letne padavine pa so bile navajane vrednosti od 600 do 1200 mm, v vegetacijski dobi pa od 140 do 550 mm (13).

Glede na to, da more ločeno upoštevanje posameznih klimatičnih činiteljev zapeljati k napačni presoji, so bili za vrednotenje jelovih rastiščnih zahtev doslej uporabljani tudi kompleksni klimatični nakazovalci. Njihova primerjava nam pokaže, da tudi dosedanje navedbe le-teh zelo variirajo. Za Martonov sušni indeks so bile npr. določene minimalne vrednosti v širokem razponu od 45 do 100. Celotno glede stopnje tolerantnosti jelke za kontinentalno klimo stališča niso enotna, prav tako pa tudi ne glede izbire kritičnega činitelja te klime, ki naj bi igral odločilno vlogo ekološkega minimuma (13).

Razen primerov zelo različnega vrednotenja ustreznih klimatičnih činiteljev, ki smo jih že obravnavali (13), srečujemo tudi v novejših virih stališča, ki niso le neenotna, ampak pogosto celo diametralno nasprotna. Van Miegroet (89) ugotavlja, da se

kriteriji, ki so jih razni pisci postavili za jelkino mejo, zelo razlikujejo in glede nekaterih prvin še presegajo razpone, ki smo jih navedli. Glede toplotnih zahtev Wenzel (93) navaja, da jelka še na zemljepisni širini Grönlandije pri srednji letni temperaturi 4,7°C "odlično uspeva" in se dobro pomlaja. Nasprotno pa drugi naši pisci v določenih primerih prisojajo jelki bolj ali manj termofilni značaj (69, 43), ki mu prija hkrati tudi zelo suho ozračje (69). V nasprotju z večino avtorjev, ki menijo, da jelki ne prija kontinentalno podnebje in da ne prenaša poletnih vročin ter suš in temperaturnih ekstremov, pač pa ji godi velika zračna vlaga (1, 12, 21, 29, 40, 41, 50, 77, 89, 96), pa nahajamo nasprotno trditve, da jelka zahteva zmerno ali pa oceansko ublaženo kontinentalno klimo (84) in da ima na Apeninih celo izrazito kontinentalni temperament (81), ob zadostni svetlobi pa more postati celo kserofitna (90). Po drugi strani pa je bila naša prvotna opredelitev jelkine klimatske amplitude (13) potrjena s stališčem Löfftinga, ki trdi, da je razširjenost jelke omejena s povečano evaporacijo in zmanjšano atmosfersko vlažnostjo, s poletnimi vročinami in zimskimi mrazovi (50), torej s kontinentalnostjo podnebja, ki smo ji mi prisodili prvenstveno omejevalno vlogo (13).

12. Zahtevnost jelke za kakovost tal smo obravnavali že v našem prejšnjem prispevku (13) in smo opozorili na podatke, ki prisojajo jelki precejšnjo indiferentnost ter široko talno amplitudo, čeprav na silikatni podlagi bolje prirašča kot na apnenčasti, vendar pa tam prej fiziološko ostari. Kordiš(38) opozarja na pestro variabilnost naše jelke na različnih rastiščih in meni, da je jelka na silikatnih tleh stabilnejša kot na apnenčastih, ker je tam amplituda variabilnosti mikroekoloških činiteljev ožja, Mlinšek (60) pa navaja, da se jelka na bazični podlagi huje suši kot na kisli, vendar pa dodaja, da takšen odnos za Slovenijo še ni dognan. Naše prvotne ugotovitve (13) so opozorile na okolnost, da jelka pri nas najbolj peša na degradiranih tleh z malo hranilnih snovi in s slabimi fizikalnimi lastnostmi v globjih plasteh.

Na pomembno vlogo kalija in magnezija v tleh za rast jelke smo že opozorili (13). Takšno stališče je bilo tudi pozneje potrjeno, razen tega pa je bila odkrita korelacija tudi med vsebnostjo fosforja v tleh in med jelovim prirastkom (70). Nadalje je bilo ugotovljeno, da je za dobro uspevanje jelke potrebno od 1,30 do 1,32 % dušika (70). Foliarne analize so pokazale, da tudi mangan zasluži pozornost pri vrednotenju primernosti tal. Druga novejša raziskovanja pa so pokazala, da kakovost tal le zelo malo vpliva na velike potrebe jelke po padavinah in zračni vlagi (50) ter da ta drevesna vrsta dobro uspeva tudi na slabih tleh, ki mnogim drugim vrstam ne ustrezajo ter da more v zelo

slabo zračnih tleh razviti veliko koreninic (69). Glede globine in funkcije jelkine glavne korenine obstajajo sicer nasprotujoča si stališča (28, 77), vendar pa so zadnja raziskovanja pokazala, da glavna korenina veliko počasneje vsrkava hrano od stranskih in da je resorpcija odvisna od svetlobnih razmer, v katerih se je jelka razvijala (95). Globoko koreninje zagotavlja jelki ugodno oskrbo z vodo, vendar pa le-to v sušnih obdobjih ne more dovolj hitro povečati svojih resorpcijskih sposobnosti (50).

Prvotno splošno karakteristiko jelke glede njenih zahtev za tla potrjujejo tudi novejše ugotovitve (30), da ima jelka široko ekološko amplitudo, nasprotujejo pa ji istočasna stališča drugih avtorjev, ki prisojajo jelki ozko talno amplitudo (42, 41). Krauss pa pripisuje jelkinem koreninju specifično sposobnost reakcije, tj. da lahko svoj razvoj prilagodi različnim razmeram vodnega režima (40).

13. Upoštevaajoč domnevo, da lahko ustrezna tla nadomestijo minimalne klimatične činitelje (17), moramo biološko valenco jelke vrednotiti v odnosu do celotnega rastiščnega kompleksa. Takšno stališče smo skušali uveljaviti pri obravnavanem raziskovanju in smo primerno pozornost posvetili ne le klimatičnim, ampak tudi talnim razmeram.

Čeprav nam neenotna in včasih divergentna opredelitev jelkine ekološke amplitude, ki jo nahajamo v razpoložljivih tujih virih, ne more biti v neposredno oporo pri presoji rastiščne ustreznosti, nam vendar omogoča naslednja spoznanja :

a) Biologija jelke je še zelo malo raziskana.

b) Navedbe o mejnih in optimalnih ekoloških zahtevah jelke se zelo razlikujejo zato, ker pri vrednotenju ni upoštevan rastiščni kompleks kot celota oziroma, ker so bili prezrti nekateri njegovi sestavni činitelji (nekatero klimatične prvine, geomorfološka komponenta itd.), ki so soodločilni za obstoj in uspešen razvoj obravnavane drevesne vrste.

c) Ugotovljenih neenotnih jelkinih rastiščnih zahtev ni mogoče pripisati njeni morebitni veliki prilagodljivosti, kajti takšno razlago izključujejo ugotovitve, da ima jelka zelo ozko ekološko amplitudo (13), ne dopuščajo je pa tudi novejša dognanja o njeni majhni adaptivnosti klimatičnim razmeram (10).

č) Dejstvo, da se ugotovitve in stališča raznih avtorjev zelo razhajajo, je mogoče pojasniti z razlago, da navadna jelka v raznih predelih svojega prirodnega areala uveljavlja različno ekološko valenco in neenako reakcijsko normo. Imamo torej o-

praviti s pomembno rasno divergenco, ki se kaže ne le z različnimi zahtevami za rastišče, ampak tudi s spremenjenimi morfološkimi značilnostmi (13, 43, 48, 51, 61, 96) ter z neenotnimi fiziološkimi lastnostmi (5, 35, 40, 50, 51, 56, 64, 81, 97) glede na evropski areal, posebno pa še na jugoslovanskem ozemlju (13, 21, 22, 25, 43, 47, 48, 83, 85, 87, 88, 90).

2. Jelka v svojem recentnem prirodnem arealu in izven njega

V svojem prejšnjem tovrstnem prispevku (13) sem predložil mejo jelkinega evropskega areala in opozoril na biološko trdnost te drevesne vrste na nekaterih točkah skrajne meje njene naravne razširjenosti. Hkrati sem navedel tudi več primerov uspešnega prenašanja jelke izven njenega sedanjega naravnega območja. Iz poznejših virov moremo povzeti informacije o določenih premikih jelkinih nahajališč v okviru njenega celotnega areala. Pomembna je ugotovitev o 128-letnem napredovanju jelke na dobova rastišča na Slovaškem, medtem ko se je v starejši preteklosti doba umikala (18). Ugotovljeno je tudi znižanje njene spodnje meje (10). Podoben pojav njene ekspanzije je bil opisan tudi za razmere na romunskih Karpatih (22). Tudi ponekod na jugoslovanskem ozemlju jelka širi svoj življenjski prostor na račun drugih drevesnih vrst (22, 23), in to ne le v recentni situaciji, ampak tudi v preteklem stoletju (80) ter njena nahajališča sedaj segajo prav do roba Panonske ravnine (33). Hkrati pa je po drugi strani ponovno dognano, da je razširjenost jelke v nižino omejena s klimatsko sušo. (50).

Že upoštevanim navedbam o uspešnem prenašanju jelke izven njenega sedanjega prirodnega območja (13) je potrebno dodati še poznejše ugotovitve o odlični vitalnosti dvesto let starih obsežnih jelovih nasadov v Belgiji (84), o uspešni rasti jelke, ki je bila umetno razširjena zunaj njenega prirodnega območja na ozemlju Nemčije in Danske (97) pa tudi Norveške, kjer "odlično uspeva" 16.000 km daleč od svojih prirodnih meja, in sicer na enaki zemljepisni širini, kot jo ima Grönlandija (93).

21. Izhajajoč od terciarne evropske jelke *Abies picea* sem že prej skušal razsvetliti vprašanje ledenodobnih zatočišč in poznejšega naseljevanja jelke v evropskem prostoru (13). Dodano zaslužijo posebno pozornost še nekatera naknadna dognanja o fluktuaciji jelkine razširjenosti. Po eni strani je zlasti pomembna Tongiorgijeva najdba jelovega peloda pri Pisi, ki

dokazuje prisotnost jelke v würmu (86), po drugi strani pa Bertscheva trditev, da je bil zahodni del sedanjega jelkega areala naseljen iz iberskega refugija (8), medtem ko Zoller vztraja pri splošno razširjeni teoriji doselitve z apeninskih ledenodobnih zatočišč (96), vendar pa izraža dvom glede zanesljivosti doslej splošno priznanih jelovih refugijev na Balkanu (13, 51). Brez pomislekov se je temu stališču pridružil Langer (45). Weltenova razlaga, da je nazadovanje jelke v drugi polovici subatlantika pripisati klimatičnim spremembam (92), potrjuje našo dosedanjo razlago (13) ; to tem bolj, ker omenjeni pisec ponovno dominanco jelke med 7. in 8. stoletjem našega štetja povezuje z istimi vzroki kot jaz in tudi za ponovno depresijo jelke v korist smreke v poznem srednjem veku meni, da sta pri tem igrala odločujočo vlogo spremenjeno podnebje in degradacija tal (92). Drugim, že obravnavanim nahajališčem jelke na ozemlju sedanje Jugoslavije v dobi preboreala in boreala (13) so se pridružile še najdbe jelovega peloda iz teh dob na srbskih planinah (22). Za razliko od avtorjev, ki so za Srednjo Evropo postavili jelkin vzpon v mlajši atlantik in višek v subboreal (13) oziroma v starejši subboreal (51), je Černjavski za Srbijo ugotovil zmanjšanje jelovega deleža v subborealu, v subatlantiku pa njegovo povečanje (22), medtem ko je Gajić na Gledičkih planinah, kjer sedaj ni več jelovih gozdov, našel le še ostanke te drevesne vrste (24).

22. Glede recentnih sprememb jelkega življenjskega prostora na našem ozemlju so mnenja deljena. Odločno in ponovno izraženemu stališču, da se jelka ob naravnih pogojih ne umika (19, 22, 23), nasprotujejo ugotovitve o propadanju jelke v Gorskem kotarju "celo tam, kjer vlada za njo ekološki optimum" in mišljenje, da je na ekspanzijo bukve na račun jelke verjetno vplivala sprememba makroklimе (84). Obstoja tudi poročilo o propadanju jelke na Maceljski gori. V njem se dopušča možnost, da je ta pojav pogojen s takšno oscilacijo podnebja, ki ni ugodna za obstanek jelke, hkrati pa je izražena tudi domneva, da je kontinentalizacija klime povzročila pešanje vitalnosti in pospešila sušenje jelke (83). Pomembna je tudi ugotovitev o naradni alternaciji med bukvijo in jelko na Lički Plešivici, kjer se bukev pomlaja strnjevano, jelka pa le v skupinah (82) in zato smemo pričakovati postopno upadanje drugo omenjene vrste. Nadalje poroča Tomaševski o fiziološkem pešanju jelke na Ravni gori, ki je bilo opaženo pretežno na sončnih legah (13).

V zvezi z obravnavanim pojavom propadanja jelke v Sloveniji je bilo doslej objavljenih več poročil (13, 33, 38, 48, 60, 94) in razprav, v katerih so bolj ali manj določeno in utemeljeno izražena stališča o domnevanih oziroma verjetnih vzrokih za ta pojav.

3. Propadanje jelke

Moje prvo poročilo (13) vsebuje podatke in presoje o propadanju jelke v evropskem prostoru, ki se je po začetku tega stoletja pojavilo sprva sporadično in se je pozneje tako razširilo, da je postalo prvorazredni problem. Zato se bom v tem prispevku omejil na navedbo in preudarek le pomembnejših dopolnilnih dejstev in stališč.

Podoba o geografski razširjenosti obravnavanega problema, ki smo jo že podali (13), se v zadnjih 4 letih ni bistveno spremenila. Razen že upoštevanih poročil je potrebna dopolnitev z navedbami Bernardzkega (6) o sušenju jelke na Poljskem in Ančáka (1), ter Stolina (79) na Slovaškem. Tudi ti novejši podatki opravičujejo vztrajanje na stališču, da recentni regresiji jelke ni mogoče prisoditi domnevane polarizacije, pa tudi ne prvenstvene periferične prizadetosti v njenem evropskem arealu. V prilogi mojemu stališču o nevezdržnosti "robne teorije" govorijo tudi podatki, da je bila na Slovaškem jelka v svojem optimumu najbolj prizadeta, tj. 53 %, na periferiji svojega prirodnega areala pa le 19 %. Vključno s svojim neomajnemu stališču, da sušenje jelke ne moremo povezovati z neuspešnostjo pomlajevanja (13), vendar menim, da je za presojo domneve o prvenstveni robni prizadetosti jelke potrebno posvetiti posebno pozornost novejši ugotovitvi Gerwecka, da se jelka ravno v svojih obrobni predelih navadno najlaže pomlaja in da tam njena prirodna obnova ni problematična (26).

Simptome, ki spremljajo sedanje propadanje jelke v evropskem prostoru in pri nas, sem že enotno opredelil (13), zato obravnavam pojav kot tipičen za razliko od tistih primerov, ki jih spremljajo drugačni znaki, in so posledica zanesljivo dognanih neposrednih vzrokov. Znaki, ki jih za tipično odmiranje jelke navaja Mlinšek (60), se ujemajo z našo opredelitvijo simptomov. Tudi Löfingova novejša simptomatika se ne razlikuje od splošno znane, ki smo jo upoštevali (13), dopolnjena pa je s poudarkom na prirastne motnje in dovzetnost za škodljivce (50).

31. Raznovrstnosti mnenj o vzrokih odmiranja jelke, ki smo jo že izčrpno predložili (13), se pridružujejo še nova divergentna stališča. Pomembno je dejstvo, da v novejšem času razni pisci ne iščejo več primarnega krivca za propadanje jelke med živalskimi in rastlinskimi povzročitelji, kot se je to prej dogajalo (13), čeprav jelova uš (Dreyfusia nūslii C. B.), molj jelovih iglic (78) (*Argyresthia fundella* F. R.), jelov zavijač (*Cacoecia murinana* Hb.), zavijač jelovih popkov (*Epiblema tadella* Cl.) in razni lubadarji še vedno krajevno omejeno spremljajo obravnavani pojav sušenja jelke, prav tako pa tudi omela (*Viscum abietis*

Fritsch.), jelov rak (*Melampsorella carvophyllacearum* Schröt.), osip jelovih iglic (*Lophodermium nevrisequum* D.C.), mraznica (*Armillariella mellea* F.ex.Vahl) in rdeča gniloba (*Trametes radiciperda* Htg.). V nekaterih primerih, kjer je bila sprva neposredna krivda pripisovana entomološkimi ali fitopatološkimi dejavniki, se iščejo vzroki sedaj drugje. Mlinšek meni (60), da imajo razni škodljivci na jelki le sekundarni pomen, hkrati pa opozarja, da njihovega delovanja ne gre podcenjevati. Kiellander (35) prisoja npr. jelovi uši le spremljevalni značaj, Wraber (94) pa povezuje obolenje za rakom in omelo s poprejšnjim rastnim zastojem jelke. Šafar v nasprotju z mnenji starejših avtorjev v zvezi s sušenjem jelke na Hrvaškem izrecno trdi, da jelov rak in močna okuženost z omelo nista vzrok za sušenje jelke (83). V zvezi s propadanjem jelke na Slovaškem so jelovemu zavijaču vkljub njegovi razširjenosti prisodili le sekundarno vlogo (30). Glede na ugotovitve, da je jelka podvržena napadu omele večinom le v starosti (36, 39), je ni mogoče imeti za odgovornega povzročitelja obravnavanega propadanja, ki v prvi vrsti ne prizadeva debelejših jelk (13). Po svoji izvirnosti je pomembna tudi razlaga vzrokov za propadanje jelke na Slovaškem, ki jo je objavil Missuth (59). On namreč trdi, da je medenje jelke vzrok za odmiranje iglic. Zaradi delovanja raznih uši, npr. *Buchneria pectinantae*, *Todolachnus abieticola*, *Mindarus abietinus* in dr. se lahko na jelovih iglicah nabere toliko "gozdne mane", da je čebele ne morejo vse pobrati, ker jih je zadnje čase premalo. Na iglicah gosto zlepljena plast te "medene rose" preprečuje prodiranje svetlobe do klorofila, hkrati pa zapira reže. Zmanjšana asimilacija in transpiracija oslabita vitalnost jelke in lahko povzročita, da se drevo posuši. Igllice odmrejo, z novimi pa se le težko nadomestijo, kajti njihova normalna življenjska doba je 8-11 let. Razen tega pa se na lepljivi plasti nabira prah, pa tudi bakterije, glivice in virusi, ki morejo povzročiti škodljivo infekcijo.

32. V našem prvem prispevku (13) sem navedel mnenja avtorjev, ki prisojajo krivdo za propadanje jelke neustreznemu gospodarjenju z jelovimi gozdovi. Do takšne razlage sem zavzel odklonilno stališče, ki sem ga podprl z ustrezno utemeljitvijo. Vendar pa v dopolnilo tovrstnih stališč navajam še nekatere pozneje objavljene domneve oziroma trditve. V zvezi z nazadovanjem jelke na Poljskem našteva Bernadzki (6) med poglavitnimi krivci za ta pojav način gospodarjenja, zlasti sečnje na golo. Bezačinsky (10) pa rezimira stališča raznih evropskih avtorjev in ugotavlja, da nasilni gospodarski ukrepi, ki ne ustrezajo ekološkimi zahtevam jelke, sicer niso edini, vendar pa so neposredno med prvimi vzroki za umikanje in propadanje jelke. Vkljub temu pa obravnavano sušenje jelke na Slovaškem skuša razložiti z drugimi vzroki.

Mlinšek (60) zastopa stališče, da vsako močnejše poseganje v zgradbo starejših pa tudi zelo mladih jelovih sestojev povzroča pešanje vitalnosti in s tem povečano aktivnost morda še tudi povsem neznanih škodljivcev. Intribus (30) za sušenje jelke na Slovaškem vali krivdo na spremembo gozdne zgradbe, ki je umetno povzročena. Krauss (40) obravnava opešano vitalnost jelovih gozdov na Thürinškem in ugotavlja, da se jelka zato suši, ker so ji z neprimernimi gojitvenimi ukrepi delali silo. Hkrati pa opozarja, da leži ključ za razumevanje tega pojava v sukcesiji gozdnega drevja in grmovja ter omenja opažanja, da si je jelka v zadnjih deževnih letih opomogla. Gre torej za trditve, ki se medsebojno izključujejo. Ker pa zadnji dve slonita na opažanjih, prva pa le na domnevi, le-te ne moremo resno upoštevati, zlasti še, ker Wenzel (93) kot vzrok za propadanje jelke na Saškem in Thürinškem navaja poleg slabega gospodarjenja tudi povečano temperaturo, sam Krauss pa na drugem mestu krivi zimski mraz (41). Mayer pa je dognal, da se je delež jelke v Švici zmanjšal pod vplivom prirodnih razmer še predno je človek občutneje vplival na jelove gozdove (51).

33. Pri iskanju vzrokov za regresije jelke v evropskem prostoru se je večina tudi dodatno upoštevanih avtorjev opredelila za klimatično področje. Kordiš (38) dopušča možnost, da so povzročitelji sušenja splošne klimatične razmere. Miletić (58) poudarja, da so sušna obdobja primarni vzrok za odmiranje jelke. Bardé (4) in Bourgeot (12) pa menita, da je suša neposredni prvenstveni vzrok za propadanje jelke. Ančák (1) se je poleg suše opredelil še za plitva tla. Löfting (50) daje težišče za pešanje jelke na nezadostno klimatično vlažnost. Tudi Kiellander (35) se je opredelil za suše, hkrati pa tudi za zimski mraz. Bezačinsky (10) vali poleg drugega krivdo tudi na zimo. Krauss (40) pa pripisuje odločilno vlogo hudim vetrovnim zimam, ki jim sledijo suhe pomladi.

34. Mojo prvotno razlago, po kateri je primarni vzrok za odmiranje jelke pripisati sekundarnim klimatičnim odmikom h kontinentalnosti, ki presega poprečno ekološko amplitudo jelke (13), potrjujejo naslednja novejša stališča: Šafar (84) ugotavlja, da nastaja toplejše in bolj suho podnebje, ki neugodno vpliva na obstanek kserofobnejše jelke; na drugem mestu pa domneva, da je kontinentalnejši značaj makroklimе pospešil sušenje jelke in končno odločno ugotavlja: "tako smo nedvomno dokazali odvisnost fiziološkega pešanja in sušenja jelke od vlažnega in hladnega oziroma od suhega in toplega rastišča" (83). Tudi Rohmeder prisoja vzrok za propadanje jelke suhim letom in nizkim zimskim temperaturam (72), torej poglavitnim nakazovalcem celinskega pod-

nebja. Bezačinsky pa opozarja v zvezi z odmiranjem jelke na recentno pogosto odstopanje klime od ustrezno oceansko obarvane (10), torej v kontinentalno smer.

35. Razen bolj ali manj odločnih opredelitev glede primarnih vzrokov, ki naj bi povzročali sedanje propadanje jelke v Evropi in pri nas, nahajamo tudi v novejši strokovni literaturi še vedno mišljenja, da doslej ni bilo mogoče zanesljivo določiti odločilnega vzroka za tipično propadanje jelke. Rezultati dolgotrajnega raziskovanja katedre za gojenje gozdov v Bratislavi so izzveneli z resigniranim priznanjem, da se "doslej ni posrečilo ugotoviti odgovornega vzroka za odmiranje jelke" (10). Kiellander ocenjuje odmiranje jelke kot "kompleks, ki ga ni moči lahko analizirati" (35). Mlinšek pa ne izključuje možnosti, da so povod za propadanje jelke še povsem neznani škodljivci (60).

4. Program in metodika raziskovanja

Izhodišče za proučevanje tipičnega propadanja jelke pri nas so bila naša prvotna opažanja in orientacijska spoznanja (13), ki usmerjajo težišče problema na področje fizioloških reakcij jelke v zvezi s klimatičnimi spremembami v zadnjih desetletjih. Zato smo obravnavano raziskovanje oprli na ustrezne in poglobljene prvotno uporabljene metode, razen tega pa smo uvedli še nove postopke, ki naj bi omogočili boljši vpogled v morfološke, fiziološke, biokemične in prirastne značilnosti jelke, zlasti s stališča divergence jelovega genfonda v ožjem in širšem zemljepisnem območju. Zasnovano in potek posebnih uporabljenih metod obravnavam v pripadajočih poglavjih.

41. Število raziskovalnih objektov je bilo povečano od prvotnih 2 na 8. S tem je bila zajeta skupna ploščina 70016 m². Raziskovalne ploskve so bile izbrane v gozdovih z jelko, ki se v večji ali manjši meri suši. Pri določanju objektov sem skušal zajeti čim raznovrstnejše reliefne, talne, vegetacijske in sestojne razmere, da bi tako omogočil primerjalno presojo o vplivu različnih ekoloških prvin na obravnavani proces. Skladno s tem stališčem ležijo raziskovalni objekti v višinskem pasu od 350 do 1320 m in na različnih ekspozicijah in inklinacijah. Talne razmere so prikazane v razpredelnici. Pedološki opis tal in njihovo podrobno analizo je opravil pedolog ing. Marjan Pavšer.

Glede reliefnih značilnosti se raziskovalni objekti med seboj zelo razlikujejo, ker ležijo na 5 različnih ekspozicijah v širokem razponu od 0 do 30°.

TALNE KARAKTERISTIKE JELOVIH RAZISKOVALNIH PLOSKEV

Ozna-ka ploskve	Nad-morska višina (m)	Metična podla-ga	Talni tip	Glo-bina (cm)	Fizikalne in kemijske lastnosti (%)						
					Glina	Poroz-nost	pH	Ca	K	P	N
18 Jelovica	1320	Kerato-fir	Podzolje-na kisle rjava tla	do 60	9,73	81,9	4,98	0,087	0,046	0,020	0,415
65 Otave	650	Dolo-mit	Mul-rend-zina	40-50	19,83	43,9	6,53	0,805	0,062	0,068	0,820
202 Gol-nik	490	Miocen. ilóvi-ca	Želez.hu. podzol	40-50	15,74	34,30	4,36	0,065	0,074	sled.	0,050
203 Kovor	550	Apnenč. morena	Podzol.rj. tla	40-50	20,70	34,00	4,52	0,066	0,076	sled.	0,075
204 Tabor	350	Skril. filit	Podzol. vis.rj. tla	25-60	34,50	31,10	4,57	0,045	0,143	sled.	0,062
205 Konj. gora	750	Triad. dolomit	Mul-rend-zina	do 40	14,25	72,57	7,01	10,09	0,044	0,073	0,881
206 Hom	400	Vulkan. pelec	Parapod-zol	do 30	20,10	47,88	4,20	0,840	0,061	0,065	0,320
207 Pohor-je	1100	Skril. gnajs	Podzol. vis.rj. tla	85-110	9,65	52,88	5,17	0,548	0,341	0,127	0,240

Šest ploskev leži na kisljih kameninah ter se pH v tleh giblje od 4,17 do 4,98, preostala dva objekta pa sta na apnencu oziroma dolomitu s tlemi, ki imajo pH 6,35 oziroma 7,01. Poprečna biološko aktivna globina tal se giblje med 30 do 95 cm. Poprečna poroznost profilov na obravnavanih ploskvah pa pada v interval od 31,1 do 83,9 %. Od upoštevanih biogenih elementov najbolj variira vsebnost kalcija, precej manj dušika, še manj fosforja in najmanj kalija. Tudi glede poroznosti so med poskusnimi ploskvami velike razlike : tri so slabo porozne, dve še zadovoljivo, tri pa imajo rahla zračna tla z dobro kapilarnostjo in prav dobro kapaciteto za vodo.

Ob upoštevanju pomembnejših nakazovalcev imajo obravnavanih objektov trije prav dobra tla (65, 205 in 207), trije slaba (18, 202 in 203), preostala dva pa še komaj zadov-
ljiva tla.

Raziskovalne ploskve pripadajo vegetacijskim enotam, ki so prikazane v razpredelnici. Fitosociološke popise in vegetacijske opredelitve je opravil biolog dr. Milan Piskernik. Štiri združbe na kisljih kameninah sodijo v zvezo Abieto-pteridium aquilini, ena v zvezo Abieto-galium rotundifolii in ena v zvezo Calamagrostido arundinaceae- Abietum albae. Od asociacij na bazičnih kameninah ena pripada zvezi Abieto-Omphalodion vernaе, druga pa zvezi Abieto- Aremonio agrimonioides. Raziskovalni objekti se torej tudi glede vegetacijske pripadnosti med seboj zelo razlikujejo.

Oznaka ploskve	Tipološka enota
18.	Oxalido-Abietetum albae leucobryetosum-schreberosum
65.	Abieto-Vincetum minoris
202.	Abieto- Sambucetum nigrae carpinetosum thuidioeurrhynchiosum
203.	Abieto- Sambucetum nigrae castaneetosum thuidio-oxalidosum
204 .	Abieto- Sambucetum nigrae oxalido-athyriosum in A. -S. vinco-saniculosum
205.	Abieto-Rosetum pendulinae
206.	Abieto-Thuidietum tamariscini blechnetosum myrtillo oxalidosum in A. -T.t. chimaphiletosum pino-myrtillo-oxalidosum
207.	Abieto-Oxalidetum acetosellae lusuletosum albidae sambuco nigrae moehringiosum trinerviae

Podatki, ki karakterizirajo zgradbo sestojev na raziskovalnih ploskvah so zbrani v razpredelnici. Dendrometrijske vrednosti se nanašajo na prvo meritev vsakega objekta. Ugotovitev poznejših meritev in registracij pa so upoštevane v poglavjih 5. in 6., ki se nanašata na potek sušenja in upadanja prirastka.

