

INŠTITUT ZA GOZDNO IN LESNO GOSPODARSTVO  
pri Biotehniški fakulteti v Ljubljani

KORENINE GOZDNIH DREVES IN NJIHOV POMEN  
V GOZDNEM EKOSISTEMU

Raziskovalna naloga

Nosilec naloge:

Dr. Marjan ZUPANČIČ, dipl. ing.

Direktor:

Marko KMECL, dipl. ing.

Projekt: Gozdna ekologija, valorizacija gozdnega prostora  
in izraba gozdnorastiščnih zmogljivosti

Šifra naloge: 005

Naročnik raziskovalne naloge:

Raziskovalna skupnost Slovenije  
in  
združeno delo

Trajanje naloge: 1981 - 1985

Vodja naloge: dr.Marjan Zupančič,dipl.inž.gozd.

Svetovalci in sodelavci pri raziskovalni nalogi:

Prof.dr.Dušan Mlinšek, Biotehniška fakulteta

Asim Abdul-Hadi, podiplomski študent iz Iraka

Dipl.ing.Janko Kalan, Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo

Dipl.biolog Jana Lebez, Biotehniška fakulteta

Dipl.biolog in dipl.ing.gozd. Hojka Kraigher

Rudi Omovšek, samostojni tehnični sodelavec

Vsem se za požrtvovalno sodelovanje, za mnoge predloge in pobude, iskreno zahvaljujem.

UDK 630 \* 181.36

*I z v l e č e k*

ZUPANČIČ, Marjan: KORENINE GOZDNIH DREVES IN NJIHOV POMEN V  
GOZDNEM EKOSISTEMU

Podari so pregled literature in rezultati petletnih raziskovanj: 1. raziskave na koreninskem sistemu zasejancev črnega bora na slovenskem krasu. Korenine so pokazale izredno prilagodljivost na kamnita tla. Podani so zaključki glede vzgoje sadik in pogozdovanja na krasu in v sušnih razmerah. 2. vegetativna regeneracija listavcev iz koreninske biomase na zelo suhih rastiščih. Mlado drevesce mora najprej tvoriti močan koreninski sistem, kar omogoča kasnejše preživetje v težkih rastiščnih razmerah in pod uničevalnim vplivom človeka. Ohranjena koreninska biomasa je tudi dragocena osnova za obnovo močno degradiranih gozdov; 3. mikromorfologija korenin kot možnost raziskav korenin. Podani so prvi rezultati.

Gesla: Drevesne korenine, biomasa, vzgoja sadik, pogozdovanje, vegetativna regeneracija, panjevski gozd, degradiran gozd, obnova gozda, morfologija korenin

*S y n o p s i s*

ZUPANČIČ, Marjan: WURZELN DER WALDBÄUME UND IHRE BEDEUTUNG IN  
WALD-ÖKOSYSTEM

Literaturübersicht und Ergebnisse von fünfjährigen Untersuchungen werden dargestellt: 1. Untersuchungen an Wurzelsystem von Schwarzkiefer-Naturverjüngung im slovenischen Karst mit Schlussfolgerungen für Pflanzenanzucht und nachfolgender Aufforstung trockener Standorte; 2. Vegetative Regeneration aus Wurzel-Biomasse von Laubbäumen an sehr trockenen Standorten. Im Jugendstadium ist Ausbildung von kräftigen Wurzelsystems entscheidend für das spätere Ueberleben unter Belastungen von schwierigen Standorten und dem destruktiven mensch-

lichen Einfluss. Erhalten gebliebene Wurzel-Biomasse ist eine kostbare Grundlage für Erneuerung von stark degradierten Wäldern; 3. Wurzel-Mikromorphologie als Möglichkeit von Wurzeluntersuchungen. Die ersten Ergebnisse werden dargestellt.

Stichworte: Baumwurzeln, Biomasse, Forstpflanzenanzucht, Aufforstung, Vegetative Regeneration, Niederwald degradiertes Wald, Walderneuerung, Wurzelmorphologie.

VSEBINA

Stran:

1.	UVOD	1
2.	PREGLED RAZISKAV KORENIN GOZDNIH DREVES PO LITERATURI	3
2.1.	Struktura koreninskih sistemov	3
2.1.2.	Dolge korenine	4
2.1.3.	Kratke korenine	5
2.1.4.	Koreninski laski	5
2.1.5.	Mikoriza	6
2.2.	Rast korenin	7
2.2.1.	Metode raziskovanj	7
2.2.2.	Primarna rast korenin	8
2.2.3.	Sekundarna rast	9
2.2.4.	Uraščevanje rasti korenin	9
2.2.5.	Razvoj koreninskega sistema s starostjo	10
2.3.	Vplivi okolja na rast in oblikovanje koreninskega sistema	10
2.4.	Razporeditev korenin v tleh	12
2.4.1.	Razvoj v globino	13
2.4.2.	Stranska rast korenin	13
2.5.	Količina koreninske biomase	14
2.5.1.	Metode ugotavljanja	14
2.5.2.	Razmerje količine biomase med nadzemnim in koreninskim delom drevesa	15
2.5.3.	Brutto in netto prirastek koreninske biomase	15
2.5.4.	Respiracija	16
2.5.5.	Odmiranje in obnavljanje korenin	16
2.6.	Strategija in prilagodljivost koreninskega sistema	17
2.6.1.	Vegetativna regeneracija drevesnega osebka iz koreninske biomase	18
2.7.	Škodljivi antropogeni vplivi na korenine	20
2.7.1.	Zbitost gozdnih tal zaradi težke meha- nizacije v gozdu	21
2.7.2.	Problemi korenin v gozdnem drevesničarstvu	22
2.8.	Zaključek	23
3.	RAZISKAVE NA KORENINSKEM SISTEMU NARAVNIH ZASE- JANCEV ČRNEGA BORA NA SLOVENSKEM KRASU	24
3.1.	Uvod	24
3.2.	Metode in material	25
3.3.	Rezultati	27
3.4.	Razprava	32
3.5.	Zaključki za prakso (vzgoja sadik, kontej- nerske sadike, saditev na terenu)	26
3.6.	Povzetek	38

4.	VEGETATIVNA REGENERACIJA IZ KORENINSKE BIOMASE PRI LISTAVSKIH DREVESNIH VRSTAH NA ZELO SUHEM RASTIŠČU	40
4.1.	Uvod	40
4.2.	Vegetativna regeneracija in razmnože- vanje kot strategija življenja	41
4.3.	Material in metode raziskave	43
4.4.	Rezultati	45
4.4.1.	Raziskovanja na črnem gabru ( <i>Ostrya carpinifolia Scop.</i> ) in belem jesenu ( <i>Fraxinus ornus L.</i> )	45
4.4.2.	Raziskovanja na hrastu puhavcu	54
4.5.	Razprava o rezultatih	56
4.6.	Povzetek	61
5.	MIKROMORFOLOGIJA KORENIN KOT MOŽNOST RAZISKAV KORENIN	63
5.1.	Uvod	63
5.2.	Cilj raziskave	64
5.3.	Material in metode dela	65
5.4.	Rezultati	69
5.5.	Razprava o rezultatih	73
5.5.1.	Rastišče in mikromorfologija korenin	73
5.5.2.	Problem jemanja vzorcev	74
5.5.3.	Izgledi raziskav mikromorfologije korenin	75
5.6.	Povzetek	76
6.	SEZNAM LITERATURE	78
7.	PRILOGA	88
	Shematski prikaz analize vzorcev hrasta puhavca ( <i>Quercus pubescens Willd.</i> ).	

## 1. UVOD

Nadzemni del gozdnih dreves nam je stalno dostopen za opazovanja. Čisto drugače je pa s podzemnim delom dreves, to je z njihovimi koreninami, ki je najmanj toliko pomemben, kot nadzemni del drevesa. Neposredno opazovanje rasti in razvoja korenin v naravnem okolju je praktično nemogoče. Pri vsej številnosti metod raziskovanj korenin daje vsaka le del tistega, kar rabimo (profilne stene, izrezi talnih vzorcev, opazovanje korenin za stekleno steno itn.). Kljub postopnemu napredku raziskovalnih metod in uporabi najmodernejših sredstev (npr. radioaktivni izotopi), ostaja raziskovanje korenin še vedno zelo težavno.