Sestava in zgradba sestojev na raziskovalnih ploskvah je različna : v enem primeru gre za čist jelov gozd, v dveh primerih za skoraj čist, v treh za mešan z različno udeležbo smreke in redko primešanih listavcev, v dveh primerih pa za smrekov sestoj s primešano jelko. Delež drugih drevesnih vrst znaša po številu drevja 0, 4, 14, 34, 34, 52, 71 in 93 %, po temeljnici pa 0, 6, 9, 16, 30, 32, 53 in 91 %. Tudi debelina in starost jelk na objektih sta zelo različni in poprečni premer srednjega drevesa leži v širokem razponu od 24 do 52 cm, srednja višina pa sega od 21,3 do 30,1 m. Lesna zaloga na raziskovalnih plo-

skvah variira od 226,8 do 543,7 m³ na ha, temeljnica pa od 15,8 do 39,5 m²/ha.

SESTOJNE ZNAČILNOSTI JELOVIH RAZISKOVALNIH PLOSKEV

Ozna- ka plos- kve	Površina (m ²)	Reli- ef	Štev. dreves/ha			Na jelko odpade				Temel. primeš, vrst na 1 ha (m ²)	Skle:
			Jelka	Smreka	Bu. in dr.	Popreč. premer (cm)	Temeljn. na ha	Popr. viši- na	Lesna zaloga m ³ /ha		
18.	10.000	JZ 10/20	89	214	-	52,0	18,89	29,1	266,56	31,78	0,73
65.	3.660	SZ 5/10	361	8	6	31,3	27,79	24,0	351,56	1,76	0,57
202.	15.787	JV 0/15	257	132	-	29,6	17,74	28,0	260,33	7,67	0,23
203.	10.000	SV 0/10	472	246	-	30,5	34,55	30,1	543,72	16,62	0,80
204.	12.594	S 20/30	208	227	-	31,1	15,82	27,2	226,79	18,10	0,60
205.	6.533	S 20/25	292	-	-	35,7	29,32	26,2	398,38	-	0,31
206.	7.413	SV 10/15	496	32	4	24,0	22,38	21,3	255,23	2,19	0,45
207.	4.092	JV 5/8	737	117	7	26,1	39,49	23,2	485,60	7,47	0,58

Sklep raziskovalnih sestojev je bil ugotavljan s sne-manjem horizontalnih projekcij krošenj in s planimetriranjem njihovega kartograma, zato ga je bilo mogoče izraziti z natančnostjo 2 decimalk. Tudi njegove vrednosti zavzemajo širok razpon od 0,23 do 0,80. Zelo različno zgradbo obravnavanih sestojev ponazarjajo tudi podatki o aritmetično srednji horizontalni projekciji krošenj in o debelinski strukturi, kot so predočeni v razpredelnici.

Objekt štev.	18	65	202	203	204	205	206	207
Projekc. kroš. (m ²)	28,6	18,4	6,1	-	-	13,8	9,2	7,5
Pokrovnost krošenj (%)	16,6	16,5	5,1	-	-	3,5	7,7	10,7
Deb. raz. 10-20	-	24	20	18	10	20	34	30
Deb. raz. 20-30	1	27	39	38	38	29	38	27
Deb. raz. 30-40	30	24	30	32	38	18	26	34
Deb. raz. 40-50	39	18	10	10	13	19	2	8
Deb. raz. nad 50	30	7	1	2	1	14	-	1

V razpredelnici predloženi podatki o zgradbi obravnavanih sestojev kažejo, da gre v vseh primerih za nepravilno enodobno obliko, ki pa se na objektih 65 in 207 približuje prebiralni.

411. Od raziskovalnih ploskev so bile 3 izbrane in na njih opravljene prve meritve ter registracije leta 1963, na štirih leto pozneje, na eni pa leta 1965. Po izbiri objektov so bile na njih opravljene geodetske in dendrometrijske meritve ter kakovostne registracije, ki so bile nato vsako leto ponavljane, in sicer približno ob enakem datumu. Razen geodetskih meritev, določenih z vpeljano metodiko, ki jo uporablja inštitut kot standardno, je bila izmerjena in kartirana še situacija dreves na objektih. Poleg tega so bile izmerjene tudi projekcije krošenj in nato izdelan kartogram v merilu 1 : 200. Pri tem je bilo upoštevano vedno po 8 obrisnih točk, ki so bile dosledno razporejene v odnosu na poglavito padnico terena. Dendrometrijske meritve so bile opravljane po vpeljani inštitutski metodiki, prav tako tudi računanje lesne gmote in prirastka.

Kakovostna registracija vseh jelk na objektih je obsegala klasifikacijo stopnje prizadetosti, ugotavljanje razširjenosti adventivnih vej po deblu, pojave raka in omele. Klasifikacijo prizadetosti sem oprl na stopnjo vidno izraženih znakov, ki so tipični za obravnavano propadanje jelke (15). V ta namen so bile jelke razporejene v 5 osnovnih stopenj vitalnosti, ki so bile po potrebi dopolnjene še s 4 vmesnimi stopnjami. V 1. stopnjo so bile uvrščene jelke, ki ne kažejo nikakršnih znakov hiranja, v 5. stopnjo pa tiste, ki so že popolnoma propadle. V preostale 3 stopnje pa so bile razporejene jelke glede na to, v kolikšni meri so bili izraženi znaki njihovega propadanja. Razširjenost adventivnih vej je bila vrednotena glede na relativni delež debla, ki so ga poraščale.

412. Za ugotavljanje prirastnih reakcij, ki jih jelka uveljavlja ob svojem pešanju, so bile posekane 3 serije dreves, dve spomladi 1965, na objektih 202 in 203 ter ena na objektu 203 spomladi 1967. V prvi seriji je bilo posekanih 10 suhih jelk, v drugi 18 precej oslabeledih, v tretji pa 20 različno prizadetih dreves, za primerjavo pa še 5 smrek. Vse drevje je bilo sekcionirano in na razdaljah po 4 m so bili iz njega izžagani kolobarji za dendrometrijske analize, ki so bile opravljene po ustaljeni metodi.

42. Laboratorijska raziskovanja so bila usmerjena k nadaljevanju in poglobitvi že prej zastavljenih spoznanj, meritev in eksperimentov, o katerih sem že deloma poročal (13), razen tega pa so bili uvedeni novi postopki, ki naj bi omogočili boljše primerjalno poznavanje nekaterih morfoloških, anatomskih in fizioloških značilnosti jelke s posebnim ozirom na stopnjo prizadetosti.

421. Nadaljeval sem z že opisanim (18) postopkom po Alviku-Walterju za ugotavljanje kompenzacijskega časa za izravnanje bilance ogljikovega dioksida, in sicer primerjalno za navidez zdravo in za prizadeto jelko ter za material z odrasle jelke, tretirane z natrijevim tetraboratom, in za material s primerjalne neobravnane jelke. Skupno je bilo obdelanih 36 serij, razporejenih po 14-dnevnih razdobjih.

422. Za kontrolo predpostavljenih fizioloških sprememb pod vplivom bora je bil enak poskusni material primerjan glede na specifično težo iglic in vsebnost vode. Skupno je bilo obdelanih 32 serij, razporejenih po 14-dnevnem zaporedju.

43. Mikroskopski pregledi jelovih iglic so se nanašali na primerjalno ugotavljanje zgradbe prečnega preseka, zlasti glede položaja smolnih kanalov, ter na določanje specifičnega števila rež in stomatskih prog. V preglede je bilo vključeno 52 vzorcev z odraslega jelovega mutanta 68 in s primerjalne normalne jelke ter 72 vzorcev s primerjalnih jelk.

44. Klimatološka vrednotenja so se nanašala na primerjavo nekaterih osnovnih in kompleksnih nakazovalcev med trajajočim obdobjem in med obdobjem pred letom 1940 oziroma 1900. Pri tem so bile primerjane poprečne celoletne vrednosti, razen tega pa tudi ustrezajoče mesečne kakor tudi tiste za šestmesečna

rastna obdobja (IV-IX). Upoštevana je bila srednja temperatura zraka za 8 postaj, in sicer za obdobje 1926/1967, razen tega pa še za Ljubljano za obdobji 1851/1940 ter 1941/1967. Nadalje so bile primerjane za 7 postaj poprečne maksimalne in poprečne minimalne temperature za obdobji 1926/1940 in 1949/1967.

Glede na pomembnost klimatičnega indikatorja, ki jo po lastnih svoječasnih spoznanjih pripisujem interdiurnim temperaturnim amplitudam (13), sem razširil njegovo upoštevanje tudi na poznejšo dobo in sem njegove vrednosti za 7 postaj tudi primerjal za obdobji 1926/1940 ter 1949/1967, razen tega pa sem analiziral njegove spremembe v odvisnosti od dnevnega maksimuma in minimuma, in to primerjalno za letne in za mesečne vrednosti.

Padavinske razmere za Ljubljano sem primerjal po letnih poprečnih, po mesecih in za vegetacijsko dobo za obdobji 1851/1940 ter 1941/1967 in za obdobji 1851/1900 ter 1901/1967.

Od kompleksnih klimatičnih nakazovalcev, ki ponazarjajo stopnjo kontinentalnosti sem pri nadaljnji obravnavi prvotnih ugotovitev (13) izračunal in primerjal za Ljubljano Martonov indeks za obdobji 1851/1900 ter 1901/1967 ter za obdobje 1941/1967, nadalje še Amannov hidrotermični indeks za 4 postaje za obdobji 1851/1900 ter 1901/76.

Vse navedene klimatične indikatorje sem analiziral po statističnih metodah in večino njih tudi grafično predočil, zlasti glede na utemeljenost razlik med primerjalnimi obdobji, od katerih sem z enim skušal zajeti dobo, v kateri so pri nas na jelki opaženi tipični znaki obravnavanega hiranja in propadanja.

5. Pešanje in potek sušenja

Stopnja prizadetosti jelke v naših gozdovih, o kateri je bilo že ponovno poročano (13, 14, 33, 60, 94), se v zadnjih letih praviloma ni ublažila, ampak se stopnjuje, in sicer :

1. glede na zemljepisno razsežnost ogroženega območja ;
2. s širjenjem na dotlej neprizadete gozdove v mejah prostorno ogroženega areala, zlasti z vzponom na višje lege;
3. z nenehnim, ponekod celo pospešenim napredovanjem procesa od prvih tipičnih znakov pešanja jelke do njene posušitve.

Prvotno ugotovljeni areal prizadetosti v Sloveniji (13, 60) se je zadnja 3 leta pomembno razširil na jugozahod, občutno pa tudi na severvzhod ter nekoliko tudi na jug. Občutno napredovanje procesa prizadetosti jelke se uveljavlja z izrednim upadanjem prirastka in z bolj ali manj izraženimi tipičnimi simptomi, ki ponekod že prehajajo v zaključni štadij, t.j. likvidacijo vseh jelk v stopnji drogovnjaka in debeljaka na manjših in večjih površinah. Resno je prizadet tudi velik del visokega krasa, kjer do leta 1964 ni bil registriran obravnavani pojav. Na najvzhodnejših nahajališčih jelke pri nas, za katera je bilo leta 1964 še izrecno poudarjeno, da tam sušenja ni opaziti (60), se je proces medtem razširil tja do meje Slovenije in se je tako zelo razvil, da so zaradi sečnje sušečih se jelk njeni sestoji ponekod že neposredno pred likvidacijo (Tisovec, Žetale, Macelj). Regionalno napredovanje jelove krize proti jugu je - sodeč po zunanjih znakih - počasneje, vendar pa krajevno poskusno ugotovljeno upadanje prirastka tudi tam (Velika gora, Mala gora, Rog, Grčarice) ne napoveduje jelki rožnate bodočnosti, čeprav je bilo še pred 3 leti izrecno naglašeno, da tam sušenja ni opaziti (60). Vendar pa za sedaj jelka na ozemlju Bele krajine vključ poročilu o začetnem sušenju (33), na splošno ne kaže tipičnih simptomov pretečega odmiranja.

Areal jelkine prizadetosti pa se ni razširil le do mej slovenskega ozemlja, ampak se uveljavlja tudi že na Hrvaškem, takorekoč kontinuirano na ogroženo območje v Sloveniji. O tem priča poročilo Šafarja (83) o sušenju jelke na Maclju in Spaića in Adroića v Gorskem kotarju (2, 78, 85), kjer so ob raziskovanju kalamitetnega pojava molja jelovih iglic ugotovili poprejšnje večletno močno upadanje prirastka, torej pešanje jelke, predno se je škodljivec razpasel.

Obravnavano hiranje jelke se je tudi v mejah že prej ogroženega areala razširilo na jelova nahajališča, kjer še pred 4 leti ni bilo opaziti tipičnih simptomov obravnavanega procesa. Najočitnejši tovrstni primeri so: Konjiška gora, Boč, severna, zlasti pa južna pobočja Pohorja, Gornja Savinjska dolina, višje lege v Julijskih in Kamniških Alpah, nekatere prej neprizadete oaze na Notranjskem itd.

51. Napredovanje procesa odmiranja jelke v obravnavanem obdobju moremo najboljše ponazoriti s podatki, ki reprezentirajo raznovrstna nahajališča jelke in kažejo pomikanje jelovih dreves iz na videz neprizadetega stanja (stopnja 1) prek stopnjevanege pešanja (stopnja 2-4) do posušitve (stopnja 5), kot to kažejo diagrami na naslednji strani.

Razporeditev osebkov po vitalnostnih stopnjah je predočena v razpredelnici, in sicer za začetni in za končni stadij opazovalnega obdobja (v %).

Stopnja prizadetosti	1	2	3	4	5
Leta 1964	34,8	41,6	16,0	3,4	4,2
Leta 1968	7,2	27,4	35,5	15,1	14,8

Časovni razvoj prizadetosti jelke je potekal na obravnavanih objektih zelo različno. Presoja srednjih vrednosti za vse raziskovalne ploskve ob istočasni primerjavi podatkov za posamezne objekte dopušča naslednje ugotovitve :

a) Delež na videz zdravih osebkov je ob začetku registracije znašal poprečno 34,8 %, za posamezne objekte je variiral od 6,2 % do 57,9 %, zadnje leto opazovalnega obdobja pa se je zmanjšal na poprečje 7,2 % z intervalom od 14,5 do 0 %. Število na videz zdravih jelk je torej v 4 letih rapidno upadlo in sicer za 79,5 %. Prvotne razlike med objekti so se razen tega zelo ublažile, najbolj zato, ker je v sestojih z relativno velikim začetnim številom na videz zdravih jelk (202, 203) proces hitreje napredoval kot na objektih, kjer je bil sprva delež jelk iz 1. skupine relativno majhen (65, 206). Relativni delež na videz zdravih jelk je na leto upadal poprečno za 19,8 %.

b) Od 8 obravnavanih objektov je 7 uveljavljalo dosledno upadanje deleža na videz zdravih osebkov (majhne nedoslednosti zelo verjetno izvirajo iz nogbnih napak pri klasifikaciji), le na objektu 204 si je jelka glede na delež v 1. stopnji v času med 2. in 4. opazovalnim letom "opomogla", vendar pa primerjava poteka procesa v ostalih 4 stopnjah kaže, da je propadanje napredovalo z blago izraženo tendenco doslednega prehajanja iz boljše kategorije v slabšo.

c) Delež popolnoma propadlih jelk (5. stopnja) je ob začetku registracije znašal poprečno 4,2 % in je za posamezne objekte variiral za 0,7 do 17 %. Zadnje leto pa se je povečal poprečno na 14,8 % z intervalom od 4 do 31 %. V 4-letnem opazovalnem obdobju se je število suhih jelk več kot potrojilo, ker se je povečalo za 252,4 %. To povečanje je za posamezne objekte različno in se giblje v intervalu od 77 % (objekt 207) do 1130 % (objekt 65). Relativni delež suhih osebkov je v poprečju za obravnavane sestoje naraščal poprečno za 63,1 %.

č) Primerjava med relativnim upadanjem števila zdravih jelk in med naraščanjem relativnega deleža odmrlih osebkov pokaže, da je bila "rezistentnost" neprizadetih jelk dvakrat trdnejša (210 %) kot pa je bila življenjska sila osebkov v predzad-

njem štadiju pred posušitvijo.

d) Prehajanje jelk iz kakovostno boljših kategorij v slabše, tj. med stopnjami od 2 do 4, je ponazorjeno v prejšnjem diagramu. Časovna udeležba v 2. stopnji je potekala za poprečje vseh objektov v padajoči smeri in ima konkavno obliko. Podobno potekajo diagramske črte za večino objektov. Delež jelk z znaki 3. stopnje prizadetosti se v opazovalnem obdobju kaže za poprečje vseh objektov z rastočo, nekoliko konkavno diagramsko črto, ki velja tudi za večino objektov. Relativno število osebkov v 4. stopnji prizadetosti poteka v obravnavanem obdobju za poprečje vseh objektov po rastoči, toda konveksni črti, veljavni za večino raziskovanih sestojev.

e) Obravnavani proces je poprečno za vse objekte med prvim in drugim letom (1964/1965) najhitreje napredoval, med drugim in tretjim (1965/1966) se je ublažil skoraj za polovico, med tretjim in četrtem letom se je zopet nekoliko okrepil, med predzadnjim in zadnjim letom pa je v vsem opazovalnem obdobju uveljavil najblažje napredovanje. Ob upoštevanju osebkov, ki so se v enem letu premaknili iz manj prizadete v slabšo stopnjo, so ti relativni premiki znašali, kot je predočeno v naslednji razpredelnici.

Obdobje	1964-1965	1965-1966	1966-1967	1967-1968
Premik (%)	50,24	27,49	33,51	25,44

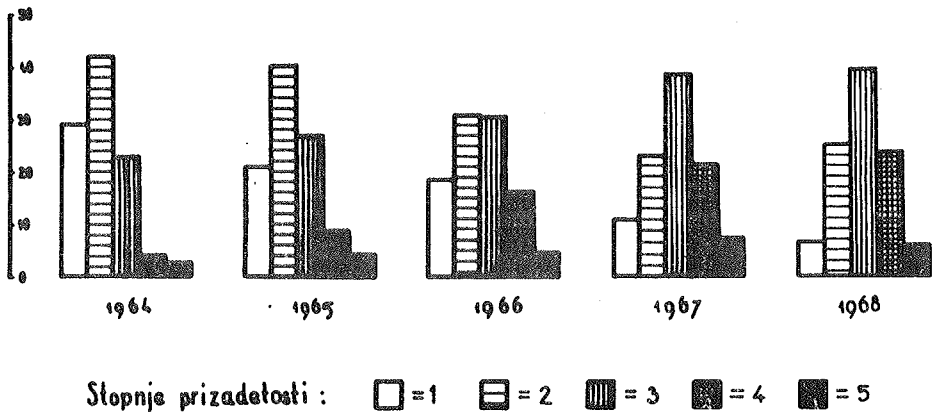
V zadnjem letu je proces poprečnega propadanja napredoval občutno počasneje kot v prvem. Končni trend obravnavanega procesa kaže očitne znake ublažitve. Tej ugotovitvi smemo prisoditi zadostno stopnjo zanesljivosti, kajti poprečni premik v zadnjem letu leži zunaj mej variabilnosti prvih treh četrtin opazovalnega obdobja in za 31,4 % zaostaja za poprečnim premikom, ki jim pripada.

f) Primerjava omenjenega nakazovalca med obravnavanimi objekti nam pokaže, da je bila za 6 od njih opazna končna ublažitev procesa propadanja, le na 2 raziskovalnih ploskvah se je končni trend stopnjeval. Na posameznih objektih so bili relativni premiki v začetku (P_1) in na koncu opazovalne dobe (P_2) v odnosih, ki so prikazani v razpredelnici. Število osebkov, ki so med prvim in drugim letom prešli iz boljše v slabšo vitalnostno stopnjo, je za 97,5 % večje kot prehod med zadnjima letoma.

Objekt	18	65	202	203	204	205	206	207
P_1 %	28,0	28,9	59,3	53,4	77,1	26,4	23,5	51,9
P_2 %	20,4	48,6	14,9	10,1	67,5	20,9	26,7	18,0

Proces propadanja jelke je torej v obravnavanih sestojih napredoval z različno hitrostjo, hkrati pa je v večini primerov zadnje leto uveljavljal trend upadanja.

Relativni deleži stopenj prizadetosti v posameznih letih so prikazani v naslednjem diagramu.



52. Glede na neenako stopnjo izhodiščne prizadetosti obravnavanih sestojev z jelko in zaradi količinsko in kakovostno različnega poteka proučevanega procesa smo primerjali ugotovljene spremembe z rastiščnimi in splošnimi sestojnimi razmerami prizadetih objektov.

Za primerjalno vrednotenje smo ponderirali deleže, ki odpadajo na razne stopnje prizadetosti. Za prvo stopnjo smo uporabili ponder -4, za ostale 3 osnovne stopnje in 4 medstopnje pa vrednosti od 1 do 7. Tako smo za primerjalno analizo izračunali nakazovalce prizadetosti posameznega objekta za vsako leto v dobi opazovanja. Te vrednosti so prikazane v preglednici za prvo in za zadnje leto in kot poprečje za vso raziskovalno dobo.

Ploskev	18	65	202	203	204	205	206	207
Začet.	83	132	-1	133	216	244	97	-7
Konč.	352	382	481	282	140	396	353	246
Popreč.	247	280	293	158	159	332	252	170

521. Primerjava stopnje prizadetosti obravnavanih sestojev je omogočila naslednje ugotovitve in iz njih izvirajoče sklepe :

a) V prvem letu opazovalne dobe je bil proces propadanja najblažji na objektih 202 in 207. Le-ta v primerjavi z drugimi objekti ne kažeta nobenih skupnih sistematičnih posebnosti, niti glede reliefnih in talnih, niti glede sestojnih razmer. Upoštevano posamezno je za objekt 202 značilna majhna poroznost tal in skrajno pomanjkanje biogenih elementov v tleh, nadalje zelo majhna temeljnica ter najredkejši sklep. Objekt 207 pa se odlikuje z visoko, toda ne najvišjo lego in veliko, toda ne največjo lesno zalogo, pripada pa mu vrhunska kakovost glede na globino tal in njihovo kislost ter tudi glede vsebnosti biološko pomembnih elementov, zlasti kalija in fosforja.

b) V prvem letu je bil proces propadanja najintenzivnejši na objektih 204 in 205. V primerjavi z drugimi objekti sta jima skupna le največja strmina in severna lega, glede drugih rastiščnih in sestojnih nakazovalcev pa si nista podobna, hkrati pa za nobeno značilnost nista na dnu lestvice. Upoštevanem posamezno pa pripada objektu 204 veliko kalija v tleh, primanjkuje pa mu kalcija, fosforja in dušika, hkrati pa vsebuje skoraj največji delež primešane smreke, medtem ko se objekt 205 odlikuje z največjim pH v tleh, z največjo poroznostjo tal in z vrhunsko vsebnostjo kalcija in dušika v njih, hkrati pa ima najmanj kalija, toda glede primesi drugih drevesnih vrst je na zadnjem mestu, ker gre za popolnoma čist jelov sestoj.

c) V zadnjem letu je proces najblaže napredoval na objektih 204 in 207. V primerjavi z drugimi objekti nimata glede reliefnih razmer ničesar skupnega, glede tal pa ju družijo dobra preskrbljenost s kalcijem in kalijem. Posebnosti objekta 207 so navedene že pod točko a). Gre torej za primer sestoja z jelko, kjer je bil proces propadanja v prvem in zadnjem letu najblažji. Objekt 204 je glede vseh pomembnejših biogenih elementov močno deficiten, le kalija ima v tleh še zadovoljivo količino, hkrati pa je zanj značilna najslabša poroznost tal, razen tega pa mu pripada najmanjša lesna zaloga.

č) V zadnjem letu opazovalne dobe je bil proces propadanja najintenzivnejši na objektih 202 in 205, ki v primerjavi z drugimi objekti glede reliefnih in talnih razmer nimata nikakršnih skupnih posebnosti, pač pa jima pripada najredkejši sklep. Posebnosti objekta 202 so navedene pod točko a), objekta 205 pa pod točko b).

d) Poprečno napredovanje propadanja v vsej opazovalni dobi je bilo najblažje na objektih 203 in 204. V primerjavi z drugimi objekti ju družijo le ustrezna vsebnost kalija v tleh. Upoštevan

posamič trpi objekt 203 pomanjkanje drugih pomembnejših biogenih elementov v tleh, pač pa se odlikuje z največjo temeljnico ter najgostejšim sklepom. Posebnosti objekta 204 so navedene v točki b).

e) Najintenzivneje je napredoval proces v opazovalni dobi na objektih 202 in 205, ki nimata skupnih značilnosti, ki bi ju ločile od ostalih objektov. Posebnosti za objekt 202 so navedene v točki a), za objekt 205 pa v točki b).

f) Dva najvišje ležeča objekta sta bila le srednje prizadeta, najmanj pa je proces propadanja ogrožal jelova sestoja na višinah 550 in 350 m. Tudi v drugih primerih ni bilo mogoče najti utemeljene zveze med nadmorsko višino in intenzivnostjo propadanja jelke. Prav tako tudi za ekspozicijo in inklinacijo ni bila odkrita nikakršna povezava s stopnjo prizadetosti.

g) Propadanje jelke je bilo najintenzivnejše na dolomitu, najblažje pa na apnenčasti podlagi. Srednje globokim tlem je pripadalo najmanj izrazito propadanje jelke, vendar pa takšnim tudi najintenzivnejše.

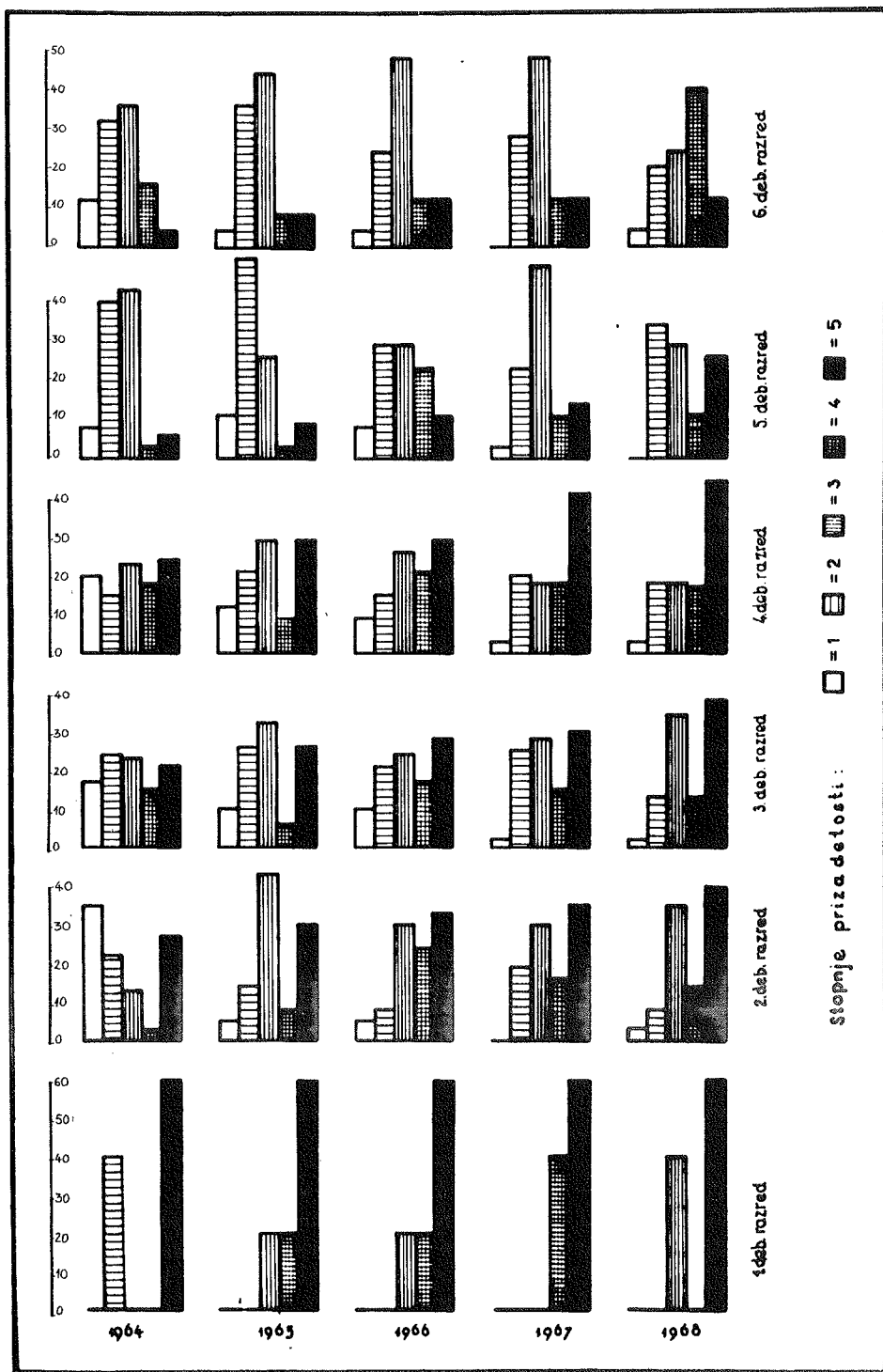
Poroznosti tal ni mogoče povezovati s stopnjo odmiranja jelke. Na tleh, ki so bila kislja, je jelka malo trpela, na bazičnih pa najbolj in tudi vmesne stopnje prizadetosti kažejo za nekatere objekte blago odvisnost.

Količina poglavitnih biogenih elementov v tleh je v zelo različnem odnosu s stopnjo propadanja jelke. Objekt, ki je najmanj trpel, vsebuje precej kalija, primanjkujejo pa mu Ca, P in N, medtem ko tlem najbolj prizadetega sestoja pripada največji delež kalcija in dušika, hkrati pa najmanjši kalija, toda zadosten fosfora. Stopnja prizadetosti je praviloma korelirana z vsebnostjo kalija v tleh. Čim manj ga je, tem huje je jelka trpela. Medsebojna odvisnost, preizkušena na linearno regresijo, je izražena z ob-razcem $y = 0,106 - 0,00087 (x - \bar{x})$ z napako $\pm 0,031$. Pomanjkanje kalija v tleh je torej pospeševalo intenzivnost obravnavanega procesa. Odvisnost je pri tveganju 0,1 % statistično utemeljena za $t = 4,14$.

Vsebnost kalcija je vplivala pospeševalno na odmiranje jelke. Odvisnost je pri tveganju 0,1 % utemeljena za $t = 9,94$.

Delež fosforja in dušika v tleh nista vplivala na stopnjo obravnavanega procesa.

Naše spoznanje glede odnosov med količino poglavitnih biogenih prvin v tleh in med stopnjo hiranja jelke se ne ujema z ugotovitvami, ki dobro uspevanje te drevesne vrste stavljajo v odvisnost z obilico dušika in fosforja v tleh (91). Dognanje pa, ki povezuje slabo rast jelke s pomanjkanjem kalcija in z obilico ka-



531. Naša analiza pešanja jelke je za poprečje vseh objektov v 5-letnem obdobju pokazala, da so bili 10-centimetrski razredi različno prizadeti, kot je to razvidno na diagramu na naslednji strani. Ob upoštevanju na videz zdravih jelk (1. stopnja) je bil njihov odstotni delež v 3 debelinskih razredih po 20 cm, kot je prikazan v razpredelnici.

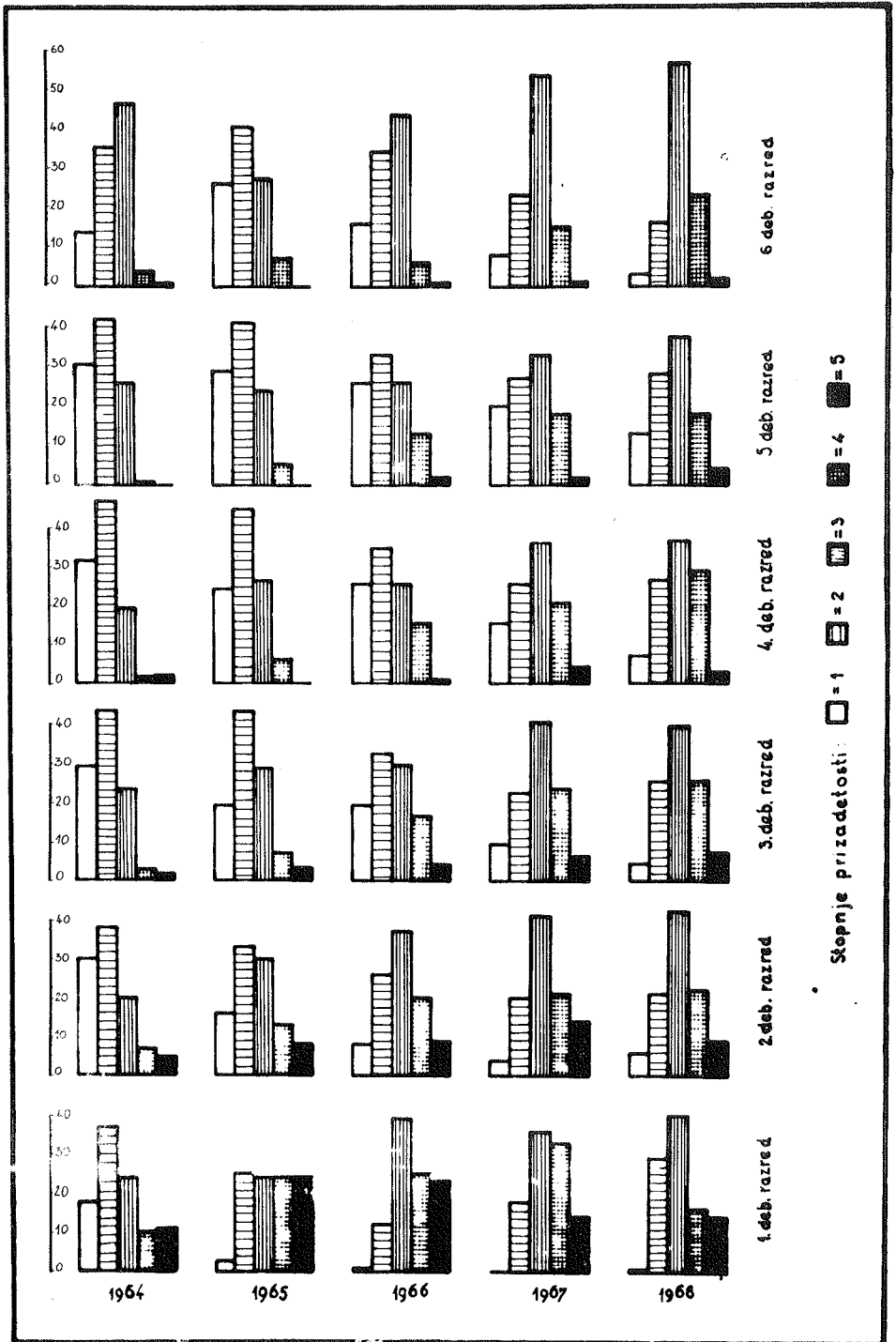
Leto	1964	1965	1966	1967	1968
Do 20 cm	27,5	13,8	6,6	2,9	4,5
Od 20 do 40 cm	30,1	21,4	21,7	11,8	5,8
Nad 40 cm	27,0	28,3	23,5	16,6	10,8

V opazovalnem obdobju se je za poprečje vseh objektov relativni delež zdravih jelk zmanjšal v prvem debelinskem razredu za 82,9 %, v srednjem za 80,7 % v najdebelejšem pa za 60,0 %. S tem našim razširjenim raziskovanjem torej ni potrjena prvotna ugotovitev (13), da težišče začetne prizadetosti pada v debelinski razred med 20 in 40 cm, kajti redukcija "zdravih" jelk je v opazovalnem obdobju najbolj prizadela prvi debelinski razred, nato pa s stopnjevanjem debeline pojemala. Razlike očitno opozarjajo, da je bilo izpadanje prej "zdravih" jelk pogojeno z njihovo debelino oziroma s starostjo in da so se na videz zdrave jelke tem uspešnejše upirale pešanju, čim debelejše oziroma starejše so bile. Pojav obravnavanega odmiranja jelke torej ni posledica njihovega fiziološkega staranja. To spoznanje je potrjeno tudi z dejstvom, da sta objekta s poprečno zelo debelim drevjem najmanj trpela.

Z upoštevanjem skrajnih dveh stopenj oslabitve je znanšal relativni delež za poprečje vseh objektov po debelinskih razredih, kot je predočeno v razpredelnici (v %).

Leto	1964	1965	1966	1967	1968
Do 20 cm	11,3	19,7	25,1	25,1	24,5
Od 20 do 40 cm	2,8	3,4	7,2	14,3	14,5
Nad 40 cm	0,7	1,7	2,8	6,5	7,7

V opazovalnem obdobju se je za poprečje vseh objektov relativni delež najbolj prizadetih jelk povečal v prvem debelinskem razredu za 116,8 %, v drugem za 417,8 %, v najdebelejšem pa se je podesetoril. Proces odmiranja torej relativno hitreje napreduje na debelejših, torej na starejših jelkah kot na tanjših oziroma mlajših.



Potek pešanja jelke po 10-centimetrskih debelinskih razredih za vsako leto v raziskovalni dobi je predložen z diagramoma na naslednjih dveh straneh, in sicer za objekt 205, ki je najbolj prizadet, nato pa za ploskev 207, kjer se je pešanje jelke le blago uveljavilo. V prvem primeru so upoštevana tudi posekana drevesa, ki so bila večinoma zato odstranjena, ker so se posušila, medtem ko za objekt 207 niso upoštevana, zato se na njegovih diagramih poslednja stopnja prizadetosti ne povečuje dosledno.

Za objekt 205 je odstotni delež na videz zdravih jelk (1. stopnja) upadal po 20-centimetrskih debelinskih razredih, kot je to prikazano v razpredelnici (v %).

Leto	1964	1965	1966	1967	1968
Do 20 cm	30,9	4,8	4,7	3,0	2,4
Od 20 do 40 cm	18,4	10,5	9,2	2,3	2,3
Nad 40 cm	10,0	8,3	6,7	1,7	1,7

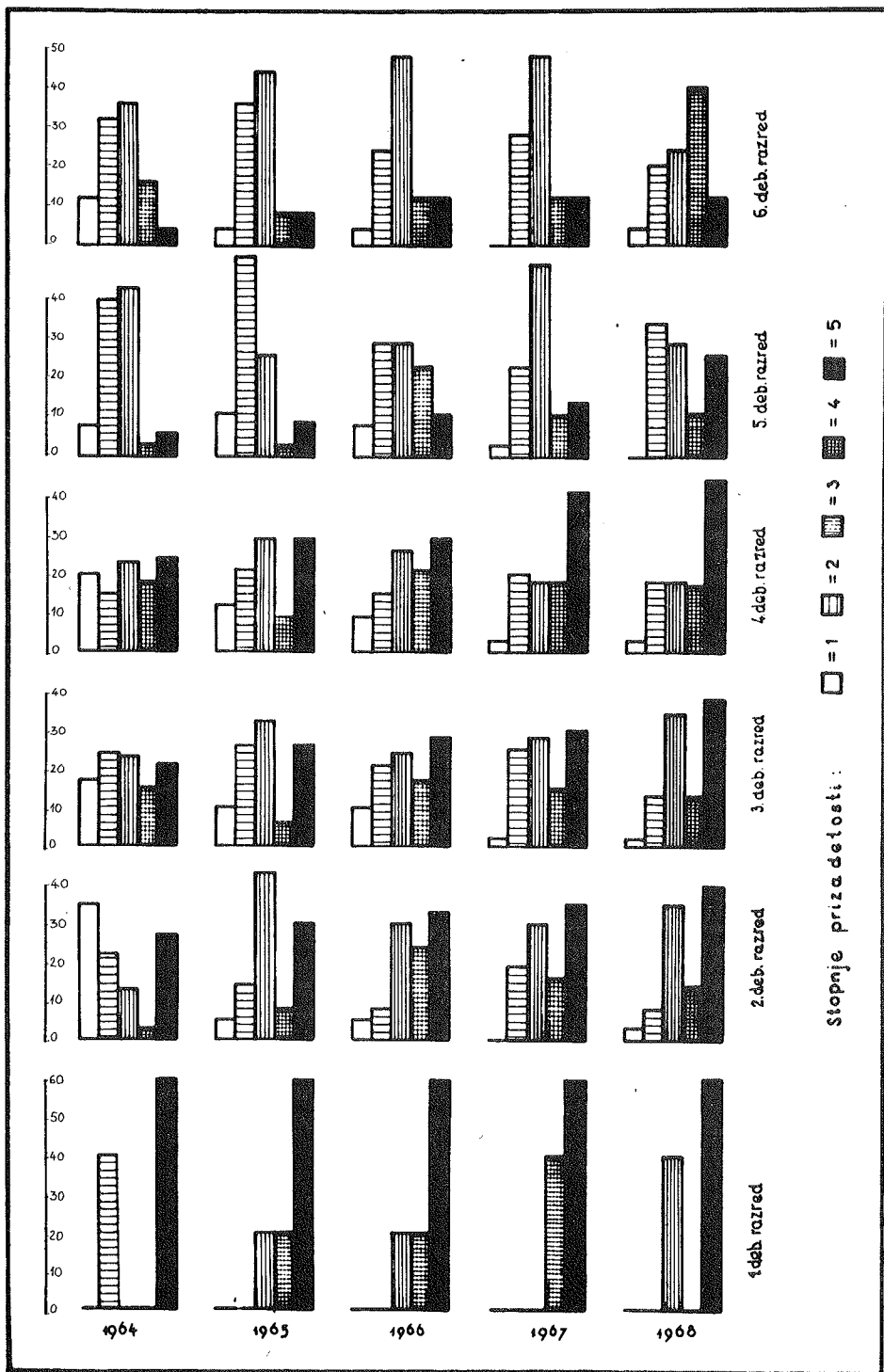
V opazovalnem obdobju je relativni delež zdravih jelk v prvem debelinskem razredu upadel za 92,2 %, v srednjem za 87,5 %, v zadnjem pa za 83,0 %. Redukcija "zdravih" osebkov je v petih letih najbolj prizadela tanjše drevje ter je s stopnjevanjem debeline pojemale. Ta odvisnost se ujema z ugotovitvijo za poprečje vseh objektov in dopušča enak sklep.

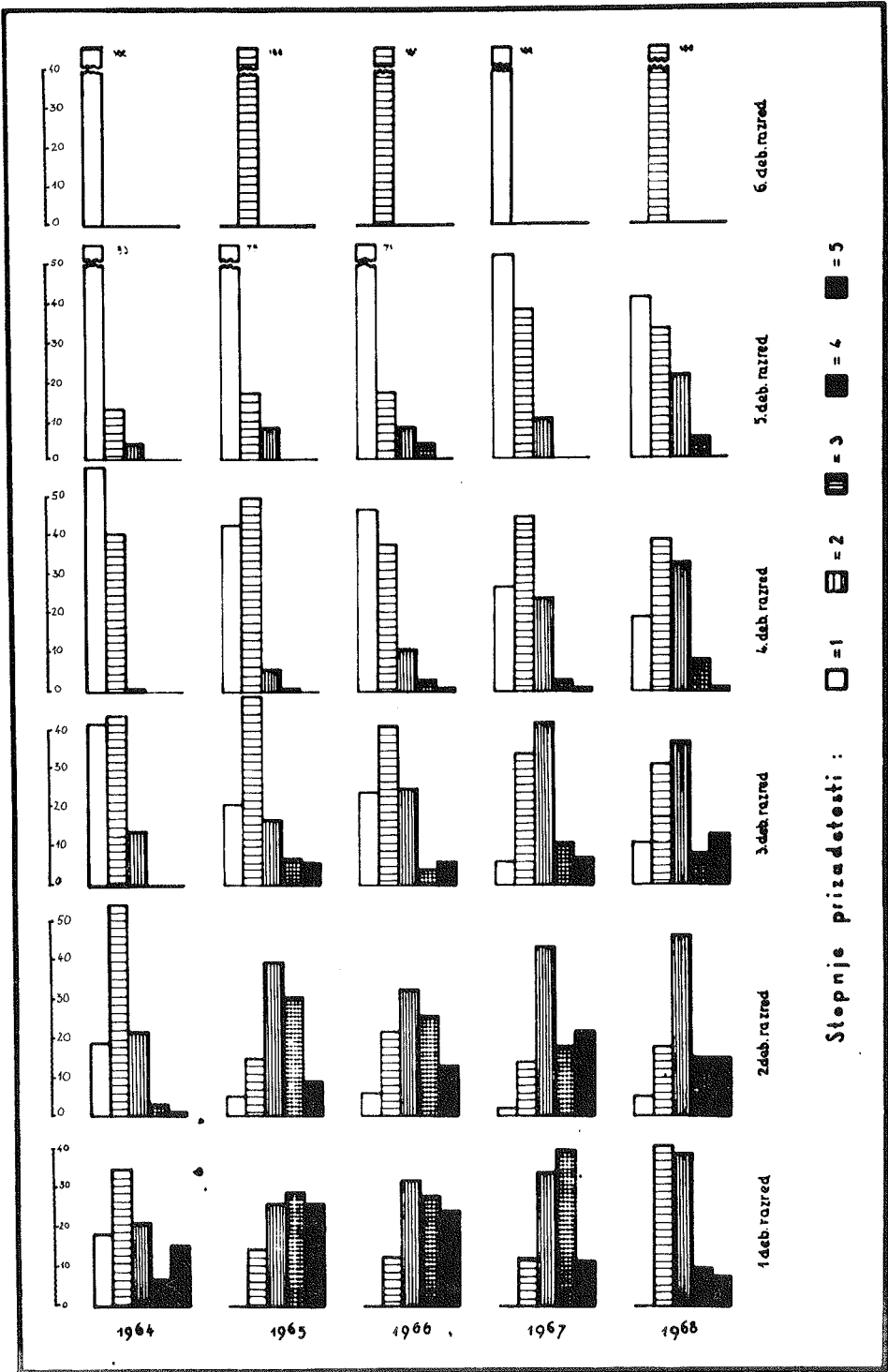
Objekt, ki je bil najbolj prizadet (205), je vseboval manj na videz zdravih jelk, kot smo jih ugotovili za poprečje vseh obravnavanih sestojev. Toda ta deficitnost se je v raznih debelinskih razredih različno uveljavljala, najbolj med najdebelejšimi jelkami (za 15,4 %), najmanj pa med najtanjšimi (za 2,4 %). V celoti je bilo na tem objektu za 9,1 % manj na videz zdravih jelk, kot jih pripada poprečju vseh obravnavanih sestojev.

Z upoštevanjem dveh skrajnih stopenj oslabitve je znašal na najbolj prizadetem objektu relativni delež v 20-centimetrskih debelinskih razredih, kot je prikazano v razpredelnici (v %).

Leto	1964	1965	1966	1967	1968
Do 20 cm	33,3	42,9	59,5	57,1	54,8
Od 20 do 40 cm	37,9	34,5	47,1	50,6	55,2
Nad 40 cm	13,3	13,3	30,0	25,0	43,3

V opazovalnem obdobju je relativni delež najbolj prizadetih jelk narasel v prvem debelinskem razredu za 64,6 %, v srednjem za 45,6 %, v tretjem pa za 225,6 %. Proces odmiranja jel-





ke je torej relativno najblaže napredoval na srednje debelih, najhitreje pa na debelih osebkih.

Potek pešanja v skrajnih stopnjah je bil pri najbolj prizadetem objektu (205) precej drugačen kot v poprečju za vse obravnavane sestoje. Večja oslabeledost kaže z 28,7 % več jelk v skrajnih 2 stopnjah in se najbolj uveljavlja v srednjem debelinskem razredu, najmanj pa v zadnjem. V prvo omenjenem razredu je namreč za 36,6 % več prizadetih upoštevanih osebkov, v drugo omenjenem pa za 21,1 %.

Za objekt 207, kjer se je proces hiranja jelke uveljavljal blaže, je odstotni delež na videz zdravih jelk upadal po 20-centimetrskih debelinskih razredih, kot je prikazano v razpredelnici (v %).

Leto	1964	1965	1966	1967	1968
Do 20 cm	18,6	3,0	3,8	1,6	3,5
Od 20 do 40 cm	50,3	32,7	36,0	17,5	15,2
Nad 40 cm	84,0	72,0	68,0	53,1	40,0

V opazovalnem obdobju je delež zdravih jelk v prvem debelinskem razredu upadel za 81,2 %, v srednjem za 69,8 %, v tretjem pa le za 52,4 %. Redukcija "zdravih" osebkov je v opazovalnem obdobju prizadela najbolj tanjše drevje in je s stopnjevanjem debeline pojamaala.

Objekt, ki je bil malo prizadet (207), je vseboval za 16,6 % več na videz zdravih jelk, kot smo jih ugotovili za poprečje vseh obravnavanih sestojev. Toda ta presežek se je uveljavljal samo v debelejših razredih, v srednjem z 12,4 %, v zadnjem pa z 42,2 %, medtem ko je bil za najtanjši odkrit deficit s 4,9 %. Blažja stopnja hiranja torej pogojuje povečan delež zdravih jelk, vendar le debelejših, medtem ko je delež tanjših celo manjši.

Primerjava omenjenih, glede prizadetosti zelo različnih objektov (205 in 207), je pokazala, da je v blaže prizadetem za 25,5 % več navidez zdravih osebkov kot v bolj ogroženem. Vendar pa je ta presežek po debelinskih razredih zelo različno razporejen, v drugem znaša 21,8 %, v zadnjem 57,7 %, v najtanjšem pa ima razlika negativni predznak (-3,1 %). Sodeč torej po deležu zdravih jelk, prizadene intenziviranje procesa propadanja v prvi vrsti debelejšo osebko, medtem ko tanjši uspešneje kljubujejo pešanju, delež najtanjših zdravih pa celo raste.

Za malo prizadeti objekt (207) je bil relativni delež osebkov v skrajnih 2 stopnjah prizadetosti v posameznih letih

glede pripadnosti 20-centimetrskim debelinskim razredom zelo različen, kot je razvidno iz razpredelnice (v %).

Leto	1964	1965	1966	1967	1968
Do 20 cm	11,9	47,4	47,9	48,0	49,2
Od 20 do 40 cm -	-	6,7	6,8	10,5	14,5
Nad 40 cm	-	-	4,0	4,4	5,0

V opazovalnem obdobju se je relativni delež prizadetih jelk v prvem debelinskem razredu povečal letno za 78,4 %, v drugem za 38,3 %, v tretjem pa za 25,0 %. Proces odmiranja je torej najbolj prizadel najtanjše jelke, najmanj pa najdebelejše.

Iz primerjave omenjenih, glede prizadetosti različnih objektov (205 in 207) sledi, da je v manj oslabiljenem sestoju za 22,7 % manj jelk, ki kažejo znake 4. in 5. stopnje hiranja, kot v bolj prizadetem sestoju. Po debelinskih razredih je ta razlika zelo neenaka, v srednjem je največja in znaša 37,4 %, najmanjša pa je v prvem (8,64 %). Stopnja intenzivnosti obravnave nega procesa je torej najbolj povezana s propadanjem srednje debelih jelk.

Iz navedenih ugotovitev za poprečje vseh sestojev so mogoči naslednji splošni sklepi: V zvezi s časovnim razvojem obravnavanega procesa propadanja jelke tem bolj upada število na videz zdravih osebkov, čim tanjši so, delež najbolj opešanih jelk pa raste za poprečje vseh primerov med debelejšimi hitreje kot med tanjšimi.

Primerjava ugotovitev za objekta, ki se glede prizadetosti zelo razlikujeta, potrjuje pravkar navedeni sklep. Primerjana objekta pa se glede deleža zdravih jelk tem bolj razlikujeta, čim debelejša je drevje.

Končno odmiranje v upoštevanih ekstremnih primerih ne poteka enako, ampak pri intenzivnem napredovanju procesa najmanj prizadene srednje debele osebke, pri blagem pa najmanj najdebelejše, medtem ko se v prvem primeru posuši največ debelih jelk, jih v drugem primeru v tem debelinskem razredu najmanj dokončno propade. Primerjana objekta pa se glede deleža skrajno oslabiljenih jelk najbolj razlikujeta v razredu srednje debelih, najmanj pa v razredu tankih jelk.

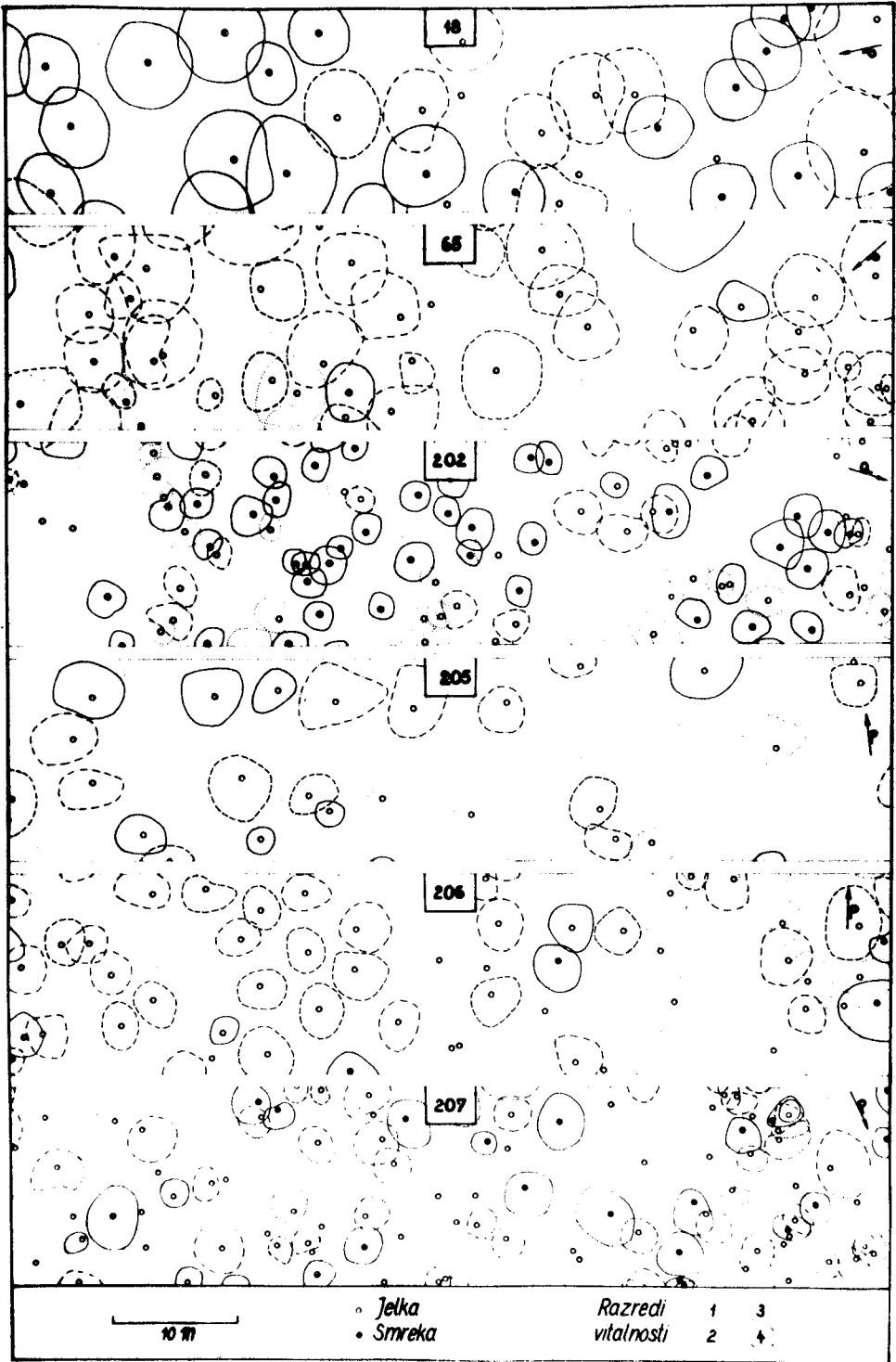
Jelka je torej glede na svojo debelino v neenaki meri podvržena obravnavanemu procesu, hkrati pa na odnos med debelino in stopnjo prizadetosti vpliva tudi splošna intenzivnost, s katero regresija jelke v določenem sestoju napreduje.

Ugotovljene neskladnosti med primerjanima, zelo različno prizadetima sestojema, se kažejo zlasti v skrajnih dveh stopnjah prizadetosti. V zvezi s tem in glede na razlike med vrednostmi, ki jima pripadajo in med tistimi, ki so bile ugotovljene za poprečje vseh objektov, opozarjajo, da je proces nazadovanja glede na debelinsko zgradbo sestojev potekal v upoštevanih primerih zelo različno. Razlike izvirajo iz neenakega začetega stanja, njihovo stopnjevanje pa je prav gotovo posledica različnih ekoloških in sestojnih razmer, ki so usmerjale proces pešanja jelke na raznih objektih.