Vendar so korenine privlačevale mnoge raziskovalce. Prve korenske raziskave, sicer le na kmetijskih rastlinah, izvirajo že iz 18. stoletja (Böhm 1879), iz Anglije in Francije. Posebno je oživelo raziskovanje korenin v drugi polovici 19. stoletja v Nemčiji, seveda predvsem na kmetijskih rastlinah. Danes lahko na vsem svetu naštejemo že okoli 3000 publikacij, ki se ukvarjajo z drevesnimi koreninami.

Pri raziskovanju korenin so si temeljna in uporabna raziskovanja zelo blizu. Med temeljne probleme raziskovanja korenin lahko štejemo rast korenin, razmerje med nadzemnim delom in koreninami, razpored korenin v odvisnosti od rastišča, vegetativna regeneracija dreves iz koreninske biomase, pomen odmrle koreninske biomase itd.

Gozdarska praksa pa ima tudi vrsto problemov, ki kličejo po raziskavah korenin, npr. deformiranost koreninskega sistema gozdnih sadik, zbitost tal zaradi težke mehanizacije v gozdu, pomen stabilizatorskih drevesnih vrst z globokimi koreninami



za stabilnost sestoja, obnova močno degradiranih gozdov z vegetativno regeneracijo. V novejšem času je nastopil še problem umiranja gozda, ki terja raziskave na koreninah prav tako, kot raziskave na nadzemnem delu drevesa. Dalje eksploatacija gozda sega že po drevesnih koreninah, čeprav je koreninski les zelo malo uporaben. Tudi tukaj naj bi raziskovanje reklo svojo besedo.

V tem velikem izboru raziskovalnih problemov smo se pri dosedanjem delu odločili, seveda v okviru danih možnosti, za sledeče:

- značilnosti koreninskega sistema mladih zasejancev črnega bora na slovenskem krasu,
- strategija preživetja listavskih drevesnih vrst z vegetativno regeneracijo iz koreninske biomase na zelo suhih rastiščih,
- mikromorfološka opazanja na smreki na različnih rastiščih.

Ti problemi so predstavljeni v tem elaboratu kot samostojna poglavja. Kot uvod v problematiko pa elaborata podajam pregled literature o dosedanjih raziskavah korenin gozdnih dreves. Pri tem se opiram posebno na novejšo literaturo, sicer pa na delo Hermann 1977.

## 2. PREGLED RAZISKAV KORENIN GOZDNIH DREVES PO LITERATURI (Seznam literature glej na koncu elaborata)

### 2.1. Struktura koreninskega sistema

Drevesni koreninski sistem je že na prvi pogled sestavljen iz morfološko različnih korenin, ki pa imajo tudi različno fiziološko vlogo. O pomenu morfološke različnosti korenin pri različnih rastiščnih pogojih je še malo jasnosti in prav tako o fiziološkem pomenu različnih korenin. Sistematiziranje in imenoslovje različnih vrst korenin se opira še vedno predvsem na morfološki opis. Za gozdarske potrebe morda najboljše odgovarja sistematizacija in poimenovanje različnih korenin, kot ga najdemo v delu Köstler et al. 1968. Kot primer novejša klasifikacije korenin naj navedem delo Licht 1982.

#### 2.1.1. Različnost koreninskih sistemov

Drevesnih koreninski sistemi so sestavljeni najprej iz primarnih (glavnih) korenin, ki se seveda razvejujejo s sekundarnimi oz. stranskimi koreninami. Anatomske stranske korenine izvirajo iz ene od zunanjih plasti tkiva glavnih korenin (pericyclus). Stranske korenine so lahko tudi adventivnega izvora, torej njihove zasnove ne najdemo v embriju drevesnega osebka, ampak nastane kasneje. Primarne (glavne) korenine kažejo geotropno rast, torej rastejo več ali manj navpično v zemljo. Ostale korenine rastejo v glavnem bolj poševno v tla ali pa sploh ne kažejo kakega odziva na silo težnosti. Dalje je razmeroma lahko opazna značilnost koreninskih sistemov, da se del korenin drži površja tal, drugi del pa prodira v globino.

Mnogim drevesnim vrstam manjka del koreninskega sistema, ki se razvija v globino. Sicer pa klasifikacija koreninskih sistemov uporablja morfološke značilnosti. Poznamo predvsem kla-

sifikacijo koreninskih sistemov na korenaste, ki najbolj prodirajo v globino (npr. hrast), na šopaste, ki tudi še močno prodirajo v globino tal (npr. bukev), in na površinske koreninske sisteme (smreka). Pri korenastem sistemu imamo izrazito glavno korenino, srčasti koreninski sistem ima več navpičnih korenin. Ta enostavna klasifikacija izvira še iz prejšnjega stoletja. Kasneje so nastale še razne druge klasifikacije koreninskih sistemov, ki upoštevajo razvitost korenin v globino in širino, razmerje med širino in dolžino korenin, intenzivnost razvejanja na robu koreninskega sistema itn.