532. Vpliv velikosti krošnje na odmiranje jelke sem orientacijsko obravnaval že v svojem prvem poročilu (13). Pri vrednotenju te morfološke značilnosti je potrebno upoštevati še novejša stališča, ki ji pripisujejo poseben pomen. Jelki prisojajo v primerjavi s smreko paraboloidno obliko krošnje, medtem ko ima slednja neiloidno (10). Sploh ima jelka v primerjavi s smreko relativno manjšo krošnjo. Schütz (76) meni, da velikost krošnje odloča o začetku jelkinega fiziološkega staranja. Dognano je nadalje, da količina asimilatov ni odvisna le od velikosti krošnje, ampak od količine iglic v njej (41) tako je bila odkrita tudi korelacija med velikostjo krošnje in jelovim prirastkom (10). Velikost in oblika krošnje je bila upoštevana tudi pri vrednosti kakovosti jelčic (74). Pomembna je ugotovitev Bezačinskega (10), da jelka v starosti 60-80 let reducira velikost svoje krošnje. Za jelko je značilna tvorba t.i. sekundarne krošnje, zgrajene iz adventivnih vej, ki poženejo, kadar je jelka po sprostitvi deležna povečane svetlobe ali pa, če se količina iglic zmanjša na 70 % (41). Pri tem naj bi šlo za koreliran pojav (83). Nastanek adventivnih vej pa ni posebnost določene jelove geografske rase, kot se trdi (22), ampak ta pojav spremlja jelko povsod po Evropi, kot sem to že svojčas ugotovil (15), za grško in za makedonsko jelko (*Abies cephalonica* Loud. in *A. Borisii* regis Mattf.) pa naj bi bila ta lastnost še zlasti značilna (7). Šafar (83) pa meni, da na bolj suhih tleh jelka požene več adventivnih vej kot na svežih.

V zvezi z obravnavanim tipičnim propadanjem jelke je Mayer (57) opazil, da je stopnja prizadetosti odvisna od velikosti krošnje. Na podlagi svojih orientacijskih proučevanj sem v svojem prvem prispevku izrazil dvom o takšni odvisnosti in sem domneval, da je ta morfološki znak pomembnejši za hitrost, s katero proces odmiranja jelke napreduje (13).

Meritve krošenj sem opravil na 6 najtipičnejših objektih po metodiki, razloženi v točki 411. Na naslednji risbi je predočena situacija krošenj na vzorčnih površinah po 1110 m² za 6 obravnavanih objektov. (Smer severa je orientirana normalno,



padnice pa so označene v desnem zgornjem kotu).

Velikost krošenj sem primerjal glede na ploščino pripadajočih projekcij, ker je dognano, da projekcija bolje izraža količino iglic v krošnji (njihovo suho težo) kot pa volumen krošnje (34). V vseh primerih sem upošteval začetno stanje, t.j. ob zastavitvi raziskovanja. V razpredelnici so zbrani podatki za poprečne ploščine projekcij krošenj (P_k) za jelko in posebej za primešano smreko ($v m^2$). Razen tega je tam prikazan tudi odnos med širino krošnje in debelino debla v prsni višini, ki ga imenujem kvocient krošnje ($Q = R/r$).

Objekt	18	65	202	205	206	207
P_k jelke	37,1	17,5	6,2	13,8	9,3	7,6
Q jelke	13,6	15,0	9,4	11,8	14,2	11,5
P_k smreke	25,2	28,9	5,9	-	7,9	7,0

Primerjava stopnje prizadetosti objektov, ugotovljene, kot je navedeno v 2.odstavku točke 52., s poprečno velikostjo krošnje, nam omogoča naslednja spoznanja:

a) Na objektu, kjer je bila regresija najblažja, imajo jelke poprečno skoraj najmanjšo krošnjo, trije objekti pa imajo manjše krošnje kot sestoj, ki je bil najbolj prizadet, med njimi je tudi objekt, ki je bil najmanj oslabljen. Razen tega pa je velikost poprečne krošnje iz tega "najboljšega" sestoja za 31 % pod poprečjem vseh objektov. Ne obstoji torej nikakršna korelacija med velikostjo srednje projekcije krošnje in med stopnjo prizadetosti sestoja.

b) Objektu, ki je bil najmanj prizadet, ne pripada največji pa tudi ne najmanjši kvocient krošnje, ampak drugi po velikosti in ga 4 sestoji prekažajo, med njimi tudi najslabši, hkrati pa leži pod poprečjem.

c) Kvocient krošnje v sestoju, kjer je proces odmiranja najintenzivneje napredoval, ni ekstremen, ampak so trije objekti glede na ta nakazovalec boljši, dva pa slabša, med njimi tudi najmanj oslabljeni sestoj.

č) Srednje projekcije krošenj so za smreko manjše od jelovih. (Izjema je le objekt 65, ki pa ga ne kaže enakovredno upoštevati, ker izračunana vrednost sloni le na 4 smrekah, ki so vse predominantne).

Odnos stopnje prizadetosti in sestojnega sklepa sem upošteval že pri točki 521. Analiza prekrovnosti krošenj pa je pokazala, da se od skupne ploščine horizontalnih projekcij krošenj

prekriva od 0,35 do 4,35 °/oo. Največja prekrivnost pripada objektoma, ki sta najmanj prizadeta, najmanjša pa sestojema, ki najbolj propadata. Za d-ruge objekte pa takšen odnos ni dosleden in je signifikantnost vseh 6 primerov v celoti le šibko utemeljena.

Razen primerjave poprečnih vrednosti za sestoje kot celote sem razčlenil tudi vsak objekt glede na odnos med velikostjo krošnje in stopnjo njene prizadetosti. Analiza je dala vrednosti, kot so za poprečje vseh objektov navedene v razpredelnici.

Stopnja prizadetosti	1	2	3	4	5
Velikost krošnje (m ²)	10,5	11,8	10,9	9,2	5,0

Primerjava teh poprečnih vrednosti omogoča naslednje ugotovitve in iz njih izvirajoče sklepe :

d) Opazno je stopnjevanje prizadetosti z upadanjem velikosti projekcije krošnje. Vendar pa ta odvisnost ni dosledna, kajti na videz zdrave krošnje niso največje, ampak so manjše od tistih v 2. in 3. stopnji prizadetosti, vendar pa se krošnje med skrajnima stopnjema razlikujejo za 110 %. Poprečno največje krošnje kažejo 2. stopnjo prizadetosti. Jelkam, ki so bile uvrščene v srednje 3. stopnje (2., 3. in 4.), pripada poprečno 11,3 m² velika projekcija krošnje, torej večja od poprečne projekcije na videz zdravih osebkov. Začetni stadij propadanja jelke torej ni odvisen od velikosti krošenj, pač pa je napredovanje procesa tem intenzivnejše, čim manjše so jelove krošnje.

e) Na nekaterih objektih se poprečni velikosti krošenj med začetnim in končnim stadijem propadanja zelo razlikujeta in v skrajnem primeru (objekt 65) znaša razlika do 888 %, vendar pa se le-ta drugače giblje med 25 in 60 %. Toda v sestoji, ki je bil zelo prizadet (202), sploh ni nikakršne razlike med poprečno velikostjo krošenj na videz zdravih jelk in tistih, ki so že popolnoma propadle. Razsežnost krošnje je torej v primeru konkretnega sestoja zelo nezanesljivo in nedosledno povezana s stopnjo intenzivnosti pešanja jelke, zato ugotovitev iz prejšnje točke velja le za poprečje raznovrstnih prizadetih sestojev in le za določene primere, bolj za takšne s poprečno sploh širšimi jelovimi krošnjami.

533. Podatki o pojavu adventivnih vej so bili zbrani po določenih metodike (točka 411), in so bili analizirani po debelinskih razredih in stopnjah oslabeledosti, in sicer glede na število prizadetih osebkov kot tudi glede razširjenosti tega pojava po deblu. Odstotni deleži osebkov z adventivnimi vejami po 10-centi-

metrskih debelinskih razredih v poprečju za vse objekte so zbrani v razpredelnici. Hkrati je tam prikazana tudi poprečna stopnja te napake, ki je vrednotena glede na relativno razširjenost adventivnih vej na deblu od 0 (brez njih) do 3 (poraščenost nad 1/2 drevesne dolžine).

Debelinski razred	10-20	20-30	30-40	40-50	nad 50
Delež obraslih jelk (%)	75,6	76,7	58,0	50,4	44,2
Poprečna obraslost	1,94	1,79	1,64	1,54	1,83

Na podlagi takšne razčlenitve so mogoče naslednje ugotovitve in dopustni na njih oprti sklepi :

a) Pojav adventivnih vej je registriran na 66,3 % vseh jelk in je torej res tipičen simptom obravnavanega propadanja jelke (32). Relativni delež tako obraslih jelk upada s stopnjevano debelino, vendar pa so najtanjše jelke izjema, ker je med njimi celo nekoliko manj osebkov z adventivnimi vejami kot v naslednjem razredu. V zvezi s to odvisnostjo adventivnih vej od debeline drevja, je med jelkami, ki so debelejšje od 50 cm, za 45 % manj obraslih kot v razredu od 20 do 30 cm.

b) Pojav adventivnih vej je v raznih sestojih različno razširjen in se giblje v intervalu od 47,3 % do 76,6 %. Stopnja uveljavljanja obraslosti je v blagem sorazmerju z intenzivnostjo procesa propadanja jelke, kajti najmanjše število obraslih osebkov, ki ga spremlja tudi najmanjša relativna razširjenost po deblu, je bilo ugotovljeno v sestoji (204), ki je v zaporedju prizadetosti šele tretji, najbolj prizadeti objekt (205) pa ima le neznatno več obraslih jelk od poprečja za vse sestoje. Vendar pa objekti, ki po procesu hiranja jelk niso ekstremni, potrjujejo povezanost nastanka adventivnih vej z napredovanjem procesa hiranja, čeprav odvisnost statistično ni utemeljena.

c) Primerjava relativnega deleža obraslih jelk z rastiščnimi razmerami obravnavanih objektov ni mogla odkriti nikakršne odvisnosti, ne od reliefnih razmer, ne od kakovosti tal (tudi ne od kapacitete za vodo), ne od sestojnih razmer (tudi od sklepa ne).

č) Tudi poprečna obraslost debla z debelino upada, vendar pa so najdebelejše jelke izjema, ker niso najmanj obrasle, ampak le nekoliko zaostajajo za najtanjšimi. Razširjenost adventivnih vej po deblu je v obravnavanih sestojih zelo različna in se giblje od 1,18 do 2,49 ter je v zelo ohlapnem odnosu s stopnjo prizadetosti, kajti v objektu, ki je najbolj oslabiljen, je razširjenost sicer največja, vendar pa je skoraj največja tudi v najmanj prizadetem sestoji. Odvisnost relativne obraslosti debla z adventivnimi vejami od stopnje prizadetosti sestoja je le rahlo

izražena in statistično ni utemeljena, vendar pa nakazuje v splošnem vtis precej doslednega odnosa.

d) Primerjava poprečne stopnje obraslosti debel z rastiščnimi okolnostmi ni odkrila nikakršne odvisnosti od reliefnih razmer, pač pa je pokazala skoraj dosleden odnos do splošne kakovosti tal, s tem da je bila stopnja poraščenosti debela z adventivnimi vejami tem večja, čim boljša so bila tla. Ta odvisnost je bila pogojena zlasti s poroznostjo tal in njihovo kapaciteto za vodo.

Analiza podatkov o pojavu in razširjenosti adventivnih vej glede na njihovo udeležbo po stopnjah prizadetosti vseh objektov je omogočila izdelavo naslednje tabele.

Stopnja prizadetosti	1	2	3	4	5
Delež obraslih jelk (%)	62,4	68,1	70,5	70,2	16,9
Poprečna obraslost	1,70	1,79	1,78	2,06	2,18

Takšna razčlenitev je pripeljala do naslednjih spoznanj in iz njih izvirajočih sklepov :

e) Relativni delež z adventivnimi vejami obraslih osebkov ni dosledno sorazmeren z intenzivnostjo pešanja jelk. Ta pojav je najbolj razširjen na 3. stopnji prizadetosti, in sicer za 45,5 % pogosteje kot na skrajno oslabeledih jelkah. Delež obraslih jelk od prve do tretje stopnje prizadetosti narašča, z nadaljnjim pešanjem pa upada.

f) Poprečna obraslost debel z adventivnimi vejami je odvisna od napredovanja procesa pešanja jelk, čim bolj so le-te - sodeč po tipičnih zunanjih znakih - oslabelede, tem bolj so adventivne veje razširjene po pripadajočih deblih. Ta medsebojna odvisnost je pri tveganju 25 % statistično utemeljena za $t = 1,533$, torej le šibko.

*

Kot je dognano (13, 60), je eden pglavitnih simptomov obravnavanega tipičnega odmiranja jelke razredčena krošnja, ki postopoma izgublja vedno več iglic. S tem se občutno zmanjšuje asimilacijska gmota. Jelka skuša to deficitarnost navadno kompenzirati s tvorbo t.i. sekundarne krošnje, zgrajene iz adventivnih vej. Obravnavano raziskovanje je pokazalo, da je ta reaktivna sposobnost odvisna od debeline, torej tudi od starosti jelke in z njunim stopnjevanjem upada tako glede na število obraslih osebkov kot tudi glede na stopnjo njihove obraslosti. Na podlagi izsledkov tega raziskovanja pa je dopustna tudi ugotovitev, da naj-

več jelk uveljavi takšno reakcijo šele v tretji stopnji prizadetosti, medtem ko se na tistih jelkah, ki so se obrasle, t.i. sekundarna krošnja podaljšuje skozi vse stopnje odmiranja. Spoznanje, da je v srednji prizadetostni stopnji največ jelk obraslih z adventivnimi vejami, bi mogli razložiti z domnevo, da adventivne veje zavirajo prehod jelk v slabšo stopnjo, t.j. da si drevje zaradi "sekundarne krošnje" toliko opomore, da lahko dalj časa vztraja v dotedanji kakovostni stošnji. Potrdilo za takšno pojasnilo je tudi v dejstvu, da v srednjo prizadetostno stopnjo pada ob koncu opazovalne dobe največ osebkov, t.j. za 50,7 % več kot jih je poprečno v zadnjih dveh vitalnostnih stopnjah.

534. Glede na stališča, obravnavana v točki 31, ki propadanje jelke vzročno povezujejo s pojavom omele, je bila na obravnavanih jelovih sestojih ugotavljana tudi stopnja razširjenosti tega hemiparazita (točka 411), da bi mogli tako presoditi vpliv tega dejavnika na tipično propadanje jelke.

Podatki o številu osebkov, na katerih se je naselila omela, analizirani glede na debelino jelk, so zbrani v razpredelnici.

Debelinski razred	10-20	20-30	30-40	40-50	nad 50 cm
Delež okuženih jelk (%)	0,5	10,0	15,5	15,9	26,3

Ustrezno vrednotenje teh podatkov dopušča naslednje ugotovitve in sklepe :

a) V obravnavanih sestojih se je omela naselila in razvila poprečno na 11,8 % jelk. Čim debelejša je drevje, tem več je med njim okuženih osebkov, tako da je med jelkami, ki so debelejša od 50 cm, več kot vsaka četrta nosilka omele. Ta odvisnost je dosledna in statistično trdno utemeljena.

b) V obravnavanih sestojih je omela udeležena zelo različno. V dveh objektih je sploh ni (18 in 207), medtem ko se delež okuženih dreves v drugih sestojih giblje od 0,9 do 33,3 %. Objekta brez omele sta si glede naslednjih značilnosti zelo blizu in se z njimi razlikujeta od drugih obravnavanih sestojev: pripada jima najvišja in sončna lega, imata najboljša tla, medtem ko sta si po sestojnih razmerah zelo narazen, vendar pa sta oba najmanj prizadeta z odmiranjem jelke. Objekta z največ omele ležita na najplitvejših tleh z dovolj kalcija, fosfora in dušika, vendar pa jima primanjkuje kalija. Glede na reliefne in sestojne razmere sta si zelo različna. Na objektu, ki je glede razširjenosti omele drugi, je proces propadanja jelke najintenzivnejši. Vendar pa omenjeni odnosi za objekte, ki imajo glede razširjenosti omele vmesni položaj, niso dosledni in zato zavisnost za celoto ni signi-

fikantna. To velja prav tako tudi glede razmerja med razširjenostjo omele in med stopnjo oslabelosti prizadetega sestoja.

Pojav in razširjenost omele, razčlenjen glede na stopnje propadanja jelke, je predločen v razpredelnici.

Stopnja prizadetosti	1	2	3	4	5
Delež okuženih jelk (%)	2,6	10,8	23,5	15,4	6,2

S primerjavo ugotovljenih deležev smo prišli do naslednjih spoznanj in sklepov :

c) Število osebkov z omele se s stopnjevanim pešanjem jelke veča, toda le do 3. prizadetostne stopnje, z nadaljnjim slabljenjem jelke pa se zmanjšuje. Ta pojav je mogoče razložiti z domnevo, da zelo opešane jelke ne nudijo omeli dovolj ugodnih pogojev za uspešen razvoj.

*

Iz navedenih ugotovitev sledi, da omela ni primarni povzročitelj tipičnega propadanja jelke, pač pa pospešuje njeno pešanje, in to tem bolj, čim debelejša je drevje. Dejstvo, da visoka lega onemogoča pojav tega polzajedavca, je pogojeno z znanimi biološkimi značilnostmi omele. Ekološki činitelji, ki zavirajo proces propadanja jelke, tudi niso ugodni za pojav in širjenje omele, zlasti je pomembna globina tal. S stopnjevanim pešanjem jelke napreduje tudi udeležba omele, vendar pa je njena prisotnost pri močni oslavitvi gostiteljice reducirana, ker verjetno na njej ne najde več za svoj razvoj potrebnih razmer.

535. Med raznovrstnimi činitelji, ki se omenjajo v zvezi s tipičnim propadanjem jelke, je tudi rak (točka 31). Zato je bila na obravnavanih objektih ugotavljana tudi razširjenost te bolezni, da bi mogli nato presoditi vlogo tega pojava kot vzroka ali kot posledico obravnavane regresije jelke.

Iz podatkov o številu z rakom okuženih osebkov so bili izračunani njihovi deleži po debelinskih razredih, kot so zbrani v naslednji razpredelnici.

Debelinski razred	10-20	20-30	30-40	40-50	nad 50 cm
Delež bolanih (%)	3,98	4,11	15,64	18,21	12,63

Primerjalna razčlenitev omogoča naslednje ugotovitve in sklepe, ki iz njih izvirajo :

a) Ob upoštevanju vseh 8 objektov je v njih 9,6 % jelk okuženih z rakom. Relativni delež rakastih jelk raste z debelino drevja, tako da je med najdebelejšimi jelkami več kot trikrat toliko okuženih osebkov kot med najtanjšimi.

b) Rak je v raznih sestojih različno razširjen. V enem ga sploh ni (65), v drugih pa se njegov delež giblje od 2,0 do 26,2 %.

c) Objekt, ki je brez raka, je skoraj najintenzivneje prizadet s procesom odmiranja jelke, druga dva, ki mu sledita po okuženosti, pa sta najmanj oslABLJENA. Sestoja z največjim deležem rakastih dreves pa sodita med tisto polovico objektov, ki uveljavljajo le blažje pešanje. Sestoj, kjer je bilo propadanje jelke najintenzivnejše, ima manj okuženih jelk, kot je povprečje za vse obravnavane objekte. Ni bilo torej mogoče odkriti nikakršne zveze med stopnjo propadanja posameznih objektov in pripadajočim deležem bolnih osebkov.

č) Med reliefnimi razmerami in stopnjo rakavosti ni nikakršnega odnosa, pač pa je za najbolj okužena objekta značilno, da jima pripadajo najmanj porozna tla z največ gline. Za druge talne kot tudi za sestojne razmere ni bilo mogoče zaslediti nikakršne povezave s stopnjo okuženosti.

Analiza podatkov o razširjenosti raka glede na stopnjo pešanja vseh objektov je pokazala odnose, prikazane v tabeli.

Stopnja prizadetosti	1	2	3	4	5
Rakaste jelke (%)	7,6	10,4	10,5	10,6	7,7

S pomočjo te razčlenitve so mogoče naslednje ugotovitve in iz njih izvirajoči sklepi :

d) Relativni delež okuženih osebkov se sicer z intenzivnim pešanjem stopnjuje, vendar pa so razlike le majhne, razen tega pa so tudi glede na skrajno oslABLJENE jelke nedosledne, saj so deleži bolnih osebkov v treh srednjih stopnjah prizadetosti skoraj enaki. Zavisnost razširjenosti raka in obravnavanega pešanja jelke statistično ni utemeljena.

*

Navedena spoznanja dopuščajo sklep, da rak ni primarni vzrok tipičnega propadanja jelke in da razen tega njegova prisotnost le blago vpliva na potek obravnavanega procesa. Dejstvo, da se okužba sicer stopnjuje z debelino drevja, vendar le do debeline ok. 50 cm, nakar zopet nekoliko upada, ne potrjuje domneve, da je okužba z rakom pogojena z naravnim fizio-

loškimi staranjem jelke.

6. Upadanje prirastka

Ugotovitve o vplivu tipičnega propadanja jelke na njen prirastek so vsebovane že v mojem prvem poročilu (13), in sicer tako za evropski prostor kot tudi za naše razmere. Od novih opažanj zasluži posebno pozornost ugotovitev Šafarja, da na jelkah, ki se na Maclju sušijo, prirastek opazno upada (83) in Androiča ter Klepca (2), da se je v Gorskem kotarju prirastek zmanjšal na eno šestino.

Za proučitev vprašanja, v kakšnem medsebojnem odnosu sta si pojav tipičnega pešanja jelke in pripadajoči ji prirastek, so bile opravljene dendrometrijske analize 3 serij dreves, posekanih in obravnavanih, kot je opisano v točki 412. Ker sta si objekta 202 in 203 po svoji topografski legi, po reliefnih, talnih in deloma tudi sestojnih razmerah zelo podobna, so podatki obravnavani ne le za vsako serijo posebej, ampak tudi komulativno za vse 3 sečnje. Orientacijska primerjava širine branik je pokazala, da se le-te v večini primerov (57 %) nenadoma zožijo, ne da bi bila pred tem opazna postopna utesnitev letnic. Mejo med skokovito zožitvijo in "normalnimi" branikami je mogoče določiti na prvi pogled. Tej markantni meji sem posvetil posebno pozornost in dobo, ki ji je sledila, imam za kritično ter jo v nadaljnjem obravnavanju označujem s simbolom "k", ki izraža širino perifernega dela kolobarja z nenadoma zoženimi branikami oziroma število temu pasu pripadajočih letnic.

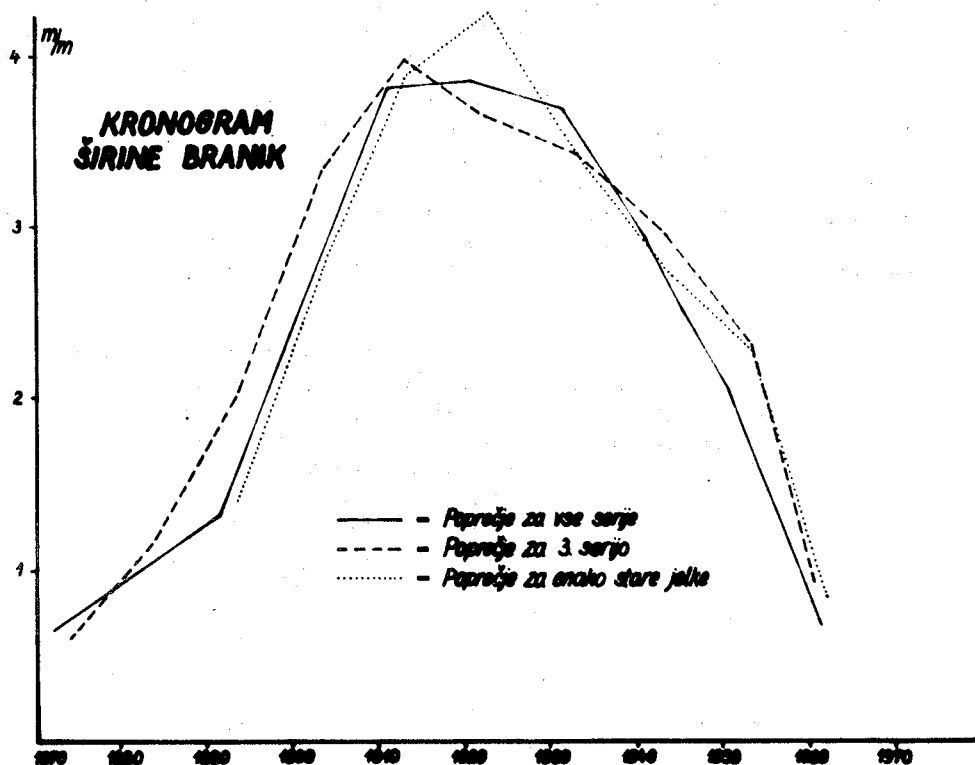
61. Z analizo širine branik so bile ugotovljene poprečne debelne vrednosti za čas po zožitvi in za posamezna desetletja pred njo (v mm), kot so zbrane v razpredelnici, kjer I+II-k pomeni obdobje med zadnjim 20-letjem in med začetkom nenadne zožitve.

Obdobje	k	I+II-k	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1. serija	0,73	2,01	3,01	3,87	4,31	3,98	2,09	0,94	0,66	0,68
2. serija	0,55	1,63	2,95	3,75	3,64	3,50	2,25	1,02	0,86	1,05
3. serija	0,76	2,31	2,94	3,38	3,59	3,96	3,33	2,01	1,10	0,58

Podatki ponazarjajo potencirano upadanje širine letnic v zadnjih dveh desetletjih, zlasti pa še njihovo markantno zožitev v kritičnem obdobju (k), ki je pri prvi seriji trajalo poprečno za vse osebke in za vse obravnavane nivoje na deblih 6,3 (od 2 do 8) let, v 2. seriji 7,3 (od 5 do 10) let in v 3. seriji 4,9 (od 0 do 11 let). Obravnavane 3 serije se glede poprečnega trajanja

kritičnega obdobja (k) razlikujejo med seboj, ker vsebujejo material, v katerem so neenaki deleži različno vitalnih osebkov.

Ker se poprečne starosti treh serij bistveno ne razlikujejo (1. serija obsega jelke, stare od 48 do 106 let s poprečjem 78 let, 2. serija od 58 do 103 s poprečjem 76 let, tretja pa od 69 do 97 s poprečjem 80 let), sem poskusno izdelal kronogram širine branik za njihovo skupno poprečje, t. j. s pomočjo podatkov za poprečne debelne branike.



Iz diagrama je razvidno, da se po letu 1940 upadanje prirastka stopnjuje, čeprav je bilo pred njim upoštevano obdobje daljše od 10 let in torej deluje blažilno na upadanje prirastne črte. Na diagramu je predočen tudi potek poprečnih letnih prirastkov v obdobju "k" in v prejšnjih decenijah za jelke iz 3. serije. Strmo upadanje širine branik je neenako po letu 1955 in je v tem primeru še očitnejše, kot ga je pokazalo poprečje za 3. serijo, razen

tega pa je utesnitev letnic potencirana tudi že v desetletju 1940-1950. Ker gre v obeh primerih za kumulativno različno starih osebkov, ki pri normalnem razvoju v skupnem koledarskem obdobju različno priraščajo, omenjeni predočbi v diagramu ne kažejo prečiščenih vrednosti in imata le orientacijski pomen. Zato so v diagramu razen tega prikazane še branike za raziskano skupino enakoh starih jelk (77 let) iz 3. serije, upoštevajoč debelno poprečje. V tem primeru je skrajno strmo upadanje širine branik še močnejše poudarjeno, začeni nekako pri letu 1955.

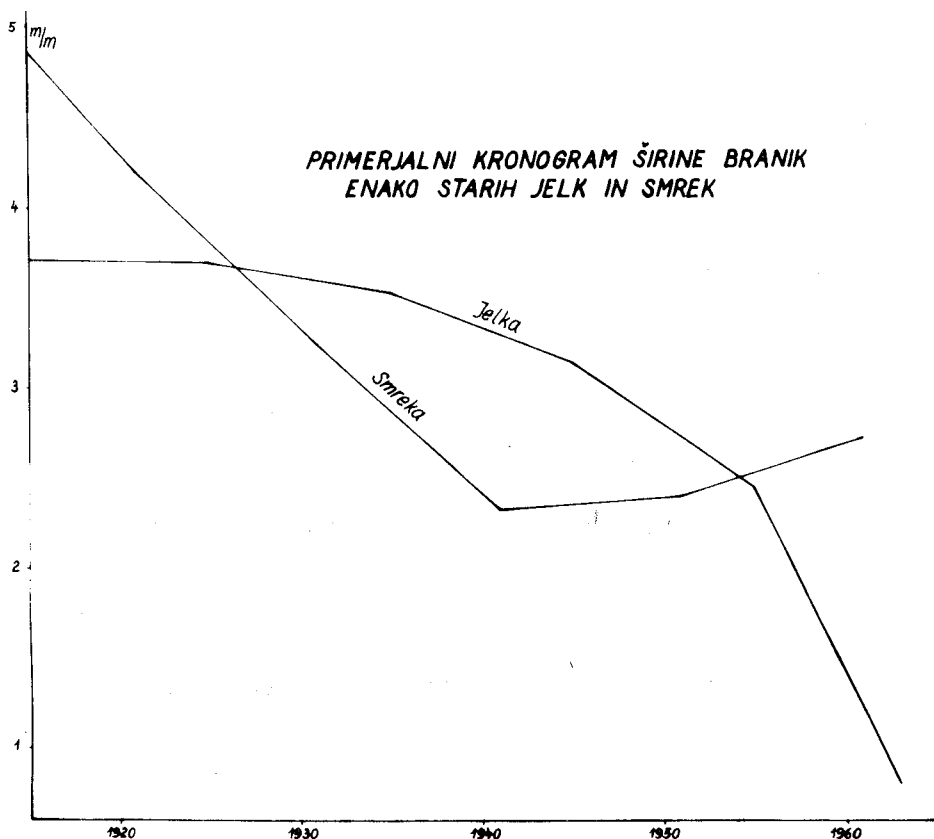
Obravnavana analiza je torej deloma potrdila moja prvotna opažanja (13), da je utesnitev branik začela med 1940. in 1946. letom, razen tega pa je pokazala, da se je zožitev izredno stopnjevala v zadnjih 6 do 9 letih.

Primerjava branik med desetletji kakor tudi med zadnjim decenijem in med kritičnim obdobjem je pokazala, da je zoževanje napredovalo za naslednje odstotne vrednosti: 1,3, 14,5, 16,0, 10,3 in 22,4 %, medtem ko se je zožitev v kritičnem obdobju (k) uveljavila z 68,3 % in s tem več kot za trikrat prekaša utesnitev branik v prejšnjem (I) deceniju in za petkrat presega poprečno zožitev v stičnem 50-letnem kolobarju.

611. Za primerjavo širine branik med jelko in smreko je bila izvršena debelna analiza dveh skupin približno enako starih dreves teh dveh vrst iz serije 3. istega sestoja (202). Ugotovljeno je, da medtem ko jelka uveljavlja progresivno zoževanje branik, ki je v kritični dobi izredno poudarjeno, smreka le do predzadnjega desetletja utesnjuje svoje letnice, nato pa jih v zadnjih 20 letih proti pričakovanju širi. Poprečna širina jelovih branik se razlikuje med zadnjimi 6 deceniji - začeni od najstarejšega pa do tistega pred sečnjo - za naslednje relativne deleže: -1,0, -4,3, -11,1, -22,0, -67,2 %. Poprečne smrekove letnice za enako zaporedje istih desetletij pa se razlikujejo takole: -23,2, -22,7, -28,5, +12,1, +13,4 %.

Iz diagrama je nazorno razviden zanimiv pojav, da se nenormalno poudarjeno zoževanje jelovih branik sinhrono ujema z nenormalnim širjenjem smrekovih letnic, ki so se dotlej zelo enakomerno zoževale. Časovni položaj markantnih prelomnic za obe primerjani drevesni vrsti približno sovpada, in sicer okrog leta 1940.

Glede na okolnost, da so bile talne in druge ekološke razmere za obe drevesni vrsti enake - izvzemši morebitnih ključnih nadrobnih rastiščnih razlik -, bi mogli iskati razlago za ta svojevrstni odnos v domnevi, da jelke v zvezi s svojim odmiranjem prepuščajo sosednjim smrekam več prostora v zraku in

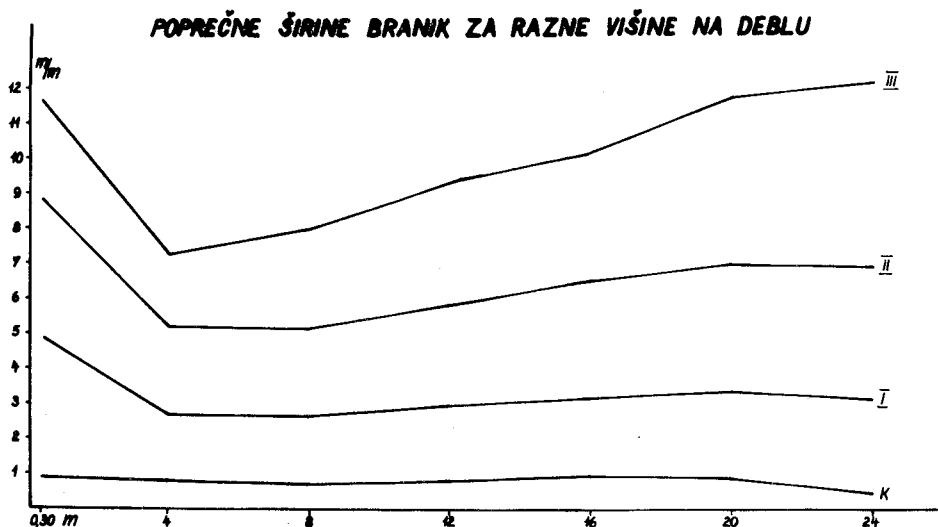


v tleh in da je bil zato zadnje čase položaj obravnavanih smrek izboljššan. Preudarek situacije prizadetih smrek pred sečnjo pa omogoča naslednje ugotovitve: 1. Prvi vidni znaki pešanja jelke so bili opazni v obravnavanem objektu komaj 10 let pred sečnjo raziskovanih dreves, torej najmanj 10 let potem, ko je smreka svoj normalno upadajoči debelinski prirastek preusmerila v povečani. 2. Večina analiziranih smrek je sicer rasla med jelkami, vendar pa tudi tisti osebki, ki so jih obdajale le smreke in zato njihov razpoložljivi prostor ni bil pod vplivom hirajočih jelk, uveljavljajo v zadnjih dveh decenijah takšen debelinski prirastek, ki se dosledno ujema z navedenimi nenormalno povečanimi poprečki, ugotovljenimi za vso obravnavano smrekovo skupino. 3. Večina upoštevanih smrek (60%) je imela ob času sečnje in najmanj še 20 let prej tako sproščene krošnje, da je bilo krog njih še najmanj toliko prostega prostora, kolikor je znašal polmer njihovih krošenj. 4. Za osebke, ki so bili bolj ali manj utesnjeni, se prirastek ujema z navedenimi poprečki za vso smrekovo skupino. 5. Ugotovljeni nenormalno povečani skupinsko po-

prečni debelinski prirastek smrek je dosleden v 80 % primerih.

Glede na opisane situacijske razmere torej v našem primeru položaju obravnavanih smrek ni mogoče prisoditi odločilne vloge za očitno razhajanje debelinskih prirastkov med smreko in jelko. Potrebno pa bi bilo razširiti takšno primerjavo na večje število posebno izbranih dreves. Če bodo tudi v tem primeru potrjeni navedeni izsledki, bo mogoče trdneje utemeljiti razlago, ki se vsiljuje v našem primeru, t.j. da je propadanje jelke pogojeno s činitelji, ki zavirajo njen debelinski prirastek, hkrati pa pospešujejo prirastek smreke.

612. V zvezi z že objavljenim spoznanjem (13) o odvisnosti upadanja širine branik od višinske lege na deblu je bila izvršena takšna ustrezna analiza za poprečje vseh jelk 3. serije. Na diagramu so predočene širine branik na raznih višinah vzdolž debla, in sicer kot poprečja za razdobje "k" in za prejšnja tri desetletja.



Poprečna širina markantno zoženih letnic s stopnjevano višino na deblu variira, vendar pa očitno izraža tendenco upadanja, toda na višini 16 m se zopet izenači z vrednostjo na panju, nato pa nad 20 m zopet naglo upada, tako da je pri 24, m za 43,7 % manjša kot na panju.

Potek črte, ki ponazarja poprečne branike v desetletju pred markantno zožitvijo letnic (I), je skladen z variiranjem vrednosti za "k", hkrati pa tudi na višini 20 m začne upadati in se torej ne ravna po znani zakonitosti rasti, po kateri branike na deblu od določenega nivoja proti vrhu dosledno naraščajo (13). Gre torej za nenormalnost, ki se torej ne uveljavlja samo v kolo-barju markantno zoženih letnic, ampak tudi v desetletju pred njim (I), medtem ko je ta pojav v predzadnjem desetletju (II) izražen blaže, t.j. z branikami, ki stagnirajo. V predzadnjem desetletju (III) pa se širina branik do skrajne višine na deblu dosledno stopnjuje, kot je normalno ob upoštevanju omenjene zakonitosti. Branike, izračunane kot poprečne skupno za II. in III. decenij, se razlikujejo od letnic v I. desetletju - prvim v prid - stopnjevano z višino na deblu začeni pri nivoju 2,75 m po 4-metrskih sekcijah za naslednje deleže: 12,1 27,6 36,4 35,7, 40,4 in 40,1 %. Podobno stopnjevanje sem ugotovil tudi za razlike med letnicami v I. desetletju in med obdobjem markantne zožitve, vendar pa so do višine 12 m te razlike konstantne (58,4 %), šele višje se stopnjujejo, in to tako naglo, da pri nivoju 24 m dosežejo 81,8 %.

Markantna zožitev letnic, ki v obravnavanem primeru pada v obdobje 1959-1967, se torej ni pojavila nenadoma, t.j. neposredno iz normalne rasti, marveč pomeni le skrajno potenciranje utesnitve, ki se je blaže uveljavljala že v desetletju 1950-1960, pa tudi le-ta je bila napovedana z nenormalno stagnacijo branik že v deceniju 1940-1950. Poprečno izhodišče propadanja jelke, presojano po širini letnic, leži torej odmaknjeno vsaj za 20 let v preteklost.

V primerjavi s prejšnjim desetletjem je markantna zožitev branik najintenzivnejša na vrhu debla, najblažja pa na višini ok. 8 m, od tam pa se dosledno stopnjuje proti vrhu. Analogna utesnitev letnic - samo z občutno manjšim deležem - je opazna tudi pri primerjavi II. decenija s I. in III. z II., toda zožitev letnic ob primerjavi IV. s III. desetletjem ter V. s IV. decenijem z višjo lego na deblu upada.

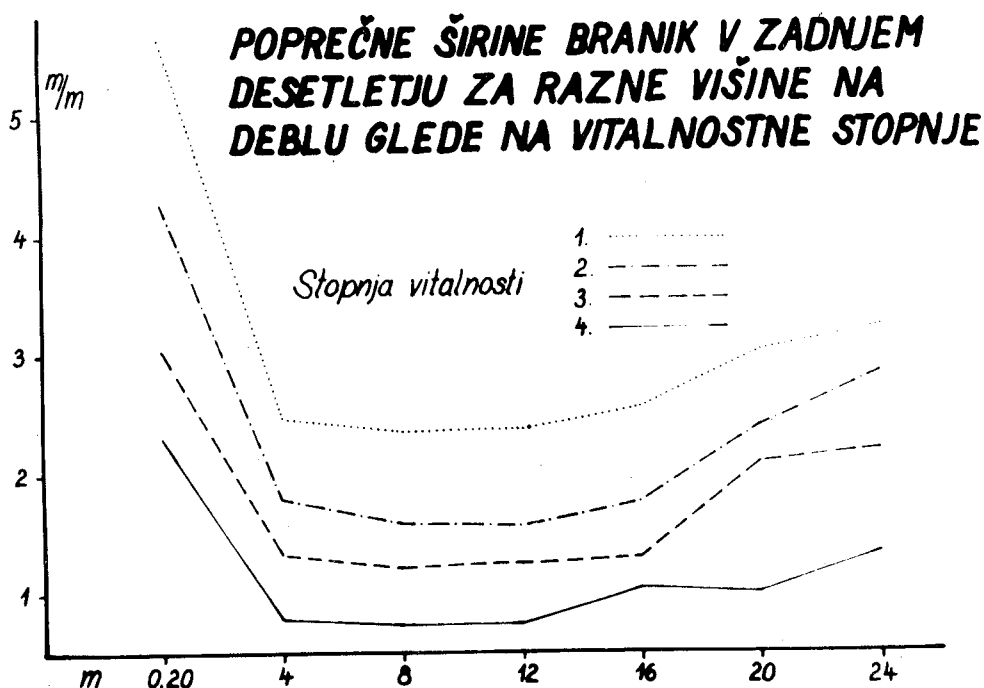
Število let, odkar se je pojavila markantna zožitev branik, je vzdolž debla različno. Najprej je bilo prizadeto deblo v višinskem pasu med 8. in 12.m (pred 9 leti), nivoja, ki ležita 4 m nad in pod omenjeno zono, sta prišla na vrsto eno leto pozneje, markantna zožitev letnic na panju se je pojavila še pozneje kot v omenjeni zoni, na višini 20 m 5 let pozneje in 24 m visoko 6 let pozneje in traja torej šele 3 leta. (Pri tej primerjavi so upoštevani le osebki z markantno zožitvijo branik.)

Ob upoštevanju relativne višine na deblu je markantno zoževanje začelo v pasu med 29 % in 44 % drevesne višine in

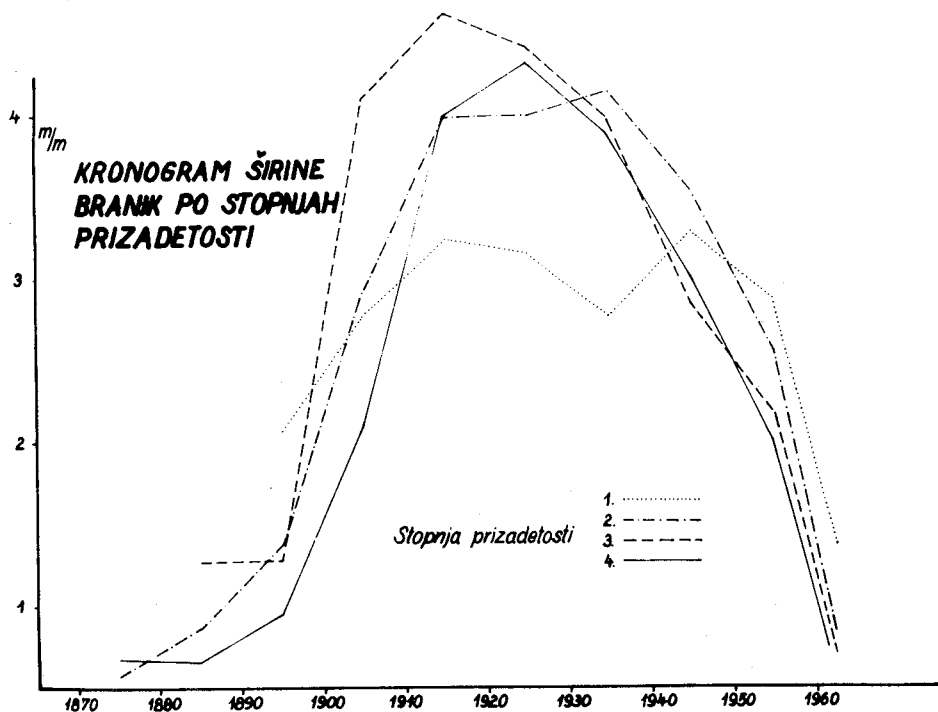
se je nato od tam širilo navzdol in navzgor po deblu, vendar pa proti panju za 13,7 % hitreje kot proti vrhu.

Navedeni izsledki primerjalne vertikalne analize branik opozarjajo, da obravnavano propadanje jelke spremlja pojav zmanjšanega debelinskega prirastka, ki je posledica reduciranega descendentnega transporta asimilatov, ki se najprej uveljavlja v višinskem pasu, širokem 15 % dolžine debla, in ki leži približno med 1/3 in 1/2 drevesne višine. Te ugotovitve ni mogoče pojasniti z odmiranjem krošnje, ker ta proces pri obravnavanem tipičnem propadanju jelke napreduje od osnove proti vrhu. Prav tako teh izsledkov za sedaj še ni mogoče povezovati z nastankom in širjenjem "sekundarne krošnje". Opisani časovni potek in stopnjevanje utesnitve branik je pač svojevrstna reakcija ogroženega organizma na kompleksno pogojene fiziološke nenormalnosti, povzročene z določenimi kritičnimi ekološkimi spremembami.

613. Podatke iz analize branik sem razčlenil tudi glede na prizadetostne stopnje, in sicer za poprečne vrednosti v zadnjem desetletju, kot so predočene v diagramu za razne višine na jelovih deblih iz 3. serije. Povezava med širino branik in stopnjo vitalnosti je očitna.



Nadalje je izdelan kronogram širine letnic, in sicer za osebke, ki so na videz zdravi (1. stopnja) in za jelke iz naslednjih 3 stopenj iz 3. serije ter za zadnjo stopnjo prizadetosti iz 1. serije. Iz diagrama je jasno razvidno, da za vse stopnje vitalnosti rapidna zožitev branik časovno približno sovpada in se za skrajne 3 stopnje skoraj enako zaostruje, medtem ko je utesnitev branik za 1. stopnjo blažja. Vkljub približno enakemu intenzivnemu zoževanju letnic pri jelkah v zadnjih 3 prizadetostnih stopnjah, pa je opazna njihova časovna premaknitev, ki ustreza kakovostnemu zaporedju prizadetosti. Iz te ugotovitve je mogoč sklep, da je vitalnost hirajočih jelk v vzročni ali pa posledični odvisnosti od prirastka in da naše opredeljevanje vitalnosti po zunanjih znakih (točka 411.) ustreza.



Nadalje je iz diagrama razvidno, da so jelke iz različnih stopenj prizadetosti več desetletij nazaj neenako priraščale in da obstoji določena povezava med intenzivnostjo nekdanjega prirastka in med stopnjo markantne utesnitve. Vendar pa ta odnos ni

pozitiven, ampak - česar ne bi pričakovali - negativen, t.j. na videz še zdrave jelke so nekako od leta 1905 pa do leta 1940 uveljavljale občutno manjši debelinski prirastek kot osebk, ki kažejo očitno znake propadanja.

Stopnja vitalnosti je za jelke iz 3. serije v določenem odnosu z zožitvijo branik v kritičnem obdobju "k", hkrati pa tudi z njegovim trajanjem, kot je to razvidno iz poprečnih debelnih vrednosti v razpredelnici.

Stopnja vitalnosti	1	2	3	4	5
Markantno zožene branike v primerjavi s prejšnjim desetletjem (%)	52,4	60,3	68,8	68,3	63,2
Trajanje kritične dobe (let)	1,9	3,1	6,7	7,9	7,8

Na jelkah, ki so manj prizadete, je trajal torej pojav markantne zožitve branik v poprečju praviloma krajši čas, razen tega pa je utesnitev blažja kot na osebk, ki so bolj prizadeti. Vendar pa ta ugotovitev velja le za poprečja vseh osebkov v vitalnostnih stopnjah, ne pa za sleherno posamezno jelko v ustrezni prizadetostni skupini posebej. Kajti največ primerov, da na vsem deblu ni opazen pojav markantne zožitve branik, pada sicer v 1. vitalnostni razred, vendar pa smo našli tudi v naslednjih stopnjah jelke, na katerih po vsem deblu ni bilo markantne zožitve ali pa je izostala le na nekaterih nivojih. V razpredelnici so navedeni deleži nivojev debla, ki nimajo markantno zoženih letnic (za 3. serijo).

Stopnja vitalnosti	1	2	3	4	5
Delež nivojev brez zožitve(%)	91,4	76,0	42,0	25,6	6,4

Podatki v tabeli, zlasti pa dejstvo, da je npr. v zadnjih dveh, skrajno prizadetih skupinah 12,8 % nivojev, na katerih ni opazna skokovita utesnitev branik, kažejo, da odnos med stopnjo opešanosti in naglim zmanjšanjem prirastka velja le za poprečje, in to z doslednostjo 82,3 %.

Jelke iz zadnjih dveh vitalnostnih stopenj, na katerih ni opazna nenadna zožitev letnic, pripadajo zelo različnim starostnim in debelinskim razredom ter jim tudi glede velikosti krošnje, prisotnosti adventivnih vej, omele in raka ne pripadajo nikakršne skupne karakteristike.

Jelke, na katerih se po vsem deblu ni uveljavil pojav markantne zožitve branik, so v času sečnje pripadale vsem prvim

štirim stopnjam vitalnosti. Značilno za njih pa je, da so se vse v teku štiriletnega raziskovanja premaknile v vitalnostno slabši položaj, in sicer za 1/2 do 1 in 1/2 stopnje, poprečno pa natančno za 1 stopnjo, hkrati pa ne kažejo nikakršnih dendrometrijskih posebnosti ter glede poglavitnih takšnih karakteristik ležijo zelo blizu sestojnega poprečja, kot je razvidno iz razpredelnice.

	Sta= rost	Prsni pre= mer	Viši= na	Viši= na do kroš= nje	Povr= šina kroš= ,nje	Koefi= cijent kroš= nje Q
Nakazovalec						
Jelke brez markantne utesnitve branik	81,7	36,3	27,2	11,2	9,3	9,1
Sestojno poprečje	79,7	37,5	27,4	11,6	6,2	9,4

Osebki, ki jim je rapidna zožitev branik prizanesla, glede upoštevanih nakazovalcev zelo variirajo in jih ne povezuje nobena skupna značilnost. S svojimi poprečnimi vrednostmi pa se pomembneje razlikujejo od sestojnega poprečja le po velikosti krošnje, vendar pa je ta prednost dosledna le s 33 %. Zato je predpostavka, da so velike krošnje preprečevale naglo zožitev branik, le zelo ohlapno utemeljena in statistično ni signifikantna, ob upoštevanju koeficienta krošnje (Q) pa bi jo morali popolnoma zavreči.

Jelke, ki so na videz zdrave, vendar so bile vkljub temu na njih odkrite markantne zožitve letnic, ne kažejo nikakršnih skupnih značilnosti glede svoje debeline, starosti, velikosti krošnje, obraslosti z adventivnimi vejami ali pa morebitne okužbe.

Ob upoštevanju teh ugotovitev je upravičen sklep, da je rapidno upadanje prirastka praviloma sicer v vzročni ali posledični zvezi z obravnavanim propadanjem jelke, vendar pa na določenih manjšinskih osebkih ta dva pojava nista korelirana, bodisi ker zunanji znaki pešanja zaostajajo za upadanjem prirastka (13,7%), bodisi ker jih prehitevajo (4 %). Smemo torej predpostaviti, da v teh primerih gre ne le za vpliv nadrobnih talnih razlik in neenake razvojne preteklosti, ampak tudi za vlogo individualnih, dedno pogojenih zasnov, s katerimi je povezana različna ekološka valenca, odločilna za interakcijo prirastka in vitalnosti v kritični situaciji našega prizadetega jelovja.

62. Analiza ploščinskega prirastka je bila sprva opravljena glede na enotni presek na nivoju 4 m nad tlemi, da bi se tako izognili prirastnim nenormalnostim na panju, ki se z višino postopno izgublja. Primerjava podatkov za jelke iz 3. serije

je pokazala, da je znašal poprečni letni prirastek "temeljnic" (na višini 4 m) v kritičnem obdobju (k) le 1,17 %, v desetletju pred njim pa 2,91 %. Ploščinski prirastek je torej nenadoma upadel za več kot polovico. Analogna analiza debel iz 2. serije pa je pripeljala do ugotovitve, da je ploščinski prirastek v kritičnem obdobju znašal le 0,952 %, medtem ko je bil v prejšnjem desetletju 2,718 %, torej je rapidno upadel za 2/3 poprejšnjega. Izsledki obeh serij se razlikujejo zato, ker skupini vsebujeta neenake deleže različno prizadetih jelk. V prvem primeru je poprečna stopnja vitalnosti 3,2, v drugem pa 3,5, torej slabša. Talne razmere objektov, iz katerih izvira uporabljeni material, se sicer bistveno ne razlikujejo (202, 203), vendar pa je sestojna zgradba precej različna: v prvem primeru imamo opraviti z manjšo primesjo smreke in manjšo lesno zalogo ter redkejšim sklepom kot v drugem. Razen tega pa so jelke iz 1. serije poprečno za 9,7 cm debelejše kot v 2. seriji.

V izogib vplivu različne debeline obravnavanega materiala je bila nadalje izvršena primerjalna analiza temeljnic na 1,3 m za 3 skupine enako debelih jelk (38 dreves) z objekta 202. Tako je bilo ugotovljeno, da je znašal letni ploščinski prirastek jelk, debelih 22/23 cm v kritičnem obdobju 1,14 %, v prejšnjem desetletju pa 3,54 %, za jelke v debelinski stopnji 32/35 cm sta prirastka znašala 1,01 in 2,04 %, v debelinski stopnji 42/43 cm pa 1,93 in 3,91 %. Z rapidnim zmanjšanjem ploščinskega prirastka so bile torej relativno najbolj prizadete tanke jelke, nekoliko manj debelejše, najmanj pa debele. V prvem primeru je šlo vsako leto v izgubo zaradi nenadnega zmanjšanja prirastka 65,58 % dotedanega ploščinskega prirastka, v drugem 64,36 %, v tretjem pa 44,60 %.

621. Hektarski temeljnični prirastek v kritičnem obdobju, ki je bil ugotovljen za vse obravnavane objekte, zelo variira, kot je razvidno iz naslednje razpredelnice, prav tako pa tudi odstotek ploščinskega prirastka.

Objekt	18	65	202	203	204	205	206	207
Prirastek temeljnice za 1 ha na leto (dm ²)	21,7	34,6	31,1	32,6	13,2	26,6	43,4	90,5
Prirastni odstotek temeljnice (%)	0,33	1,64	2,14	1,27	1,04	0,92	2,47	2,31

S primerjavo ugotovljenih prirastnih vrednosti s popreč-

no stopnjo prizadetosti določenega sestoja (točka 52.) ni mogoče odkriti medsebojnega doslednega odnosa - niti glede absolutnih niti glede relativnih vrednosti. Poprečna redukcija temeljničnega prirastka na ha torej ni korelirana z intenzivnostjo propadanja jelke.

Objekta, ki jima je prirastek najblaže upadel, se glede reliefnih razmer, skrajno razlikujeta, glede talnih pa jima je skupna skrajna kislost in primerna preskrbljenost s kalcijem, fosforom in dušikom, medtem ko se glede sestojnih značilnosti zelo razlikujeta, izvzemši srednjo debelino drevja, ki ju družijo, ker pripadata najtanjšemu poprečju. Objekta, ki jima je šlo v kritični dobi največ temeljničnega prirastka v izgubo, si nista glede reliefnih razmer prav nič podobna, glede talnih pa ju družijo najgloblja tla in pomanjkanje kalcija ter fosfora. Ob upoštevanju sestojnih razmer je za oba značilen skrajno velik delež primešane smreke.

Ker leži v zaporedju prizadetosti raziskovalni objekt 18 med srednjimi in ker zanj razpolagamo ne le s podatki o vsakoletnih meritvah v raziskovalni dobi, ampak tudi s kontrolnimi meritvami za leta 1948, 1954, 1959 in 1963, je mogoča primerjava letnega prirastka temeljn-ice (v dm² na ha) med končnim kritičnim obdobjem in med 15-letno preteklostjo, kot je predočena v razpredelnici.

Obdobje	1948-1954	1954-1959	1959-1963	1963-1968
Prirastek temeljnice na leto (dm ²)	24,6	23,2	29,5	21,7
Prirastni odstotek temeljnice	1,050	0,958	1,190	0,330

Iz primerjave absolutnih vrednosti ni razvidno naglo upadanje temeljničnega prirastka, pač pa to dobro kaže prirastni odstotek, ki se je zaradi skokovite zožitve branik zmanjšal za 2/3 prejšnjega.

V zvezi z ugotovljeno pogojenostjo pešanja debelinskega prirastka s stopnjevanjem poprečne debeline drevja sem preizkusil njuno stopnjo odvisnosti in sem dognal, da je le-ta za absolutne razlike pri tveganju 0,1 % signifikantna za $t = 10,54$ ter jo je mogoče izraziti s funkcijo za linearno regresijo $y = 0,367 - 0,0128 (x - \bar{x})$ s poprečno napako $\pm 0,097$. Takšna odvisnost obstoji tudi za upadanje odstotka temeljničnega, in sicer je pri enakem tveganju signifikantna za $t = 10,14$. Ta

odnos je izražen z obrazcem $y = 1,515 - 0,075 (x - \bar{x}) z$ napako $+ 0,288$. Za vsako 1-centimetrsko debelinsko stopnjo se torej v kritični dobi letni prirastek temeljnice na ha zmanjša za 128 cm² oziroma prirastek temeljnice upade za 0,075 %. Primerjava poprečnih prirastnih vrednosti obravnavanih 8 objektov s podatki iz Schwappachovih prirastnih tabel za jelko, upoštevajoč naše srednje drevo, ki je imelo premer 33,5 cm in višino 26,1 m, pokaže, da leži poprečna boniteta med II in III. razredom, za katera je mogoče iz Schwappachovih podatkov izračunati, da prirastek temeljnice v jelovem sestoju, ki ustreza poprečku naših objektov, vsako leto pojema za 800 cm² oziroma za 1,44 %. Te vrednosti torej zelo presegajo tiste, ki smo jih ugotovili v našem primeru, zato upadanje prirastka v kritični dobi ni mogoče povezovati s tesnejšo odvisnostjo od debeline drevja, kot sicer velja za jelko z normalno vitalnostjo.