### 2.1.2. Dolge korenine

Nekatere klasifikacije dajejo velik pomen obstoju kratkih in dolgih korenin, ki se po morfologiji, anatomskih značilnostih in fizioloških funkcijah med seboj razlikujejo. Za dolge korenine, glavne ali stranske, je značilno, da imajo kot anatomске elemente večje število protoksilemskih skupin, ter v sredini stržen. Konec korenine je koničast in ima izrazito koreninsko kapico. Pri teh koreninah se dolgo ohranja primarna struktura korteksa, čeprav imajo sicer že sekundarno anatomsko zgradbo. Kasneje se začne deliti periciklična plast celic in tako se tvori sekundarni korteks. To je tudi čas postopnega debelenja korenine, ki tako ostane stalni del koreninskega sistema. Sicer debele korenine poganjajo iz bližine koreninskega vratu in kažejo naglo rast v dolžino. Na ta način se lahko razvijajo tudi sekundarne (stranske) korenine in tudi korenine, ki poganjajo iz njih. Tudi kratke korenine se lahko spremenijo v dolge. Izgleda, da dolge korenine poganjajo predvsem iz debelejših matičnih korenin.

Tvorbo novih stranskih korenin, ki hitro rastejo v dolžino, opažamo pri poškodbah koreninskih sistemov. Npr. pri odstranitvi vršnega oziroma zadnjega dela korenine, se iz primordijev, ki so nastali že pred poškodbo, stvori nova stranska korenina,

ki hitro raste v dolžino in debelino, nadomesti poškodovano korenino in postane stalni sestavni del koreninskega sistema. Reakcije posameznih drevesnih vrst ali celo v okviru vrste posameznih ras, je lahko zelo različna. Drevo lahko svoj poškodovani koreninski sistem regenerira z novimi dolgimi koreninami, pa tudi s povečano tvorbo novih kratkih korenin. Svojo vlogo pri tem utegnejo imeti tudi rastlinski hormoni, predvsem auxin, ki ga izločajo mikorizne glive.

### 2.1.3. Kratke korenine

Kratke korenine so znane tudi kot fine korenine. So posebno pomembne pri sprejemanju hranljivih snovi in vode iz tal. V nasprotju z dolgimi koreninami imajo okrogle koreninske kapice. Na kratkih koreninah se najraje naselijo mikorizne glive. Rastejo počasi in imajo kratko življenjsko dobo, od nekaj dni do nekaj let. Kratke korenine brez mikorizne obloge imajo krajšo življenjsko dobo kot z mikorizo obdane. Tanke kratke korenine imajo krajšo življenjsko dobo kot debele. Vzrok odmiranja kratkih korenin ni dobro znan, najbrž je to izčrpanje hranilnih snovi in vode v območju teh korenin, pa tudi razporeditev asimilatov v okviru rastline.

### 2.1.4. Koreninski laski

so izrastki iz epiderme pri listavcih ter pri iglavcih izrastki iz druge ali tretje plasti kortikalnih celic pri dolgih stranskih koreninah. Koreninski laski se navadno pojavijo v ozkem pasu takoj za aktivno rastočim vrhom korenine. Razvejanje koreninskih laskov ni običajno. Koreninski laski se obilneje pojavijo tam, kjer ni mikorizne glive, toda pojavljajo se tudi skupaj z mikorizo. Izgleda, da imajo pomembno vlogo pri sprejemanju fosfatov, posebno če manjka mikoriza.

### 2.1.5. Mikoriza

Po definiciji je mikoriza sožitje glive in živega tkiva korenin. O mikorizi imamo posebno zadnji čas veliko prispevkov v literaturi. Razlikujemo dva glavna tipa mikorize, ektomikorizo in endomikorizo. Ektomikoriza kot obloga obdaja korenino in prodira tudi z intercelularnimi hifami med celice koreninskega korteksa. Endomikoriza prodira s svojimi hifami tako med celice, kakor tudi v celice korteksa. Na gozdnem drevju najdemo predvsem ektomikorizo, ki jo sestavljajo višji bazidiomiceti. Pojavlja se predvsem na kratkih koreninah in zelo malo na dolgih stranskih koreninah.