*

S pomočjo debelne analize posekanih jelk in vsakoletnih meritev vseh raziskovalnih objektov je bilo ugotovljeno nenormalno upadanje debelinskega prirastka v predzadnjih dveh desetletjih. Ta pojav se v zadnjem deceniju v večini primerov nenadoma izredno zaostruje in se uveljavlja z 68,3 % redukcijo dotodanje širine branik. Ta nenormalnost prizadeva deblo po vsej njegovi dolžini, vendar pa neenakomerno, najprej med 1/3 in 1/2 debela, najbolj pa na njegovem zgornjem delu, od koder proti panju upada do 1/3 drevesne višine, nakar se zopet stopnjuje. Takšna časovna in višinska razporeditev prirastne deficitnosti opozarja, da jo povzročajo specifične fiziološke motnje, ki imajo za posledico reducirano tvorbo asimilatov in nenormalnosti pri njihovem transportu in gradnji lesne snovi. Ugotovljena je tesna povezava med močno poudarjeno zožitvijo branik v kritičnem obdobju in med pojemanjem vitalnosti jelk. Biološka prizadetost jelk se stopnjuje s trajanjem rapidno zmanjšanega prirastka, pri tem pa osebki s skromnim prirastkom v daljši preteklosti uveljavljajo blažjo nenadno utesnitev letnic in v zvezi s tem tudi manj opešajo. Za primere, kjer je izredno zoženje branik izostalo, ni mogoče najti razlage ne na področju talnih, ne sestojnih razmer, tudi jih ni mogoče povezati s preprostimi ali pa posebnimi dendrometrijskimi in prirastnimi nakazovalci, pa tudi ne vedno s stopnjo vitalnosti. Pri tem gre torej verjetno za kompleksno interakcijo, kjer igra pomembno vlogo individualna, zlasti dedno pogojena zasnova. Za stopnjo posebno pospešenega upadanja sestojnega prirastka temeljnice ni bilo mo-

goče odkriti odvisnosti z reliefnimi in sestojnimi razmerami, pač pa se nakazuje verjetnost, da bi mogla kislost tal in zadostna vsebnost kalcija in fosfora delovati blažilno na obravnavano nenormalno redukcijo temeljničnega prirastka, ki v raznih objektih zelo variira in more doseči tudi $2/3$ tistega prirastka, ki ga je bil jelov sestoj deležen pred nastopom kritičnega obdobja.

Debelinski prirastek jelke poteka v zadnjih 2 desetletjih bistveno drugače kot pri smreki, ki ne samo da ne uveljavlja upadanja, ampak celo nenormalno narašča in s tem naznanja, da vzroki za hiranje jelke ne nasprotujejo rastni valenci smreke ter jo zelo verjetno celo podpirajo.

7. Nekatere fiziološke značilnosti

V zvezi s točko 42. metodike so bile izbrane na objektu 202 tri jelke za eksperimentalno ugotavljanje določenih fizioloških karakteristik in njihovih medsebojnih razlik. Zaradi boljše primerljivosti sem poiskal dve drevesi s približno enakimi dendrometrijskimi, prirastnimi in vitalnostnimi značilnostmi. Poglavitni izhodiščni podatki za obravnavane jelke so prikazani v razpredelnici.

Štev. drev.	Sta=rost	Prsni pre=mer	Viši=na	Dolži=na kroš.	Projekc. krošnje	Advent. veje	Omela	Rak	Vit. stop.
34	69	34,7	24,0	10,7	19,6	-	-	-	1.
227	115	46,4	34,0	12,4	12,8	$1/3$	+	-	2.
166	112	47,4	32,6	11,2	12,4	$1/3$	-	-	2.

S teh izbranih jelk so bile v 2 koledarskih letih praviloma vsakih 7 dni z iste strani in na isti višini odrezovane vejice, ki so bile še isti dan s težnisko enakimi vzorci vključevane v eksperimentalno preizkušanje.

Glede na naše ugotovitve o povezanosti obravnavanega hiranja jelke z nenormalnim upadanjem prirastka - le-ta pa je odvisen od tvorbe asimilatov -, sem skušal z nadaljnjim primerjalnim raziskovanjem določenih faz metabolizma dognati njihove morebitne razlike v zvezi z različnimi stopnjami jelkine vitalnosti.

71. Razna poročila, ki pojasnjujejo asimilacijo jelke, sem upošteval že v svojem prvem prispevku (13). Dodatno omenitev zasluži še ugotovitev Kraussa (41), da je odpornost jelke

proti mrazu odvisna od količine asimilatov v njej. Iz tega spoznaja je izpeljan sklep, da dobra krošnja utrjuje odpornost proti nizkim temperaturam. Pomembno je tudi dognanje Neuwirtha (64), da so kontinentalne proveniencije iglavcev asimilacijsko stabilnejše za spremembe klimatičnih razmer od provenienc iz atlantskih klimatičnih regij. Glede odvisnosti fotosinteze jelke od intenzivnosti svetlobe je bilo nadalje dognano, da enoletno mladje najbolj prirašča v višino pri 1/10 dnevne svetlobe, za proizvodnjo največje gmote pa potrebuje 1/4 naravne svetlobe (46). Tudi za sibirsko jelko je bilo ugotovljeno stopnjevanje fotosinteze le do 30 % prirodne svetlobe (75). Podaljšani svetlobni dan pospešuje frondescenco jelke, prav tako pa tudi višja lega in manjša zemljepisna širina provenienčnega izhodišča (46). Za naše raziskovanje pa je pomembna tudi ugotovitev, da pred nastopom frondescence nastane pri iglavcih močna depresija asimilacije, in sicer v odvisnosti od stopnjevanja respiracije (63) in da je mehanizem brstenja jelkovih popkov kontroliran s kompleksnimi činitelji (20).

Nadaljeval sem s primerjalnim raziskovanjem asimilacije z določanjem kompenzacijskega časa po prilagojeni Alvik-Walterjevi metodi, opisani v našem prvem prispevku (13). O teh naših eksperimentih je poročal tudi Lines (48). Za resorbivno sredstvo je bil uporabljen $0,01^{\circ}/\text{oo}$ NaHCO_3 , za indikator pa O-krezolsulfonftalein. Vejice za primerjalno tretiranje so bile na opisani način odrezovane z jelk 34 in 227.

Prvo leto je bilo obravnavanih 35 dvojnih serij z enako težo vejic. Kompenzacijski čas za material z jelke 227 je v 24 % serij presegal vrednosti za jelko 34, ki je bila na videz zdrava, v 49 % serij mu je bil enak in v 27 % serij manjši. V poprečju za celo kolearsko leto so pripadali jelki, ki je bila biološko oslABLJENA, za 0,87 % daljši kompenzacijski časi. Ob upoštevanju vegetacijskega obdobja se je ta razlika povečala na 1,57 %. V prvem primeru razlike statistično niso utemeljene, v drugem pa le ohlapno. Največje razlike so bile ugotovljene med 10. in 29. majem, dosledne toda negativne po zaključeni rastni dobi. Za poprečje celega leta je torej bilanca ogljikovega dioksida za jelko iz 2. prizadetostne stopnje le neznatno neugodnejša od bilance na videz zdravega osebka, ta razlika pa se v vegetacijskem obdobju skoraj podvoji, zlasti pa je občutna v njenem začetku in v zadnjih dveh tretjinah maja doseže 24,4 %. Zanimivo je pri tem spoznanje, da se sredi rastne dobe, zlasti pa v hibernacijskem stadiju ta odnos spremeni v korist prizadete jelke. Aparentna fotosinteza prizadete jelke v vegetacijskem obdobju torej zaostaja za na videz zdravim osebkom, razlike pa so zlasti očitne ob začetku rastne aktivnosti.

Z upoštevanjem specifičnega kompenzacijskega časa, ki sem ga obravnaval že v svojem prvem prispevku (13), se asimi-

lacijska inertnost prizadete jelke za poprečje celega leta poveča na 11,0 %, v vegetacijski dobi pa na 11,9 %. Doslednost razlik pa naraste na 80 %. Razen tega pa je statistična analiza pokazala, da so v obeh primerih razlike signifikantne pri tveganju 5 % za $t = 1,28$ oziroma za $t = 3,41$. Tudi pri tej primerjavi so razlike za serije iz maja močno poudarjene, prav tako pa tudi negativne razlike sredi poletja, medtem ko so pozimi ublažene. Ti izsledki se nanašajo na suho snov. Primerjava glede na težo svežih iglic pa je pokazala za vse serije v letu nekoliko blažje utemeljene odnose (7,5 %), za serije iz vegetacijskega obdobja pa še ohlapnejše (4,7 %) z blago signifikantnostjo. Ti izsledki poudarjeno potrjujejo ugotovitve, ki se nanašajo na suhe iglice, razen tega pa opozarjajo na dejstvo, da poprečna vsebnost vlage v iglicah primerjanih jelk ni enaka.

72. Določena je bila vsebina vode v materialu za vse serije, obravnavane v točki 71., in je bilo ugotovljeno, da je v iglicah prizadete jelke v poprečju za 13,2 % več vlage kot v iglicah na videz zdravega osebka. Ob upoštevanju vegetacijskega obdobja se ta razlika poveča na 14,9 %. Primerjava vsebnosti vode med obdobjem rastne aktivnosti in stadijem zimskega počitka je pokazala razliko za prizadeto jelko 10,0 %, za na videz zdravo jelko pa le 4,5 %. Te ugotovitve, ki potrjujejo sklepno spoznanje iz prejšnje točke, dosledno utemeljujejo razlago, da so iglice na videz vitalne jelke (34) v primerjavi s prizadeto (227) kserofilnejše, slednje pa higrofilnejše. Ta divergenca je še posebno poudarjena v dobi vegetacijske aktivnosti z vrhuncem v dobi frondescence, in sicer zato, ker na videz zdrava jelka tedaj vsebuje v iglicah le za 1,7 % več vode kot je celoletno poprečje, medtem ko imajo iglice prizadetega osebka za 16,1 % več vode kot v celoletnem poprečju. Higrofilnost asimilacijskega aparata prizadetih jelk se torej v začetku prirastne periode najizraziteje uveljavlja. Ta pojav pa omejuje veljavnost hipoteze, ki bi večjo vsebino vode v iglicah prizadetih jelk pripisovala izključno le ugodnejšem razmerju med kapaciteto korenin za vodo in med krošnjo, ki je reducirana kot tipičen znak obravnavanega propadanja jelke.

73. Količino asimilacijske gmote sem določil gravimetrijsko v odnosu do enake teže vejic, in sicer za vse dvojne serije iz točke 71. Ob upoštevanju svežih iglic je isti količini vejic na videz zdrave jelke za letno poprečje pripadalo za 5,9 % več asimilacijske gmote. Ta divergenca pa za razne serije variira in se z napredovanjem vegetacije praviloma stopnjuje, tako da je razlika v drugi polovici leta za 9,1 % večja kot v prvi. Očitno gre pri tem za pojav odpadanja iglic, ki je tipičen simptom obravnavanega hiranja jelke. To je potrdila tudi primerjava števi-

la iglic. Ugotovljena različna teža asimilacijske gmote je ob tveganju 1 % statistično utemeljena za $t = 5,47$.

Ob upoštevanju suhe asimilacijske gmote se zgoraj omejena razlika še stopnjuje, in sicer za poprečje vseh serij na 12,6 % prav tako v korist na videz zdrave jelke. Tudi v tem primeru se razhajanje v teku vegetacijskega razvoja stopnjuje in je razlika v 2. polovici leta za 112,7 % večja kot v prvi. S tem je še posebno utemeljena razlaga iz prejšnjega odstavka.

74. V drugem letu je bilo v enakih časovnih zaporedjih skozi vse leto obravnavano 27 dvojnih serij z enako težo vejic, odrezovanih s primerjanih jelk 116 in 227, od katerih je bila druga tretirana z borom (H_3BO_3) zaradi preizkušanja reakcije enako prizadetih jelk na že opisani (13) regulatorni vpliv tega mikroelementa. Kompenzacijski čas je bil za tretirano jelko v poprečju celega leta za 6,46 % krajši od tistega za primerjalno jelko. Ta razlika se je v vegetacijskem obdobju zmanjšala na 4,32 %. V prvem primeru so bile razlike dosledne s 77,8 %, v drugem pa z 72,3 % ter statistično utemeljene v prvem primeru pri tveganju 2 % za $t = 2,72$, v drugem pa razhajanje ni bilo signifikantno. Izjemni primeri v rastni dobi so vsi padli v obdobje frondescence, t.j. v maj in v prvo polovico junija. Bor je torej ugodno vplival na bilanco ogljikovega dioksida in s tem tudi na aparentno fotosintetično aktivnost. Njegov pričakovani učinek torej opozarja, da je propadanje jelke povezano z nenormalnostmi v okviru metaboličnega procesa.

Primerjava specifičnega kompenzacijskega časa je potrdila in deloma še poudarila razlike, ugotovljene v prejšnjem odstavku, kajti pospešek tretirane jelke je znašal za poprečje vseh serij 4,8 %, za vegetacijsko obdobje pa 0,4 %. Razlike statistično niso utemeljene. To velja za sveže iglice, za suhe pa sta znašali istosmiselni prednosti 0,3 in 5,7 %. Za celotno poprečje razlike niso signifikantne, za rastno dobo pa so statistično utemeljene s tveganjem 5 % za $t = 1,84$.

Glede vsebine vode v materialu iz prejšnje točke je bilo ugotovljeno, da je v iglicah tretirane jelke za poprečje vseh serij za 14,5 % več vlage kot v primerjalnih. V vegetacijski dobi pa ta razlika znaša 10,5 % in je statistično utemeljena za tveganje 5 % za $t = 5,95$. Vsebnost vode v vegetacijskem obdobju in v hibernacijskem stadiju se je v iglicah tretirane jelke razlikovala le za 3,1 %, medtem ko je bila za primerjalni osebek dvojna, t.j. 7,1 %. Ob frondescenci se je ta razlika med obema jelkama zelo ublažila in je znašala komaj 1,27 %, v dobi zimskega mirovanja pa 2,1 %. Mikroelement bor torej povečava vsebnost vode v iglicah jelke, in

sicer v dobi blage asimilacije manj kot v času njene velike dejavnosti. S tem je potrjena njegova stimulatívna vloga pri tvorbi asimilatov, hkrati pa njegov vpliv v našem primeru opozarja, da je propadanje jelke v zvezi z nenormalnostmi pri njenem metabolizmu.

Proučevanje odnosov med količinami asimilacijske gnote, analogno onemu v točki 73., je pokazalo, da sta primerjani jelki, ki sta bili enako prizadeti v procesu propadanja, vsebovali različne količine iglic na enako količino vejic. Z borom tretirani osebek je v celoletnem poprečju za 6,5 % zaostajal za primerjalno jelko. Razen tega je bilo ugotovljeno, da poprečna teža suhe snovi 1000 iglic s tretiranega drevesa v dobi vegetacijskega mirovanja za 3,5 % zaostaja za kontrolno jelko, v rastnem obdobju pa je bilo enako število iglic na tretirani jelki za 11,3 % težje kot na primerjalni. Razlike so pri tveganju 5 % utemeljene za $t = 2,63$. Gre torej za signifikantno povečanje teže zaradi pozitivno stopnjevane produkcije asimilatov v dobi vegetacijske aktivnosti. Iz teh ugotovitev je mogoč naslednji sklep: Zaradi uporabe mikroelementa bora se število iglic v jelovi krošnji ni povečalo in tudi njihova teža ni za stalno narasla, ampak le v dobi sezonsko poudarjene fotosintetične aktivnosti. Prej navedeno delovanje tega mikroelementa, ki se je uveljavljalo s stimuliranjem asimilacije, torej ni bilo posledica morebitnega povečanja asimilacijske gnote, ampak je izviralo iz povečane fotosintetične aktivnosti, ki je bila zaradi fiziološkega pešanja jelk reducirana.

Obravnavani pojav propadanja jelke torej ne spremlja le ugotovljena redukcija asimilacijskega aparata, ampak tudi njegova zmanjšana aktivnost, ki ima za posledico nenormalen potek metabolizma.

*

Opravljeni poskusi so pokazali, da vidno hiranje jelke spremlja tudi oslABLJENA absolutna asimilacijska dejavnost, ki pa uveljavlja svoje zaostajanje le v dobi vegetacijske aktivnosti z vrhunsko divergenco ob frondescenci, medtem ko je v hibernacijskem stadiju odnos obrnjen, vendar pa nedosledno in z blažjimi razlikami. S primerjavo relativne asimilacijske aktivnosti so bili potrjeni takšni odnosi, s tem da so ugotovljene razlike še izrazitejše in trdneje utemeljene. Iglíce na jelkah z zmanjšano vitalnostjo vsebujejo več vode, zlasti v rastni dobi. Tudi te razlike so posebno poudarjene ob frondescenci. S prestankom rastne aktivnosti se zmanjša količina vode v iglicah, vendar pa je ta reakcija pri oslABLjenem osebku večja kot pri na videz normalnem. Jelka, ki kaže znake propadanja, nima samo manj iglic zaradi

redukcije krošnje, ampak je tudi teža njihovega enakega števila manjša. Z uporabo mikroelementa bora kot stimulatorja metaboličnih procesov je bilo ugotovljeno njegovo pospeševalno delovanje na fotosintezo ter na vsebnost vode v iglicah, zlasti v dobi rasti, hkrati pa je bor ublažil razliko med vlažnostjo iglic v vegetacijski dobi, zlasti v hibernacijskem stadiju, t.j. pojav, ki je tipičen za fiziološko oslabiljeno jelko.

Ta dognanja opozarjajo, da je obravnavano propadanje jelke povezano ne le z redukcijo fotosintetičnega učinka asimilacijskega aparata v celoti, ampak tudi z oslabiljeno aktivnostjo določene težinske ali pa številčne proizvodne enote. Ugotovljene ne-normalnosti v procesu metabolizma variirajo s periodičnostjo sezonskega razvoja ter so - kot je razumljivo - posebno poudarjene v dobi vegetacijske aktivnosti s posebnim osredotočenjem krog stadija frondescence, ki zasluži prav posebno pozornost.

8. Nekatere morfološke značilnosti iglic in njihove razlike

O pomenu določenih morfološko-anatomskih karakteristik jelovih iglic sem že poročal v svojem prvem prispevku (13). Tudi od poznejših ugotovitev zaslužijo nekatere v zvezi z našo obravnavo posebno pozornost. Prvenstveni pomen se pripisuje stomam, njihovemu številu, številu vrstic, širini rež in deloma tudi njihovi dolžini, zlasti v odvisnosti od položaja na krošnji in od stopnje osvetlitve (27, 61). Takšna odvisnost se pripisuje tudi epidermalnemu tkivu in plastem palisadnih celic, razen tega pa tudi zgradbi in legi smolnih kanalov (27, 50, 51, 65), ki naj bi bila hkrati tudi nakazovalca za starostno in diagnostično opredelitev jelke (27). Zanimivo je tudi spoznanje, da je smola pri jelki sploh tesno vključena v fiziološke procese, ki pomembno presegajo njeno zaščitno vlogo, katero so ji doslej prisojali (11). Češki poskusi pa so pokazali, da je značaj jelkinih iglic z osebkom na popolni svetlobi kserofiten z ustrezno modificiranim parenhimskim tkivom in s spremenjenimi površinskimi sloji (90). Glede življenjske dobe jelovih iglic je bilo ugotovljeno, da je na toplih legah krajša kot na hladnih (79), njihova menjava pa je odvisna od stopnje vitalnosti osebka (74). Za naše razmere pa je bilo opaženo, da imajo jelke s šibkim prirastkom krajše iglice od normalno rastočih (67), druge pa so ugotovili, da je dolžina jelovih iglic odvisna od nadmorske višine nahajališča (62).

O nekaterih anatomskih in morfoloških razlikah med iglicami vitalne in prizadete jelke sem že poročal v svojem prvem prispevku (13). Dodatno bom obravnaval še nekaj ugotovitev iz poznejšega proučevanja. V marcu so bile raziskane 3 dvojne se-

rije po 10 iglic s sredine krošnje v prejšnjem poglavju omenjenih jelk 166 in 277. V vseh primerih je bila upoštevana sredina dolžine enoletnih iglic. Ugotovljeno je bilo, da je pri jelki 166 odpadlo na 1 dolžinski mm iglice 499,9 ventralnih rež, pri jelki 277 pa 491,7. Razlika je neznatna in tudi ni statistično utemeljena. Toda ob upoštevanju števila stom v posamezni vrsti na 1 dolžinski mm se razlika poveča na 2,7 %, ker je pri prvi jelki poprečno 71,3 rež, pri drugi pa 69,5 na dolžinski mm. Na iglicah jelke, ki je bila tretirana z borom, so bile torej stome redkejše, in sicer zaradi manjšega števila na dolžinsko enoto v progih, medtem ko je bilo število prog v obeh primerih skoraj enako (od 6 do 8, poprečno 7).

Ustrezni nakazovalci za jelko, ki ne kaže znakov pešanja (plus drevo 68) (16), se v primerjavi s hirajočimi osebki iz neposredne bližine zelo razlikujejo glede deleža stom. Medtem ko odpade na 1 mm iglice z vitalne jelke poprečno 644,7 rež, jih je na iglicah prizadetega osebka le 471,6. Razlika je pomembna, ker znaša 35,5 % in je statistično utemeljena pri tveganju 1 % za $t = 4,92$. Razhajanje primerjanih jelk izvira s 6,9 % iz večjega števila stomatskih prog in s 28,6 % iz gostejšega razporeda rež v progah.

Te ugotovitve potrjujejo naše prvotne izsledke in dopuščajo sklep, da specifična gostota rež s pešanjem vitalnosti upada, zlasti še glede njihovega števila na dolžinsko enoto stomatske proge. Glede na spoznanje, da je gostota stom uporabna kot diagnostični nakazovalec, je mogoče te ugotovljene razlike povezati z zmanjšano asimilacijsko aktivnostjo in z večjo vsebnostjo vode, ki združno spremljata iglice propadajočih jelk.

Na anatomske razlike notranje zgradbe jelovih iglic v zvezi s pešanjem jelke sem opozoril že v svojem prvotnem prispevku (13). Poznejša raziskovanja, pri katerih je bil upoštevan tudi relativni višinski položaj iglic v krošnji, so pokazala, da so s stopnjo vitalnosti jelke povezane tudi določene razlike v njihovi zgradbi. Za mikroskopske preglede so bile upoštewane enoletne iglice z zunanje in enako orientirane strani krošnje (JZ) in s treh - v obeh primerih enakih - nivojev obeh primerjanih jelk. Mikroskopski preparati so bili napravljeni iz sredine igličnih dolžin.

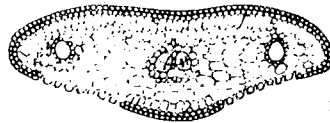
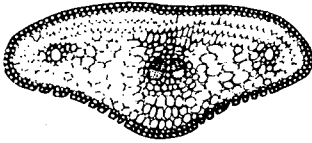
Risbe mikroskopskih prereзов kažejo že znani (27, 66) vpliv položaja na krošnji na debelino plasti palisadnega ter epidermalnega staničja, medtem ko se lega smolnih kanalov ne ujema s tujimi tovrstnimi dognanji. Opazne so le razlike med primerjanima jelkama, ker pri zdravi jelki v iglicah z zgornjih dveh tretjin krošnje smolni kanali ležijo centralno, s spodnje tretjine pa submarginalno, medtem ko so v iglicah hirajočega osebka za vse tri nivoje na krošnji razporejeni centralno. Očitna je tudi razlika glede števila plasti palisadnih celic, prav tako tudi glede epidermalnih ce-

lic, zlasti na ventralni strani in na lateralnih skrajnostih. Tudi zgradba prevodnih snopičev nakazuje določene razlike. Medtem ko debelina sloja epidermalnih celic, ki pri zdravem osebkju - kot je to normalno - z nižjim nivojem na krošnji upada, je ta odnos na prizadeti jelki le blago izražen ali pa ga sploh ni. Opazna je tudi razlika med debelino iglic, ki je pri zdravi jelki praviloma večja, poglavitno zaradi obilnejšega deleža palisadnega tkiva.

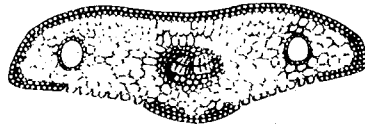
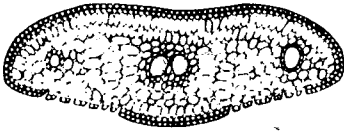
Vitalna jelka

Prizadeta jelka

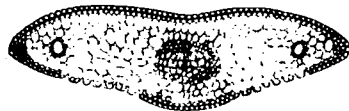
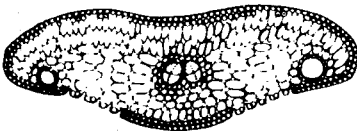
Zgornja tretjina krošnje



Srednja tretjina krošnje



Spodnja tretjina krošnje



Glede na te ugotovljene razlike je zgradba iglic na zdravi jelki v vseh nivojih kseromorfnejša, medtem ko je leta pri iglicah prizadete jelke mezomorfnejša. Takšne značilnosti se ujemajo z našimi spoznanji v točkah 72 in 73 glede vsebnosti vode v iglicah in glede njihove teže.

9. Klimatične razmere in spremembe

Dodatno k že navedenim podatkom o recentni klimatični situaciji v Evropi in pri nas ter o vremenskih fluktuacijah, zlasti o sedanji (13), je potrebno upoštevati še nekatere poznejše tuje in lastne ugotovitve. Z našimi prvimi spoznanji ni mogoče uskladiti trditve Wagnerja (91), da je postala v zadnjih 100 letih na severu Evrope klima toplejša, v Sredozemlju hladnejša, v Srednji Evropi pa da se je ublažilo nasprotje med poletjem in zimo. Ta pojav pripisuje "izdatnejšemu atmosferskemu mešanju". Temu stališču je deloma pritegnil Rudolf (73), ki piše o nedavni otoplitvi polarnih zon in o t.i. oceanski fazi, ki naj bi nastala zaradi povečane cirkulacije po letu 1897 in naj bi bila za njo značilna ublažitev temperaturnih razlik. Hkrati pa avtor meni, da ta klimatični režim po letu 1951. postopno pojema od severa proti jugu in uvaja pojav ohladitve, zlasti v maritimnih predelih. Za ublažitev klimatičnih ekstremov se je opredelil tudi Bunuševac (17), ki trdi, da so postale po vojni v Srbiji zime toplejše in poletja hladnejša, da so se temperaturne amplitude zmanjšale, padavine pa neznatno upadle. Susmel (81) pa prisoja sedanji vremenski situaciji v Italiji celo razvoj h glacialnemu maksimu, ki se uveljavlja z ohladitvijo in z njo povezuje krizo "termofilne" jelke v Apeninih. Previdnejše stališče zastopa Bezačinsky (10) s trditvijo, da imamo sedaj opraviti z odstopanji oceanske klime v obe smeri, in ta pojav krivi za propadanje jelke na Slovaškem. Nasprotno takšnim trditvam pa Wenzel (93) ugotavlja, da v Evropi v zadnjem stoletju temperatura narašča, zato poleg drugega ta pojav povzroča propadanje jelke na Saškem in na Thürinškem. Ko Kuznecov (49) obravnava propadanje nekaterih subtropskih vrst, povezuje ta proces s sedanjo kontinentalizacijo klime. Tudi sušenje bukve na Južnem Kučaju Miletić (58) pripisuje deficitnosti padavin in ugotavlja, sklicujoč se na podatke iz Francije, da klima tudi zaradi toplejših poletij postaja kontinentalnejša. Bardé (4) obravnava propadanje jelke na Juri in na Vogezih ter kot primarni vzrok upošteva suše. Bourgenot (12) pa poleg recentnega zmanjšanja padavin ugotavlja tudi spremembe njihove razporeditve v škodo vegetacijskemu obdobju.

Za dopolnitev naših že upoštevanih podatkov, ki so nam omogočili sklep, da je podnebje v Sloveniji zadnja desetletja zašlo

pod močan kontinentalni vpliv, sem razširil svojo prvotno primerjalno analizo ustreznih klimatičnih nakazovalcev tudi na poznejšo dobo, kot je to navedeno v točki 44. Statistično vrednotenje podatkov je bilo opravljeno po enakem postopku kot v mojem prejšnjem prispevku (13). Za izračunane parametre sem uporabil iste simbole, in sicer " Δ " pomeni relativno razliko srednjih vrednosti, "s" standardni odklon, "V" varianco, " t_i " izračunano vrednost testa po Studentu, "t" njegovo tablično vrednost, "P" pa stopnjo tveganja (v %). Za statistične enote so bili uporabljeni letni poprečki, razen tega pa tudi srednje mesečne vrednosti za primerjana obdobja. Razen celoletnih vrednosti so bili primerjani tudi poprečki za šestmesečno vegetacijsko obdobje (IV-IX).

91. Srednjo temperaturo zraka za Ljubljano sem primerjal med obdobjem 1851/1900 in 1901/1967 ter med obdobjema 1851/1940 in 1941/1967. Ugotovljeni parametri so zbrani v razpredelnici.

Parametri iz primerjave temperaturnih razmer

Primerjava	Δ	s	V	t_i	t	P
1. Utemeljenost temp. razlik v Ljubljani med obdobjema 1851/1900 in 1901/67 po letih	5,3	0,675	0,455	3,80	3,38	0,1
2. Utemeljenost temp. razlik v Ljubljani med obdobjema 1851/1940 in 1941/67 po letih	4,9	0,686	0,472	3,05	3,05	0,1
3. Utemeljenost temp. razlik v Ljubljani med obdobjema 1851/1940 in 1941/1967 po mesecih	5,5	0,373	0,139	4,74	4,44	0,1
4. Utemeljenost temp. razlik v Ljubljani med obdobjema 1851/1940 in 1941/1967 za veget.obdobje po letih	2,7	0,685	0,470	3,33	3,33	0,1
5. Utemeljenost temp. razlik v Ljubljani med obdobjema 1851/1940 in 1941/1967 za veget.obdobje po mesecih	3,1	0,306	0,094	3,88	3,37	2,0

Primerjava parametrov v razpredelnici s tistimi, ki so bili izračunani za razmere do leta 1960 in so bili objavljeni v mojem prejšnjem prispevku (13) na str. 116., pokaže, da sedemletno podaljšanje drugega primerjalnega obdobja na splošno ni bistveno spremenilo obravnavanih odnosov (v dveh primerjavah so trdnejši, v treh pa nekoliko ohlapnejši).

Pomembno je razmerje med parametri v 2. in 3. točki te razpredelnice. Očitna je trdnejša signifikantnost odnosov v 3. točki v primerjavi z 2. točko, ki se zlasti kaže z večjo relativno razliko srednjih vrednosti, z manjšim standardnim odklonom in ožjo varianco korelacije, ki se nanaša na primerjalno analizo po mesecih. Takšne prednosti pripadajo tudi parametrom v točki 5. v primerjavi z ustrežajočimi vrednostmi v točki 4. Te ugotovitve navajajo na sklep, da so razlike med primerjanima obdobjema močnejše poudarjene med obdobjimi poprečki za mesece kot med vrednostmi za celoletna poprečja. Razčlenitev odnosov mesečnih poprečkov je pokazala, da največje razlike pripadajo tromesečju april-junij in za 20 % presegajo poprečno razliko za vse leto ter za 25 % za vegetacijsko obdobje. Najmočnejši poudarek v vegetacijskem obdobju pa pri tem pripada aprilu, kjer razlika celo za 80 % presega poprečno celoletno razliko oziroma za 87,5 % poprečno razliko v rasti dobi. Temperaturi se najmanj razhajata v juliju, nakar v teku avgusta in septembra razlika postopno narašča. Aprilska izrazita otoplitev kakor tudi nadpoprečni tovrstni temperaturni presežki v tromesečju IV-VI časovno sovpadajo s poudarjenim zaostajanjem asimilacijske aktivnosti, kot je to bilo ugotovljeno v 71. točki, kakor tudi s skrajnim razhajanjem glede vsebine vode v iglicah, kot je to dognano v točki 72. ob upoštevanju stopnje jelkine vitalnosti. Kritična situacija obravnavanih fizioloških nakazovalcev za prizadete jelke se torej glede periodičnosti sezonskega razvoja časovno ujema s poudarjeno otoplitvijo, ki se kaže v primerjavi obravnavanih dolgoletnih obdobj.

92. Kot sem že v svojem prvem tovrstnem prispevku (13) utemeljil, zasluži pri klimatski analizi posebno pozornost interdiurna temperaturna amplituda, zlasti še, kadar gre za vrednotenje stopnje kontinentalnosti. Potem, ko sem uvedel ta nakazovalec v gozdarsko klimatologijo, so se za njegovo uporabo v gozdarstvu odločili tudi drugi (88, 67).

Že objavljeno primerjavo dnevni toplotnih razponov (13) med obdobjema 1881/1915 in 1952/1962 sem na podlagi spoznanja, da leži prelomnica hiranja jelke blizu leta 1940, pozneje razširil na primerjavo med obdobji 1926/1940 in 1949/1967. (Ker za leta 1941-1949 ni na razpolago dovolj zanesljivih podatkov, sem jih moral preskočiti). Odstotne razlike poprečnih letnih interdiurnih amplitud med omenjenima obdobjema so zbrane v razpredelnici

kakor tudi razlike za kritično dvomesečje IV-V.

Postaja	Ljubljana	Maribor	Kočevje	Postojna	Novo mesto	Celje	Mur. Sobota
Celoletna razlika	+8,8	+9,7	-5,2	+11,4	+13,1	+23,9	-3,6
Razlika v IV-V	+11,6	+6,6	-5,9	+12,4	+15,7	+23,8	-4,8

Odnos poprečnih dnevni toplotnih razponov med primerjanima obdobjema je torej zelo različen, tako da so se vrednosti za pet postaj v zadnjem obdobju zelo neenako povečale, medtem ko so se za dve postaji celo zmanjšale. Najobčutnejša razširitev obravnavane amplitude je prizadela Celje, za njim pa se vrstijo : Novo mesto, Postojna, Ljubljana in Maribor, medtem ko sta se Murska Sobota in Kočevje temu pojavu doslej izognila. Ugotovljeno zaporedje stopnje razširitve interdiurne temperaturne amplitude v sedanjem obdobju in s tem tudi kontinentalizacije klime približno ustreza stopnji, do katere se je do sedaj v širšem okolju prizadetih postaj uveljavilo propadanje jelovih gozdov.

S statistično analizo so bili za upoštevanje postaje primerjani odnosi poprečnih dnevni toplotnih razponov med obdobjema 1926/40 in 1941/67 in so bili ugotovljeni parametri, ki so navedeni v razpredelnici. Za postaji Kočevje in M. Sobota je korelacija negativna, t.j. pripadajoča dnevna toplotna amplituda se je v poznejšem obdobju zožila.

Parametri iz primerjave dnevni interdiurnih temperaturnih amplitud

Postaja		Δ	s	V	t_1	t	P
Ljubljana	Celoletno	8,8	0,385	0,148	6,30	4,44	0,1
	Veget. obd.	5,9	0,509	0,260	3,20	2,57	5,0
Maribor	Celoletno	9,7	0,747	0,417	4,33	4,03	0,2
	Veget. obd.	5,2	0,506	0,256	2,05	1,81	10,0
Kočevje	Celoletno	5,2	1,298	1,680	1,31	1,21	25,0
	Veget. obd.	9,7	1,189	1,412	2,82	2,57	5,0
Postojna	Celoletno	11,4	0,805	0,649	4,01	4,03	2,0
	Veget. obd.	4,9	0,960	0,922	1,40	1,30	25,0

N. mesto	Celoletno	13,1	0,495	0,245	8,39	4,44	0,1
	Veget.obd.	11,0	0,465	0,216	6,85	6,86	0,1
Celje	Celoletno	23,9	0,485	0,235	16,02	4,44	0,1
	Veget.obd.	20,3	0,557	0,310	9,75	6,86	0,1
M. Sobota	Celoletno	3,6	1,273	1,624	1,11	0,69	50,0
	Veget.obd.	10,3	0,892	0,793	3,90	3,37	2,0

Razhajanje temperaturnih amplitud med prvotno upoštevanima obdobjema 1881/1915 in 1949/1958 ter med obdobjema 1926/40 in 1941/67 je ostalo praviloma nespremenjeno (za Ljubljano, Postojno, Novo mesto in Celje), le ponekod (Maribor, M. Sobota) se je nekoliko ublažilo. Izdatno ohlapnejši odnos za Kočevje pa pomeni, da se je razlika, ki pa je negativna, zmanjšala.

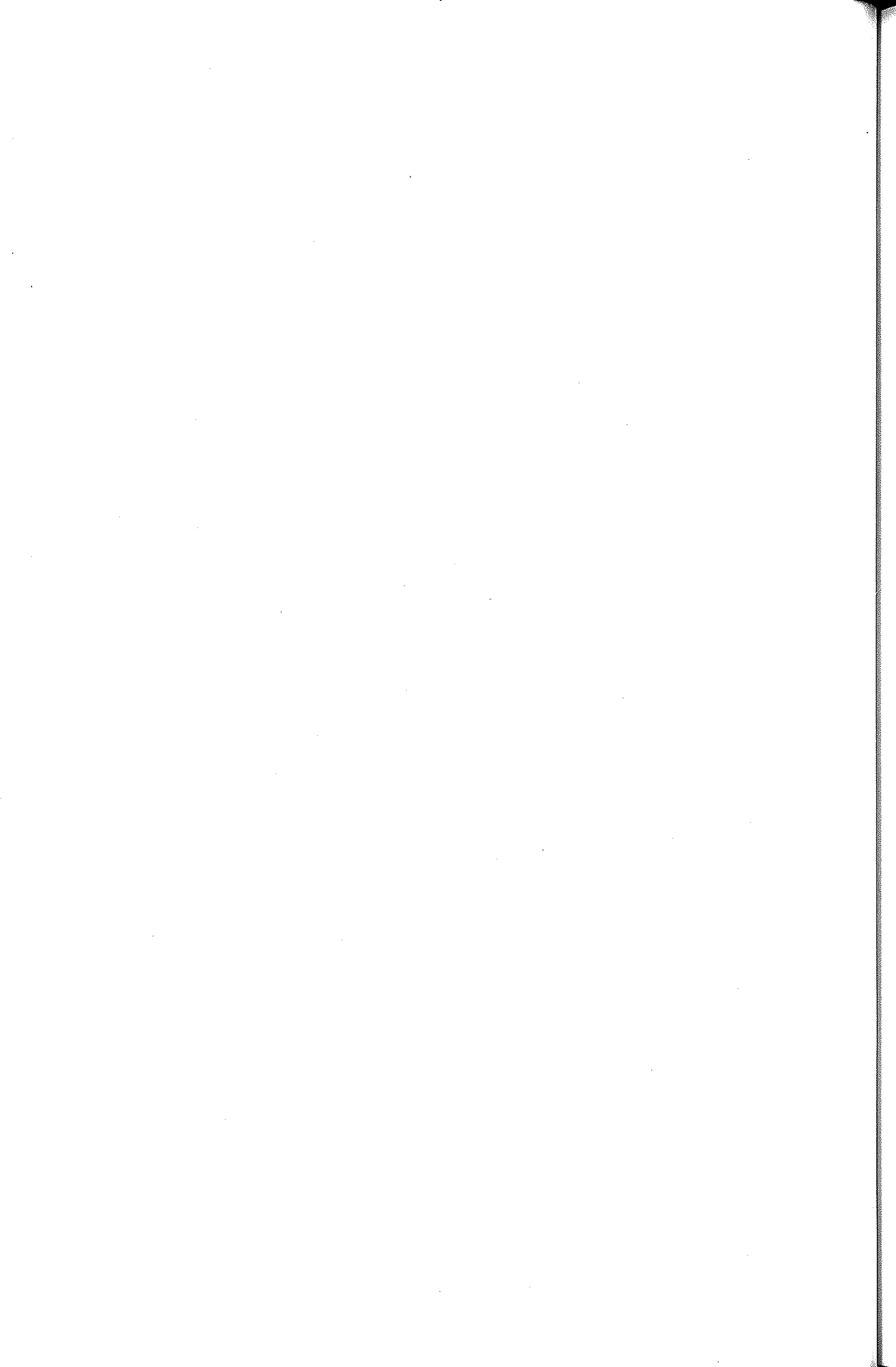
Razlike obravnavanega nakazovalca za dvomesečje april-maj v Ljubljani za 20 % presegajo poprečne razlike v ostalem delu vegetacijske dobe. Odnos teh razlik znaša za Novo mesto celo 54,5 %, medtem ko za druge postaje niso pomembne.

Celoletne relativne razlike srednjih vrednosti so dosledno večje od ustrežajočih razlik za vegetacijsko obdobje. Naraščanje temperature je bilo torej bolj poudarjeno v dobi počitka kot v rastni dobi.

Zanimivo je, da so se za vse upoštevane postaje razen za Novo mesto interdiurne temperaturne amplitude med primerjanima obdobjema v tromesečju junij-avgust zožile, v poprečju za vse postaje pa so za te mesece ostale neizpremenjene.

Razčlenitev glede na vprašanje, koliko je vplival na razširitev amplitude premik dnevnega maksima, koliko pa sprememba minima, je pokazala, da je prvi v poprečju za vse postaje za 27,7 % močnejše deloval od druge. Za posamezne postaje razlike zelo variirajo in so zlasti pomembne za Novo mesto in Postojno, blažje so za Ljubljano, Celje in Maribor, medtem ko so za Kočevje in M. Soboto negativne, ker se je poprečni dnevni maksimum izdatnejše zmanjšal, kot pa se je znižal pripadajoči minimum. V rastni dobi pada najobčutnejše povečanje maksima povsod razen v Kočevju in M. Soboti v april, hkrati pa so se v tem mesecu tudi minimumi najblaže znižali.

V naslednjih diagramih so prikazane vrednosti interdiurnih temperaturnih amplitud za upoštevanih 6 postaj po mesecih, in sicer za obe obravnavani obdobji. Za prvo velja prekinjena črta, za zadnje pa izvlečena. Vodoravne črte kažejo ustrezne srednje vrednosti.

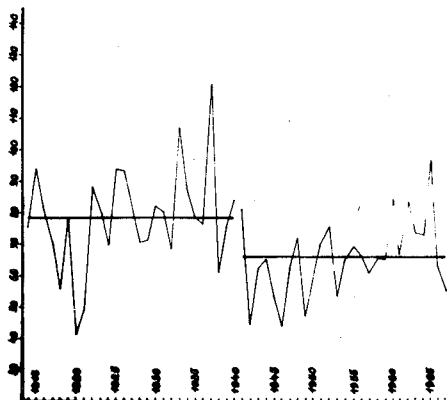
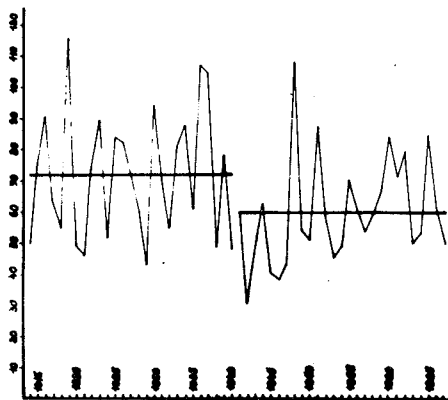


za Ljubljano je v drugem primeru skoraj enaka tisti za prvo primerjavo, ker gre le za nepomembno letno poprečno razliko 3 mm. Zato so tudi parametri iz statistične analize skoraj identični prvotnim in razlike tudi v novem primeru niso signifikantne.

Primerjava padavinskih razlik po mesecih za obdobji 1851/1940 in 1941/1967 je pokazala, da so se v poznejšem obdobju padavine poprečno zmanjšale za 8,9 %. Razlike so signifikantne pri tveganju 10 % za $t = 1,95$, vendar pa je odnos ohlapnejše utemeljen kot ob upoštevanju primerjalnega obdobja 1940/1960. Za rastno dobo znaša deficitnost padavin 8,7 %.

Razlike so trdneje utemeljene, in sicer za 1 % tveganje s $t = 3,32$, hkrati pa so le neznatno ohlapnejše kot za obdobje 1940/1960. V rastni dobi so padavine bolj upadle (za 9,4 %) kot v ostalem delu leta. V mesecih od marca do vključno novembra so se v poznejših obdobjih padavine dosledno zmanjšale za 12,9 %, od decembra do februarja pa so se povečale za 9,6 %. Takšna prerazporeditev je značilna za kontinentalno klimo. Torej se je v obdobju po letu 1940 izvršil premik h kontinentalnosti.

94. Vrednosti prilagojenega Amannovega hidrotermičnega indeksa (13), ki sta bili izračunani za enaki 27-letni obdobji pred letom 1940 in po njem, se razlikujeta v poprečju za 20,3 %, pri čemer večja vrednost pripada dobi pred letom 1940. Razlike so signifikantne pri 2 % tveganju za $t = 2,61$. Toda medtem ko je imela razlika med poprečkom za sedanje stoletje in poprečkom za preteklo stoletje pozitivni predznak, pripada razlika med 27-letnim obdobjem pred letom 1940 in prav tolikšnim po njem negativni predznak. Po letu 1940 je torej kontinentalnost klime - v primerjavi z enakim obdobjem pred tem letom - močno poudarjena. Vendar pa se je s 7-letnim podaljšanjem sedanjega obdobja razlika obravnavanega indeksa zmanjšala, in sicer za 10,9 %. Iz te ugotovitve bi mogli sklepati, da se je kontinentalnost po letu 1960 ublažila.



Na diagramu na levi strani so prikazane vrednosti Amannovega hidrotermičnega indeksa v Ljubljani za obdobji 1914/1940 in 1941/1967 s pripadajočima srednjima vrednostima, ki se markantno razlikujeta.

95. Aridni indeks po Mortonnu (13) v Ljubljani, izračunan za omenjeni 27-letni obdobji, se razlikuje za 18,6 %, s tem da starejši dobi pripada večja vrednost. Razlike so pri tveganju 1 % signifikantne za $t = 3,10$. Divergenca obravnavanega indeksa glede na ločilno leto 1940 je za 6,5-krat večja kot med sedanjim in preteklim stoletjem, ker je v drugem primeru razlika le 1,3 % in je razen tega tudi statistično neprimerno ohlapneje utemeljena (13). Vendar pa se s 7-letnim podaljšanjem sedanjega obdobja razlika ublaži za 33,8 %. Iz te ugotovitve mogoče sklepamo, da se je kontinentalnost po letu 1960 ublažila in ji pripada enak indeks kot v obdobju 1851-1900.

Diagram na desni strani predočuje vrednosti Martonovega aridnega indeksa za obdobji 1914/1940 in 1941/1967 s povprečnima srednjima vrednostima, ki se pomembno razlikujeta.

*

Prvotne ugotovitve o naraščanju temperaturnih poprečkov, o redukciji padavin in o pomembnih spremembah nekaterih kompleksnih klimatičnih nakazovalcev so bile potrjene tudi ob upoštevanju do 1967. leta podaljšanega obdobja. Razlike, ki so bile dognane, nedvoumno izpričujejo povečano kontinentalnost recentne dobe glede na časovno razmejitev, ki se ujema z nenormalnim upadanjem jelkinega debelinskega prirastka. Kontinentalni poudarek v vegetacijskem obdobju sicer ni izrazitejši od celoletnega, vendar pa je ob upoštevanju sezonske razporeditve mogoče odkriti zelo občutne klimatične nenormalnosti. Ublažitev kontinentalnosti v juliju in avgustu ne more pomembno vplivati na fiziološke funkcije jelke, ker je le-ta ravno tedaj v stadiju poletnega ždenja; toliko pomembnejša pa je ostro poudarjena kontinentalnost v aprilu, t.j. v dobi jelkine frondescence, posebno še ob upoštevanju obravnavanih fizioloških ekstremov, ki časovno sovpadajo s klimatično deficitnostjo.

Primerjava razlik med različno izbranimi obdobji je pokazala, da od upoštevanih razmejitev leto 1940 najučinkoviteje poudarja klimatične spremembe, ki imajo kompleksen značaj povečane kontinentalnosti. Preizkušeni učinek 7-letnega podaljšanja zadnjega obdobja opozarja, da je po letu 1960 opazna ublažitev do-

tedanjega klimatičnega razhajanja.

10. Sklepni povzetek

Pojav množičnega propadanja jelke v Sloveniji traja že 12 let in napreduje nezadržno ter se zaostruje do takšne mere, da je postal prvenstveni gojitveni in hkrati gospodarski problem, ker ogroža obstoj mnogih naših gozdov. Skrajno stopnjevana prizadetost jelke zadeva v živo njeno pomembno vlogo v naših sestojih in preti usodno in nedogledno uveljaviti svoje posledice.

Naloge, ki se zastavljajo pred gozdarstvo v sedanjem kritičnem stanju naše jelke, ležijo zlasti na področju smotrne proučitve okolnosti, v katerih se obravnavani proces uveljavlja, na vrednotenju ekoloških zahtev te drevesne vrste v naših razmerah in njenih kritičnih bioloških značilnosti ter na določanju in izvrševanju takšnih ukrepov, ki bodo sloneli na dosedanjih in novih spoznanjih.

V tem prispevku, ki obravnava nadaljevanje in poglobitev dosedanjega tovrstnega prizadevanja, so s primerjavo večstranskega vrednotenja ekološke valence jelke bolje osvetljene nekatere njene specifične biološke značilnosti, ki so podvržene široki variabilnosti in se glede mnogih potez in migracijskih pogojev upirajo enotni ekološki opredelitvi. Zato je bilo tudi propadanje jelke v evropskem prostoru doslej razlagano na zelo različne načine, od katerih se nekateri bolj, drugi manj razlikujejo od naših spoznanj, tretji pa jih potrjujejo.

Obravnavana raziskovanja so se razvijala po kompleksni metodiki, v kateri so bile upoštrevane večstranske analize in preverjanja sedanje situacije in razvoja, da bi se omogočila njuna zanesljiva presoja in na njo postavili temelji ustreznih sklepov. Proučevanje je bilo odprto na raziskavo primerno izbranih stalnih terenskih objektov, ki jo je spremljalo laboratorijsko preverjanje.

Obravnavani proces propadanja jelke se je v upoštevanih 4 letih v pretežni večini primerov tipično stopnjeval, hkrati pa se je tudi širil, tako glede na obseg prizadetega območja, kakor tudi glede osvajanja nekaterih neprizadetih predelov v mejah ogroženega areala. Analiza regresivnega procesa na obravnavanih objektih je pokazala, da je odmiranje jelke v upoštevanem obdobju dosledno napredovalo, vendar pa v nekaterih primerih končni trend v zadnjem letu nakazuje določene znake ublažitve.

Reliefnih značilnosti ni bilo mogoče zanesljivo vzročno

povezati z intenzivnostjo obravnavanega procesa, toda kakovost tal je v določenih primerih vplivala na intenzivnost jelke hiranja, zlasti je pomembna odkrita odvisnost od preskrbljenosti tal s kalijem. Za deleže drugih biogenih elementov v tleh ni bilo mogoče ugotoviti doslednega vpliva, razen za kalcij, ki verjetno pospešuje pešanje prizadete jelke. Propadanje jelke je bilo najintenzivnejše na dolomitu. Sploh se jelka na kislih tleh počasneje približuje svojemu propadu. Strukture tal in njihove globine ni bilo mogoče povezovati z intenzivnostjo jelkega pešanja.

Med odmiranjem jelke in pripadnostjo rastišča različnim vegetacijskim tipom ni bilo mogoče zaslediti nikakršne odvisnosti. Sestojné razmere so le v določenih okoliščinah vplivale na napredovanje procesa, in sicer v zvezi z velikostjo temeljnice in sklepom sestoja, medtem ko za starost in debelino jelk ni bilo mogoče odkriti nikakršnega vpliva, prav tako tudi ne za delež drugih drevesnih vrst v sestoji .

Redukcija števila na videz zdravih jelk najbolj prizadeva najtanjše osebke ter z debelino upada. Obravnavanega pojava torej ni mogoče pripisati fiziološkemu staranju jelke. Proces končnega odmiranja jelke najblaže napreduje med najstarejšimi in najdebelejšimi osebki, vendar izrazito le tedaj, če je bilo splošno pešanje sestoja razmeroma počasno, sicer pa je ta divergenca manjša. Ti odnosi so torej zelo odvisni od poprečne stopnje prizadetosti sestoja. Jelka je torej v odvisnosti od svoje starosti in debeline v neenaki meri podvržena obravnavanemu propadanju.

Primerjava velikosti krošnje ni korelirana s poprečno stopnjo prizadetosti jelovega sestoja. Opazno je stopnjevanje oslabeledosti z upadanjem ploščine projekcije krošnje, vendar pa ta odvisnost ni dosledna, kajti največje krošnje ne pripadajo na videz zdravim jelkam, ampak tistim, ki so srednje ali pa opazno prizadete. Začetni štadij pešanja ni odvisen od velikosti krošnje, pač pa sam proces tem hitreje napreduje, čim manjše so krošnje.

Tipično redukcijo krošnje skuša jelka v večini primerov kompenzirati z adventivnimi vejami. Ta reaktivna sposobnost pa je odvisna od starosti jelke in z njenim stopnjevanjem upada. Ta pojav t. i. sekundarne krošnje se sicer uveljavlja skozi vse stopnje jelkega pešanja, vendar pa je največ osebkov s to značilnostjo med srednje opešanimi jelkami. Iz te ugotovitve je mogoč sklep, da adventivne veje zavirajo že sproženi proces hiranja prizadetih osebkov.

Analiza razširjenosti omele in raka je pokazala, da ju nikakor ne moremo šteti med primarne povzročitelje obravnavanega tipičnega propadanja jelke, pač pa oba pojava bolj ali manj vplivata na stopnjevanje jelkine oslabeledosti. Z omelo so prvenstveno prizadeti starejši osebki. To velja tudi za raka, vendar samo do določene debeline drevja, zato te bolezni ni mogoče povezovati

s fiziološkim staranjem jelke.

Debelna analiza je omogočila spoznanje, da je propadanje jelke pogojeno s činitelji, ki hkrati zavirajo njen debelinski prirastek. Izhodišče nenormalnega upadanja prirastka leži odmaknjeno vsaj 20 let v preteklosti, dosega pa v zadnjem deceniju izredno zaostritev. Redukcija debelinskega prirastka prizadeva praviloma vse debla, vendar pa na raznih nivojih različno, najbolj na privršnem delu debla. Ugotovljena je tesna povezava rapidne utesnitve branik in pojecanja vitalnosti jelke. Gre torej za specifične fiziološke motnje, ki povzročajo reducirano tvorbo asimilatov in njihov nenormalni transport ter močno zmanjšujejo gradnjo lesne snovi. Primerjava rapidno zmanjšanega debelinskega prirastka in stopnje prizadetosti je pokazala, da gre za kompleksno interakcijo, kjer igra verjetno pomembno vlogo tudi dedno zasnovana individualnost. Hkrati se nakazuje verjetnost, da kislost tal in zadostna zaloga kalcija in fosforja v tleh blaži nenormalno redukcijo temeljničnega prirastka, ki v neenakih ekoloških razmerah zelo variira. Primerjava s smreko je pokazala, da vzroki jelkinega hiranja ne nasprotujejo biološkim zahtevam smreke, ker pospešujejo njeno ravnost.

Laboratorijski poskusi so opozorili, da je hiranje jelke pogojeno s pojecanjem njene asimilacijske dejavnosti v vegetacijski dobi z najboljčutnejšo deficitnostjo ob frondescenci. Ugotovljene razlike glede vsebine vode v iglicah so potrdile spoznanje, da ne gre le za absolutno redukcijo fotosintetičnega učinka, ampak tudi za opešano aktivnost določene proizvodne enote. Te nenormalnosti v procesu metabolizma variirajo s periodičnostjo sezonskega razvoja in so posebno razvite v stadiju frondescence, zato le-ta zasluži posebno pozornost.

Ustrezno vrednotenje nekaterih morfoloških in anatomskih značilnosti iglic glede na prizadetost jelke opozarja na odvisnost med hiraanjem jelke in med morfološko-anatomskimi spremembami njenih iglic v smeri od prvotnega bolj kseromorfnega izhodišča k mezomorfnemu tipu. Ta ugotovitev je v skladu z dognano divergenco asimilacijskega aparata hirajočih jelk glede na težo iglic in glede na vsebino vode v njih.

Vrednotenje klimatičnih razmer v recentni situaciji, primerjano s preteklimi obdobji, je potrdilo naše prejšnje ugotovitve, hkrati pa je pokazalo, da so klimatični premiki zlasti poudarjeni ob upoštevanju časovne razmejitve okrog leta 1940, t. j. v preteklosti, ki je identična z nenormalnim upadanjem debelinskega prirastka, kot ga kaže poudarjena regresija branik na kronogramih. Medtem ko nekateri klimatični nakazovalci v zadnjih 7 letih ne uveljavljajo bistvenih sprememb dvajsetletne kontinentalizacije klime, drugi vendarle nakazujejo njeno določeno ublažitev, ki je očitna iz primerjave daljših obdobj. Te ugotovitve bi bilo znabiti mogoče

povezati z že omenjenim spoznanjem o končnem trendu blago zaznavne ublažitve procesa hiranja jelke na nekaterih obravnavanih raziskovalnih objektih.

Upoštevane osnovne klimatične prvine kot tudi ustrezni kompleksni nakazovalci potrjujejo prvotno spoznanje, da je za vremensko situacijo sedanjega stoletja, zlasti pa po letu 1940 značilen odločilen kontinentalni poudarek, ki pa se izraziteje uveljavlja v določenih sezonskih stopnjah, čeprav v poprečju za vegetacijsko obdobje ni izrazitejši kot v dobi rastnega počitka. Primerjalna razčlenitev po mesecih je namreč pokazala, da je kritično klimatsko razhajanje najizrazitejše v dobi jelkine frondescence. Skladnost te ugotovitve z dognanjem o istočasnem kritičnem položaju jelkinega metabolizma utemeljuje spoznanje, da težišče fizioloških nenormalnosti, ki spremljajo hirajočo jelko, leži v začetku njene periodične rastne aktivnosti. Ta ugotovitev pa usmerja iskanje odgovora na zastavljeno vprašanje k zoženi in jasneje opredeljeni poti.

Obravnavani izsledki raziskovalnih okolnosti in ekološke pogojenosti obravnavane življenjske krize jelke pri nas potrjujejo izhodiščno hipotezo, da je prvenstveni vzrok za ta pojav pripisati tolikšnim premikom regionalnega podnebja h kontinentalnosti, ki za sedaj za velik del naših jelovih populacij presegajo njihovo ekološko amplitudo. Ta recentna rastiščna neadekvatnost ima za posledico nenormalno upadanje prirastka, ki pa ne prizadeva le tiste predele, kjer jelka že vidno peša in propada, ampak veliko širši areal, tolikšen, da ga brez zadostnega dokaznega gradiva za sedaj ne kaže prikazovati.