Odnosi med mikorizno glivo in gostiteljem so raznovrstni in kompleksni. Mikoriza vpliva tudi na razvoj korenine, njeno dolžinsko rast, razvejanje, suberizacijo. Mikoriza brani gostitelja tudi pred napadom patogenih organizmov, s tem da tvori fizično pregrado in izloča antibiotike (primerjaj Bücking 1979). Pomembno je predvsem, da mikoriza omogoča korenini boljše sprejemanje hranil, posebno fosforja (Bowen, Theodoru 1967).

Izgleda, da so korenine z mikorizo učinkovitejše pri črpanju hranilnih snovi iz tal zaradi večje funkcijske dolgoživosti, kot korenine brez mikorize.

Povezanost med zbiranjem ogljikovih hidratov v koreninah in med ektomikorizo so že večkrat tudi s poskusom dokazali. Ni pa dovolj jasnosti o tem, ali je to vzrok ali posledica inficiranja korenin z mikoriznimi glivami. Kroženje hranil in energije v mikoriznih koreninah in v tistih brez mikorize še ni dokončno in zadovoljivo pojasnjeno.

Literatura o mikorizi je zelo obširna (Atkindon 1983, Bowen et Theodory 1967, Egli 1981, Froidevaux 1981, Froidevaux, Kälin 1981, Cogala 1979, Haselwandter 1984, Meyer 1985, Mollina 1979, Riedacker et al. 1978, Sölbl 1981). Mikorizo raziskujejo tudi v zvezi z umiranjem gozda (Gehrmann 1984, Hüttemann et al. 1982, Keller 1979, Liss et al. 1984, Meyer 1984), v zvezi z gozdnim drevesničarstvom in pogozdovanji (Gölbl 1980, Tacon 1978). Sicer je problematika mikorize tako široka, da bi zaslužila posebno obravnavanje.

## 2.2. Rast korenin

### 2.2.1. Metode raziskovanj

Opazovanje rasti korenin je za raziskovanje zelo težek problem. Imamo celo vrsto metod za raziskovanje korenin in njihove rasti, ki zahtevajo tudi zelo drago opremo in veliko dela. Rezultati raziskovanj različnih avtorjev se pa večkrat med seboj le slabo skladajo. Ločimo v glavnem dve vrsti metod. Pri prvi korenine tako ali drugače odkopljemo, opazujemo njihovo velikost, obliko in druge značilnosti. S tem dobimo nekaj podatkov o trenutnem stanju korenin nekega drevesnega osebka. Sem spadajo izkopavanja celotnega koreninskega sistema, ruvanje korenin s stroji, izpiranje korenin, profilne stene itn. Druga vrsta metod omogoča neposredno opazovanje rasti korenin v nekem časovnem obdobju. Pri tem moramo koreninski prostor precej denaturirati, vgraditi na primeren način stekleno ploščo itn. O metodah glej Böhm 1979. Problem pri izkopavanju korenin so najdrobnejše korenine, katere pri izkopavanju ali izpiranju skoraj ne moremo zajeti. Izredno težavno je najti in prepoznati dolge tanke korenine, odmrle tanke korenine, določiti pripadnost korenin posameznim drevesnim oz. rastlinskim vrstam. Različni avtorji postavljajo različne meje med najdrobnejšimi koreninami in ostalimi koreninami. Korenine tanjše od 1 mm so za raziskovanje gotovo težje dostopne, jih sploh težko zajamemo in ugotovimo.

Od ostalih raziskovalnih metod naj še omenim različne načine ugotavljanja intenzivnosti prekoreninjenja oz. vitalnosti korenin pri sprejemanju vode in hranil iz tal. Pri tem merijo: celotno dolžino korenin, ločeno po talnih horizontih, na enoto površine tal ali volumna tal; površino preseka korenin na  $1 \text{ m}^2$  talnega profila; površino korenin, preračunano iz njihove debeline in dolžine, ali pa volumen korenin na enoto volumna tal. Nekateri avtorji se zanimajo predvsem za "absorbirajočo težo korenin", kjer upoštevajo samo drobne korenine in korenine z mikorizo. Imamo tudi različne metode opazovanja rasti korenin z radioizotopi, kjer moramo rastlino in njene korenine prestaviti v umeten biotop. To velja tudi za opazovanja rasti korenin v prozornih valjih ali zabojih s stekleno steno, kjer utegnejo rastline drugače reagirati, kot v naravnem okolju. Dalje imamo metodo, kjer dosežemo tvorbo nove drevesne korenine in to korenino speljemo v posodo, kjer jo opazujemo. Od vse te množice metod ima vsaka svoje omejitve in slabosti, ki jih je treba upoštevati.

#### 2.2.2. Primarna rast korenin

Konce korenin, ki rastejo v dolžino, prepoznamo po svetli barvi, ki je razločno drugačna od rjavkaste barve ostale korenine. Področje rasti v dolžino se nahaja za pasom meristematičnega tkiva, ki ga pogosto smatrajo kot točko, v kateri korenina raste. Novo nastale celice se hitro povečujejo, predvsem v vzdolžni smeri.

Hitrost rasti v dolžino je odvisna med ostalim od različnih faktorjev okolja, predvsem od temperature in vlage. Dnevna rast lahko doseže tudi 56 mm (Kozłowski 1971).

Aktivnost korenin, to je njihova rast v dolžino in tvorba stranskih korenin, poneha pozimi in ponovno začne spomladi.

V času rastle dobe imamo eno ali več obdobij rasti in počivanja rasti korenin. Navadno rast korenin poneha sredi poletja in se nadaljuje v jeseni. Sicer pa posamezne korenine istega drevesa kažejo precej različno rast. Med tem, ko ena korenina počiva, lahko druga naglo raste. Tako opažamo različen sezonski ritem rasti pri glavnih koreninah v primerjavi s stranskimi koreninami. Poleg tega imamo različna medsebojna učinkovanja pri rasti korenin. Tako lahko rast stranskih korenin zmanjša rast pripadajoče glavne korenine. Koreninski laski rastejo v jeseni ali v času suše, ko rast glavnih korenin popusti. Sezonsko periodičnost rasti korenin je preučil Riedacker 1976 in Hoffmann 1972, Turner, Streule 1982, .

### 2.2.3. Sekundarna rast

Novo nastale korenine se začenjajo debeliti s pomočjo sekundarnega kambija, ki tvori floem in ksilem. Debelinska rast korenin je mnogo bolj nepravilna kot debelinska rast debla in vej. Zelo je različen tudi pri različnih delih istega koreninskega sistema. Koreninski les je zelo porozen, z majhnimi razlikami v gostoti. Prepoznavna branik (letnic) je zelo težavna ali pogosto nemogoča. Rast branik je pogosto nepravilna, tako imamo lahko radialno rast samo na delu oboda korenine. Še najbolj so branike in s tem starost korenin, razpoznavne v glavnih koreninah v neposredni bližini koreninskega vratu. Radialno rast korenin je obdelal Fayle 1968. Omenim naj še poskus ugotavljanja starosti korenin z radioizotopi (Bedenau, Pages 1984).

### 2.2.4. Uravnavanje rasti korenin

Rast korenin je odvisna od vrste faktorjev, katere še slabo razumemo. Ti faktorji so okolje korenin, okolje nadzemnega dela, stanje prehrane rastline, prisotnost rastlinskih hormonov.

Zapleteno vprašanje je, kaj sproži rast korenin po zimskem mirovanju, ali faktorji okolja, npr. dvig temperature, ali pa endo-



geni faktorji, ali oboje skupaj. Izgleda, da je začetek rasti korenin v neki povezavi z začetkom rasti nadzemnega dela, vendar zelo različno pri različnih drevesnih vrstah. Verjetno snovi oziroma hormoni, ki jih tvorijo nadzemni poganjki, uravnavajo tudi rast korenin. Izgleda, da imajo endogeni faktorji tudi nekaj vpliva, ker s faktorji okolja ni mogoče vsega pojasniti.

#### 2.2.5. Razvoj koreninskega sistema s starostjo

S starostjo drevesa oziroma njegovega koreninskega sistema se povečuje delež suberiziranih korenin, le aktivno rastoči konci korenin in korenine z mikorizo ostajajo nesuberizirani. Suberizirane korenine so še vedno sposobne sprejemati vodo.