Iz teh ugotovitev se zastavljajo za raziskovalno delo ožje opredeljene naloge, zlasti na področju primerjalnega testiranja različnih jelovih provenienc in ekotipov, ki je v teku. Tako bo mogočen jasnejši uvid zlasti v tiste fiziološke razlike, ki so v sedANJI klimatični situaciji odločilne za obstanek in nadaljni razvoj te drevesne vrste. Pričakovana dopolnilna dognanja bodo omogočila ustrezno ukrepanje, ki bo premostilo in smotrno preusmerilo naravno zakonitost slabega šele po njegovem propadu z boljšim. Zlasti za jelko značilno fluktuacijo, ki se je v njeni zgodovinski preteklosti v zvezi s klimatičnimi spremembami najmanj že petkrat uveljavila s delnimi ali s popolnimi umiki, bo mogoče v sedanjem primeru s selektivnimi posegi ustrezno zavreti in tako zagotoviti njen obstanek ter uspešen razvoj tudi tedaj, če se bo recentna sekularna kontinentalizacija podnebja vendarle še nadaljevala.

DAS TANNENSTERBEN UND EINIGE BEGLEITERSCHEINUNGEN

(Zusammenfassung)

Die Erscheinung des Massensterbens der Tanne in Slowenien dauert schon 12 Jahre an, schreitet unaufhaltsam fort und verschärft sich so sehr, dass es zum erstrangigen waldbaulichen sowie ökonomischen Problem wurde, da es das Fortbestehen vieler unserer Wälder gefährdet. Die äusserst starke Betroffenheit der Tanne greift entscheidend in die Rolle dieser Baumart in unseren Waldbeständen ein und droht mit tiefgehenden unabsehbaren Folgen.

Aufgaben, welche angesichts dieses kritischen Zustandes vor der Waldwirtschaft stehen, liegen vor allem im Bereiche einer zielgemässen Erforschung der Umstände, innerhalb welcher der in Frage stehende Prozess zu Tage tritt, durch Wertung der ökologischen Ansprüche dieser Holzart in unseren Verhältnissen, ihrer kritischen biologischen Eigenschaften und durch Festsetzung und Durchführung von Massnahmen im Einklang mit bisherigen und neuen Erkenntnissen.

Im vorliegenden Beitrag, welcher die Fortsetzung und Vertiefung der bisherigen diesbezüglichen Arbeiten darstellt, werden mit Hilfe mehrseitiger Wertung der ökologischen Valenz der Tanne einige von ihren spezifischen biologischen Eigenschaften besser beleuchtet, welche eine breite Variabilität aufweisen und sich in vielen Zügen sowie Migrationsbedingungen einer einheitlichen ökologischen Zuordnung widersetzen. Aus diesem Grunde wurde das Tannensterben in Europa bisher sehr verschieden gedeutet, wobei einige Deutungen mehr von unseren Erkenntnissen abweichen, andere weniger, während wieder andere sie bestätigen.

Die erwähnten Forschungen verliefen nach komplexer Methodik, wobei mehrseitige Analysen und Kontrollen der jetzigen Situation und Entwicklung durchgeführt wurden, um zu einer zuverlässigen Beurteilung zu gelangen und auf diese entsprechende Folgerungen zu fundieren. Die Forschung wurde auf passende Geländeobjekte gestützt und die gewonnenen Resultate im Laboratorium geprüft.

Der behandelte Prozess des Tannensterbens zeigt in den 4 Beobachtungsjahren in den meisten Fällen eine typische Intensivierung auf, zugleich aber auch eine Erweiterung sowohl hinsichtlich des betroffenen Gebietes als auch der Übergreifung

auf einige noch verschonte Flächen innerhalb des gefährdeten Areals. Aus der Analyse des regressiven Prozesses auf den behandelten Objekten geht hervor, dass das Tannensterben im beobachteten Zeitraum ständige Forstschritte machte, obwohl in einigen Fällen der Schlusstrend des letzten Jahres eine gewisse Milderung aufweist.

Eine kausale Verbindung der Intensität des behandelten Prozesses mit den Reliefcharakteristiken war nicht mit Zuverlässigkeit festzustellen, wohl aber wurde eine solche mit der Bodenqualität aufgedeckt, wobei insbesondere die Abhängigkeit von der Kaliversorgung bedeutsam ist. Die Anteile anderer biogener Elemente im Boden hatten keinen konsequenten Einfluss, ausser das Kalzium, welches wahrscheinlich die Schwächung der betroffenen Tanne beschleunigt. Jedenfalls nähert sich die Tanne auf sauern Böden langsamer ihrem Untergang. Die Bodenstruktur und Bodentiefe konnten in keinen Zusammenhang mit der Intensität der Tannenschwächung gebracht werden .

Es war auch keine Korrelation zwischen dem Tannensterben und der Zugehörigkeit der Standorte den verschiedenen Vegetationstypen feststellbar. Die Bestandesverhältnisse übten einen Einfluss auf das Fortschreiten des Prozesses nur unter bestimmten Umständen, und zwar in Verbindung mit der Grundflächengrösse und mit dem Bestandesschluss, während das Alter und der Stammdurchmesser der Tannen keinen sichtbaren Einfluss aufzeigten, desgleichen nicht der Anteil anderer Holzarten im Bestand.

Die Reduktion der Zahl äusserlich gesunder Tannen ist bei den Individuen mit dünnsten Stämmen am stärksten und lässt mit wachsendem Durchmesser nach. Somit kann die behandelte Erscheinung nicht dem physiologischen Altern zugeschrieben werden. Das Schlusssterben der Tanne schreitet am langsamsten für unter den ältesten und stärksten Individuen, jedoch eindeutig nur dann, wenn die allgemeine Schwächung des Bestandes verhältnismässig langsam verlief, während sonst die Divergenz kleiner ist. Diese Korrelationen sind demnach stark abhängig von der durchschnittlichen Betroffenheit des Bestandes. Die Tanne ist also in Abhängigkeit von ihrem Alter und Stammstärke in ungleichem Masse dem Sterben unterworfen.

Die Kronengrösse ist mit der durchschnittlichen Betroffenheit des Tannenbestandes nicht korreliert. Eine Steigerung der Schwächung im Zusammenhange mit der Verkleinerung der Kronenprojektionsfläche wurde beobachtet, doch ist diese Abhängigkeit nicht konsequent, denn die grössten Kronen gehören nicht den äusserlich gesunden Tannen an, sondern denjenigen, welche mittelmässig oder auffallend betroffen sind. Das Anfangsstadium der

Schwächung hängt nicht von der Kronengrösse ab, vielmehr macht der Prozess um so schnellere Fortschritte, je kleiner die Kronen sind.

In den meisten Fällen versucht die Tanne die typische Reduktion der Krone mit Adventivästen zu kompensieren. Diese Reaktionsfähigkeit steht jedoch im Zusammenhang mit dem Alter der Tanne und lässt mit höherem Alter immer mehr nach. Eine sogenannte sekundäre Krone wird zwar durch alle Schwächungsstufen hindurch gebildet, immerhin ist aber die Zahl derartiger Individuen am grössten. Daraus kann geschlossen werden, dass die Adventiväste den ausgelösten Schwächungsprozess aufhalten.

Die Analyse der Verbreitung der Tannenmistel und des Tannenkrebses zeigte, dass die beiden keinswegs zu den primären Ursachen des typischen Tannensterbens gezählt werden können, wohl aber üben beide einen mehr oder weniger deutlichen Einfluss auf die Steigerung der Tannenschwächung aus. Die Mistel kommt in erster Linie auf älteren Individuen vor. Das gilt auch für den Krebs, jedoch nur bis zu einer bestimmten Stammstärke, so dass diese Krankheit nicht mit dem physiologischen Altern der Tanne in Zusammenhang gebracht werden kann.

Die Stammanalyse brachte die Erkenntnis, dass das Tannensterben mit Faktoren bedingt ist, welche gleichzeitig den Stärkezuwachs hemmen. Der Ausgangspunkt des abnormalen Rückgangs des Zuwachses liegt mindestens 20 Jahre zurück, das Nachlassen selbst aber verschärft sich im letzten Jahrzehnt ausserordentlich. Durch die Reduktion des Stärkezuwachses wird in der Regel der ganze Stamm betroffen, jedoch je nach Sektor verschieden, am stärksten im gipfelnahen Teile des Stammes. Es wurde ein enger Zusammenhang zwischen der rapiden Verengung der Jahresringe und dem Nachlassen der Vitalität der Tanne festgestellt. Es handelt sich also um spezifische physiologische Störungen, welche eine reduzierte Bildung von Assimilaten und ihren abnormalen Transport zur Folge haben, wodurch die Holzbildung stark vermindert wird. Der Vergleich des rapid verminderten Stärkezuwachses mit dem Grade der Betroffenheit zeigte, dass hierbei eine komplexe Interaktion in Frage steht und dass die erblich bedingte Individualität dabei wahrscheinlich eine bedeutende Rolle spielt. Zugleich ist die Vermutung berechtigt, dass die Bodenazidität und ein genügender Vorrat an Kalzium und Phosphor im Boden die abnormale Reduktion des Grundflächenzuwachses mildert, welche übrigens in ungleichen ökologischen Verhältnissen stark variiert. Der Vergleich mit der Fichte zeigte, dass die Ursachen des Tannensterbens den biologischen Ansprüchen der Fichte nicht widersprechen, da sie ihre Wüchsigkeit fördern.

Versuche im Laboratorium machen darauf aufmerksam, dass die Schwächung der Tanne mit dem nachlassen ihrer Assimilationstätigkeit während der Vegetationsperiode bedingt ist, wobei das bedeutendste Defizit im Zeitpunkt der Nadelentfaltung auftritt. Die festgestellten Unterschiede hinsichtlich des Wassergehaltes in den Nadeln bestätigten die Erkenntnis, dass es dabei nicht nur um eine absolute Reduktion der photosynthetischen Wirkung geht, sondern auch um eine geschwächte Aktivität einer bestimmten Produktionseinheit. Diese Abnormitäten im Prozess des Metabolismus variieren mit der Periodizität der Entwicklung im Laufe des Jahres und kommen im Stadium der neuen Nadelbildung besonders zum Ausdruck, weshalb dieses eine spezielle Aufmerksamkeit verdient.

Die entsprechende Wertung einiger morphologischen und anatomischen Charakteristiken der Nadeln in bezug auf die Betroffenheit der Tanne deutet auf eine Abhängigkeit zwischen dem Tannensterben und den morphologisch-anatomischen Veränderungen ihrer Nadeln in der Richtung ursprünglichen mehr oder weniger xeromorphen Ausbildung zum mesomorphen Typus. Diese Feststellung steht im Einklang mit der ermittelten Divergenz des Assimilationsapparates der sichenden Tannen hinsichtlich des Gewichtes und des Wassergehaltes ihrer Nadeln.

Die Wertung der klimatischen Verhältnisse in der rezenten Situation, verglichen mit den früheren Perioden, bestätigte unsere früheren Feststellungen und zeigte zugleich auch, dass die klimatischen Änderungen besonders ausgeprägt erscheinen um das Jahr 1940, also zu der Zeit, welche mit dem abnormalen Rückgang des Stärkezuwachses zusammenfällt, wie ihn die ausgesprochene Regression der Jahresringe auf den Chronogrammen veranschaulicht. Während einige klimatische Zeiger in den letzten 7 Jahren auf keine wesentlichen Veränderungen der bisherigen 20 Jahre dauernden Kontinentalisierung des Klimas schliessen lassen, deuten andere dennoch eine gewisse Milderung dieser Tendenz an, welche aus dem Vergleiche längerer Zeiträume hervorgeht. Diese Feststellungen könnten möglicherweise mit dem schon erwähnten Trend einer schwach in Erscheinung tretenden Milderung des Tannenrückganges auf einigen behandelten Versuchsobjekten in Zusammenhang gebracht werden.

Die in Betracht gezogenen klimatischen Elemente sowie die entsprechenden komplexen Zeiger bestätigen die ursprüngliche Erkenntnis, dass für die klimatische Situation des laufenden Jahrhunderts insbesondere nach dem Jahre 1940 eine entschieden kontinentale Tönung charakteristisch ist, welche in bestimmten Jahresabschnitten deutlicher zum Ausdruck kommt, ob-

wohl sie im Durchschnitt der Vegetationsperiode nicht ausgesprochener ist als im Durchschnitt der Ruheperiode. Eine Vergleichsanalyse nach einzelnen Monaten zeigte nämlich, dass die kritische klimatische Abweichung im Zeitpunkt der Nadelentfaltung am stärksten ist. Der Einklang dieser Feststellung mit der Erkenntnis der gleichzeitigen kritischen Lage des Metabolismus der Tanne begründet die Erkenntnis, dass der Schwerpunkt der physiologischen Abnormitäten, welche das Siechen der Tanne begleitet, am Beginn ihrer periodischen Wachstumsaktivität liegt. Diese Feststellung leitet uns beim Suchen einer Antwort auf die gestellte Frage auf einen engeren und klarer erfassten Weg.

Die behandelten Ergebnisse der erforschten Umstände und ökologischen Bedingtheit der Lebenskrise der Tanne in Slowenien bestätigen die Ausgangshypothese, dass die primäre Ursache dafür in einer so starken Schwankung des regionalen Klimas zur Kontinentalität hin zu suchen ist, dass diese für einen grossen Teil unserer Tannenpopulationen eine Überschreitung ihrer ökologischen Amplitude bedeuten. Diese rezente Verschlechterung der Standorte hat einen abnormalen Rückgang des Zuwachses zur Folge, welcher jedoch nicht nur diejenigen Waldkomplexe betrifft, in welchen die Tanne schon sichtlich verfällt, sondern ein viel umfassenderes Areal, so gross, dass es zur Zeit nicht möglich ist, es ohne genügendes Beweismaterial zur Darstellung zu bringen.

Aus diesen Feststellungen resultieren für die Forschung enger gefasste Aufgaben, vor allem auf dem Gebiete einer vergleichenden Testierung verschiedener Provenienzen und Ökotypen der Tanne, welche schon in Angriff genommen wurde. Auf diese Weise wird eine bessere Einsicht insbesondere in diejenigen physiologischen Unterschiede ermöglicht werden, welche in der heutigen klimatischen Situation für den Weiterbestand und Weiterentwicklung dieser Holzart entscheidend sind. Die erwarteten zusätzlichen Erkenntnisse werden entsprechende Massnahmen ermöglichen, welche erst nach dem Untergang des Schlechteren mit Hilfe des Besseren die natürliche Gesetzmässigkeit überbrücken und zielgemäss umleiten werden. Die für die Tanne charakteristische Fluktuation, welche in ihrer historischen Vergangenheit in Verbindung mit klimatischen Veränderungen mindestens schon fünfmal an teilweisen oder vollständigen Rückzügen kenntlich ist, wird diesmal mit selektiven Eingriffen entsprechend angehalten werden können, womit die Erhaltung und erfolgreiche Entwicklung der Tanne auch angesichts einer eventuellen weiteren Kontinentalisierung des Klimas gewährleistet sein werden.

UPORABLJENA LITERATURA

1. Ančák, J. : Príspevok k problematike pestovania a ochrany jedle (*Abies alba* Mill.) na Slovensku, Lesní časopis, 1965
2. Androić, A. ; Klepac, D. : Problem sušenja jele u Gorskom Kotaru, Lici i Sloveniji, Šumarski list, 1969
3. Anonymus : Pacific Southwest Forest and Range Experiment Station, Berkeley, Calif. Annual Report 196
4. Bardé, L. : Les sapinières sèches des Vosges Haut-Rhinoises, Bulletin de la Société Forestière de Franche-Comté et des Provinces de l'Est, 1955, No 5
5. Bednar, Z., Hošek, E., Raynoch, G. : Príspevok k poznání příčin ústupu jedle v byvalém Olomouchem kraji, Lesnický časopis, 1963
6. Bernardzki, E. : Untersuchungen zur Wahl des Verjüngungsverfahrens und Verjüngungszeitpunktes in Tannenbeständen an ihrer nordöstlichen Grenze in Polen, Zürich, 1965
7. Bertsch, K. : Der deutsche Wald in Wechsel der Zeiten, Tübingen, 1935
8. Bertsch, K. : Geschichte des deutschen Waldes, Jena, 1953
9. Beuschel, G. : 33- bis 54-jährige Anbauversuche mit *Abies grandis* in Bayern, Forstwiss. Centralblatt, 1968
10. Bezačinsky, H. : Problém odumierania jedle na Slovensku s pestovateľskeho hľadiska, Jedľa na Slovensku, Bratislava, 1960
11. Bosshard, H. : Wiesstannenholz, Schweizerische Z.f. Forstwesen, 1964
12. Bourgenot, L. : Influence des Conditions Météorologiques sur la Production Forestière. Bull. de la Soc. f. de F.-C. 1956
13. Brinar, M. : Življenjska kriza jelke na slovenskem ozemlju v zvezi s klimatičnimi fluktuacijami, Gozdarski vestnik, 1964

14. Brinar, M.: Dvojna številka švicarske gozdarske revije, posvečena jelki, Gozdarski vestnik, 1965
15. Brinar, M.: Znana in vendar nepriznana dejstva o naši jelki, Gozdarski vestnik, 1966
16. Brinar, M.: Ein mehrseitig nützlicher spontaner Tannenmutant, XIV.IUFRO Kongress, III., München, 1967
17. Bunuševac, T., Holić, B.: Klimatische Verhältnisse in Nordostserbien und die Erscheinung des Eintrocknens der Stämme in seiner Buchenwäldern, Bez. des 13.Kongresses IUFRO, Wien, 1961
18. Čermák, M.: Osudy jedle na Slovensku, Jedľa na Slovensku, Bratislava, 1960
19. Dannecker, K.: Schlägt dem Wisstannenwald in Europa die Schicksalsstunde ? Holz-Zbl., 1965
20. Debarac, E., Claude, M.: Nouvelles observations sur le débourrement et la croissance en longueur de quelques espèces de sapin, Rev.Forest.Franc. 1967
21. Em, H.: Osameno naokalište na elata na Maleševskite planini, Godišen zbornik na Zem. šum.fak. Skopje, 1964
22. Fukarek, P.: Die Tannen und Tannenwälder der Balkanhalbinsel, Schweizerische Z.f.Forstwesen, 1964
23. Fukarek, P.: Jelke in jelovi gozdovi Balkanskega polotoka, Gozdarski vestnik, 1966
24. Gajić, M.: Zaostalo stanište jele na Gledićkim planinama, Šumarstvo, 1956
25. Gajić, M., Kitić, D.: Bukovo-jelove šume (Abieto-Fagetum Jov.) planine Jastrebac, Šumarstvo, 1967
26. Gerweck, H.: Ist die Naturverjüngung der Weisstanne ein Problem, Holz-Zentralblatt, 1964
27. Gudeski, A.: Morfološki i anatomski karakteristiki značajni za taksonomija na Abies alba Mill. cephalonica Lond., disert. Skopje, 1965

28. Hellmers, H.: Temperature Action and Interaktion of Temperature Regimes in the Growth of Red Fir Seedlings, Forest Science, 1966
29. Huber, B.: Konnte die Tanne bei ihrer nacheiszeitlichen Einwanderung die Zentralalpen überschreiten? Forstwiss. Centralbl., 1966
30. Intribus, R.: Sekularne zmeny klimy a ich vplyv na ustup jedle v ČSSR a v Strednej Europe, Jedľa na Slovensku, Bratislava, 1960
31. I. P.: O poučnom izletu slušača kr. šumarske akademije zagrebačke u gor. Krajinu i hrv. Primorje, Šumarski list, 1901
32. Janota, I.: Vlastnosti a význam jedle v preimyselnom využití, Jedľa na Slovensku, Bratislava, 1960
33. Jurhar, F.: Vnašanje jelke v naše gozdove, Gozdarski vestnik, 1964
34. Kern, K.: Die Beziehungen zwischen einigen Kronenwerten und den Nadelrockengewicht bei Fichte und Tanne, Allg.F.u. Jagdzeit, 1962
35. Kiellander, C.: Picea, Abies, Pseudotsuga, Handbuch der Pflanzenzüchtung, 2. VI. 1962
36. Klepac, D.: Utjecaj imele na prirast jelovih šuma, Šumarski list, 1955
37. Klepac, D.: O nekim normalama u jelovim prebornim šumama, Šumarski list, 1961
38. Kordiš, F.: Problemi pri obnovi jelovih gozdov, Gozdarski vestnik, 1964
39. Kordiš, F.: Omela ogroža jelove gozdove, Gozdarski vestnik, 1968
40. Kraus, H.: Weisstannen-Vorkommen und Weisstannen-Sterben in Thüringen, Forst und Jagd, 1957
41. Kraus, H.: Das Tannenproblem - ein synökologisches Problem? Forst und Jagd, 1960
42. Kuoeh, R.: Wälder der Schweiz. Alpen im Verbreitungsgebiet der Weisstanne, Mitt. d. Schweiz. Versuchsanstalt, 1954

43. Kušan, F., Klapka : Ein sonderbarer Tannenwald auf dem Biokovo in Dalmatien, *Informationes botanicae*, 3, Zagreb, 1964
44. Kuznecov, N., Sočova, V. : O proishoždenii bukoviĥ lesov Kavkaza, *Izv. Akad. nauka SSSR, Serija biolog.* 2, Moskva-Leningrad, 1949
45. Langner, H. : Einwanderung und Ausbreitung der Weisstanne in Süddeutschland, *Forstw. Centralbl.*, 1963
46. Leibundgut, H., Heller, H. : Photoperiodische Reaction, Lichtbedarf und Austreiben von Jungpflanzen der Tanne (*Abies alba* Mill.), Beiheften zu den Zeitschriften des Schweiz. Forstvereins, 1960.
47. Lines, R. : Common Silver Fir in Britain, *Scottish Forestry*, 1960
48. Lines, R. : Diary for IUFRO, Section 22 working group on provenance, 1965
49. Löffler, H. : Güteermkmale des Schnittholzes der Weisstanne mit besonderer Berücksichtigung des Schilfers, *Schweizerische Z.f. Forstwesen*, 1964
50. Löfting, E. : Danmarks Aedelgranproblem, 2, *Det Forstlige Forsogswaesen i Danmark*, XXVI, 1959
51. Mayer, H. : Waldbauliche Aspekte der Entstehung des nord-alpinen Tannen-Buchenwaldes, *Schw. Z.f. Forstwesen*, 1962
52. Mayer, H. : Marokkanische und numidische Tanne im nordafrikanischen Atlas, *Forstwiss. Cbl.*, 1965
53. Mayer-Wegelin, H., Jung, L. : Forstlich-bodenkundliche Ermittlung in einem nordanatolischen, von bäerlicheh Siedlungen durchsetzten Waldgebiet, *Forstwiss. Centralbl.*, 1967
54. Mergen, F., Burley, J. : *Abies* karyotype analysis, *Silvae Genetica*, 1964
55. Mergen, F., Burley, J., Simpson, B. : Artificial hybridization in *Abies*, *Züchter*, 1964
56. Messeri, A., Salvi, F. : Contributi alla conoscenza della ecologia dell'abete bianco (*Abies alba* Mill.), *Annali della Accad. Ital. di Science Forestali*, Firenze, 1964

57. Meyer, P.: Die wäldbauliche Behandlung der Weisstanne auf Rissmoräneböden, Schweiz. Z.f.Forstwesen, 1964
58. Miletić, Ž.: Prilog poznavanju uzroka sušenja bukve u Južnom Kučaju, Šumarstvo, 1958
59. Missuth, J.: Kalamita jedlôva a medovica, Jedla na Slovensku, Bratislava, 1960
60. Mlinšek, D.: Sušenje jelke v Sloveniji - prvi izsledki, Gozdarski vestnik, 1964
61. Morandini, R.: L'abete bianco di Serra S. Bruno, Pubblicazioni della Stazione sperimentale di selvicoltura, Firenze, 8, 1951
62. Myers, O., Bormann, F.: Phenotypic variation in *Abies balsamea* in response to altitudinal and geographic gradients, Ecology, 1963
63. Neuwirth, G.: Der CO₂-Stoffwechsel einiger Koniferen während des Knospenaustriebes, Biol. Zbl. 1959
64. Neuwirth, G.: Neue Erkenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Gasstoffwechsel und Ertrage von Waldbäumen, Archiv f. Forstwesen, 1967
65. Panagiotidis, N.: Tannenplenterwälder in Griechenland, Forstwissenschaftliche Forschungen, Beihefte zum Forstwissenschaftlichen Centralblatt, 1965
66. Paoly, D.: Aperus sur l'écologie du sapin de Cephalonic et de hybrides. Rev. forest. franc., 1962
67. Piskernik, M.: Rast jelke na jugovzhodnem slovenskem gorskem krasu in njeno ekološko ozadje, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo Slovenije, 1968
68. Rehfuess, K.: Standort und Ernährungszustand von Tannenbeständen (*Abies alba* Mill.) in der südwest-deutschen Schichtstufenlandschaft, Forstwiss. Centralbl. 1967
69. Rehfuess, K.: Über den Ernährungszustand nordostbayerischer Tannenbestände (*Abies alba* Mill.), Forstwiss. Centralblatt, 1968

70. Rehfuess, K.: Beziehungen zwischen dem Ernährungszustand und Wuchsleistung südwestdeutscher Tannenbestände (*Abies alba* Mill.), Forstwiss, Centralbl., 1968
71. Richard, F.: Untersuchungen über Wassergehaltsschwankungen im sauren, unvollkommen durchlässigen Rissmoränenboden "Aspi" in Langenthal, Schweizerische, Z.f. Forstwesen, 1964
72. Rohmeder, E., Schönbach, H.: Genetik und Züchtung der Waldbäume, 1959
73. Rudolf, H.: Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit den Beginn der regelmässigen Instrumenten-Beobachtungen, Die Wissenschaft, 122, Braunschweig, 1967
74. Savčenko, A.: Priznaki žiznesposobnosti podrosta pihti sibirskoi, Lesnoe hozjajstvo, 1965
75. Savčenko, A., Butkuto, A.: Viživaemost podrosta pihti sibirskoj na virubkah, Lesnoe hozjajstvo, 1967
76. Schütz, J.: Etude des phénomènes de la croissance en hauteur et en diamètre du sapin et de l'èpicea dans une forêt vierge, Zürich 1969
77. Seitschek, O.: Die Weisstanne im Bodenseegebiet, Beiheft z. Forstwiss. Centralbl., 1967
78. Spaić, I.: Suzbijanje moljca jelinih iglica 1968. god. u Gorskom Kotaru, Šumarski list, 1969
79. Stolina, M.: Problemy ochrany lesa v jedlinach na Slovensku, Jedľa na Slovensku, Bratislava, 1960
80. Strineka, M.: Uspijevanje jele u Zagrebačkoj gori i njena staništa, Šumarski list, 1929
81. Susmel, L.: Ecologia, biologia e possibilità di coltivazione dell'Abete bianco (*Abies alba* Mill.) nell'Apennino centro meridionale, L'Italia Forestale e Montana, 1959
82. Šafar, J.: Proces pomladjivanja jele i bukve u hrvatskim prašumama, Šumarski list, 1953

83. Šafar, J.: Problem sušenja jele i način gospodarenja na Macelj gori, Šumarski list, 1965
84. Šafar, J.: Pojava proširivanja bukve u Dinaridima Hrvatske, Šumarski list, 1965
85. Šafar, J.: Prilozi rješavanja problema o održavanju i podmladjivanju jele na području Gorskog Kotara, Šumarski list, 1969
86. Tongiorgi, E.: Documenti per la istoria della vegetazione della Toscana e del Lazio, Nuovo Giorn.Bot. Ital., 1936
87. Tosić, M.: O nalazu piramidalnog varieteta jele (*Abies alba* Mill.) u okolini Sjenice, Šumarstvo, 1963
88. Tosić, M.: O somatskoj mutaciji jednog stabla jele (*Abies alba* Mill), Šumarstvo, 1966
89. Van Miegroet, M.: Die Position der Weisstanne in Belgien, Schweiz. Zeitschrift f. Forstwesen, 1964
90. Vinš, B.: Problematika jedle u českyh krajich, Jedla na Slovensku, Bratislava, 1960
91. Wagner, A.: Klimaänderungen und Klimaschwankungen, 1960
92. Welten, M.: Über die spät- und postglaziale Vegetationsgeschichte des Simmentals, Veröff. geobot. Inst. Rübel, 26, 1952
93. Wenzel, K.: Weisstannen in nördlichen Arboretum der Welt, Allgem. Forstzeitschrift, 1961
94. Wraber, M.: Vzroki hiranja jelke na Logaški in Rakitniški planoti, Gozdarski vestnik, 1948
95. Zentgraf, E.; Barner, J.: Die Aufnahme radioaktiven Phosphates durch die Wurzel der Tanne, Allg. F. u. Jagdzeit., 1955
96. Zoller, H.: Zur postglazialen Ausbreitungsgeschichte der Weisstanne (*Abies alba* Mill.) in der Schweiz, Zeitschr. f. Forstwesen, 1964
97. - : Wertvolle Herkünfte forstlicher Baumarten in der Bundesrepublik Deutschland, München, 1967.