S starostjo se postopno spreminja vrsta korenin, ki jih koreninski sistem na novo tvori. Tako se spreminja razmerje med različnimi vrstami korenin v koreninskem sistemu. V dobi največje rasti se tvori verjetno največ drobnih korenin. Kasneje se tvorba novih korenin popusti in se ustali na gotovi ravni.

#### 2.3. Vplivi okolja na rast in oblikovanje koreninskega sistema

O rasti in oblikovanju koreninskega sistema pri posameznih drevesnih vrstah beremo recimo v Mayerjevi knjigi o gojenju gozdov (Mayer 1980) zelo točne opise razvoja koreninskega sistema posameznih drevesnih vrst v teku življenja. Vendar oblikovanje koreninskega sistema ne zavisi samo od dednih lastnosti drevesa, ampak najmanj toliko tudi od faktorjev okolja, to je predvsem od tal, njihovih fizikalnih in kemičnih lastnosti. Lastnosti tal tudi v veliki meri vplivajo na faktorje okolja kot so temperatura, vlaga, zračnost, preskrbljenost s hranili itn.

Vpliv tal na tvorbo korenin so raziskovali številni avtorji. Raziskovalni problem, ki so se ga pogosto lotili, je zmožnost prodiranja korenin v zbita tla in vpliv teksture tal na oblikovanje koreninskega sistema. Od teh raziskovanj naj omenim le nekaj (Glatzel 1982; Lebundgut et al. 1963; Leibundgut, Dafis 1961, 1964; Kreutzer 1961). Zmožnost prodiranja korenin v zbita tla ima seveda svoje meje, ki jo lahko izrazimo z gostoto tal v  $\text{g/cm}^3$ . Gostota  $1,59 \text{ g/cm}^3$  je meja, pri kateri korenine vseh drevesnih vrst prenehajo prodirati vertikalno v tla. Dalje so se raziskovalci radi lotevali vpliva temperature tal na rast korenin. Iz pregleda teh raziskovanj (Hermann 1977) posnemamo, da korenine rastejo pri temperaturah od plus 2 do plus  $35^{\circ}\text{C}$ . Optimalna temperatura za rast korenin je okrog  $20^{\circ}\text{C}$ . V zmernem podnebnem pasu so take temperature redke, vsaj na nekaterih tleh. Povečane temperature tal povečajo aktivnost korenin in rastline sploh. Vendar dolgotrajne visoke temperature tal utegnejo povzročiti pomanjkanje ogljikovodikov zaradi povečane respiracije v koreninah, kar se kaže v zmanjšani rasti celotne rastline. Nizke temperature tal ovirajo sprejemanje vode, kar utegne biti tudi faktor v minimumu, ki omejuje razširjenost nekaterih drevesnih vrst.

Drevesno rastje lahko sprejema vodo s koreninami tudi pri temperaturah, pri katerih aktivna rast korenin še ni možna. Za sprejemanje hranil iz tal je izgleda bolj pomembna temperatura nad tlemi kot temperatura tal.

Vrsta raziskav se ukvarja z vplivom vlažnosti in zračnosti tal na razvoj korenin. Utrdilo se je spoznanje, da je zmanjšanje aktivnosti korenin sredi poletja, ki jo opazamo pri velikem številu drevesnih vrst, posledica izsušenosti tal (Glatzel 1982). Močna izsušitev tal pomeni tudi razne neugodnosti za razvoj korenin. Posebno kratke korenine so občutljive na iz-

suševanje in zaradi pomanjkanja vlage tudi tako oslabijo, da se kasneje ne opomorejo več in odmro.

Tudi preobilje vode škoduje koreninam, posebno, če ima voda v sebi malo raztopljenega kisika. Tolerantnost na anaerobne razmere v tleh je zelo različna pri posameznih drevesnih vrstah. Smreka je vrsta, ki stoječe vode brez kisika ne prenaša, toda smrekove korenine vztrajajo tudi več let pod vodno gladino, če imajo opraviti z gibajočo se vodo z veliko kisika (primerjaj Keller 1967).

Mnoge raziskave potrjujejo, da mora rastlina na suhih tleh razmeroma veliko biomase vgraditi v koreninski sistem, in ima temu primerno razmerje podzemne in nadzemne biomase. Enako velja tudi za tla, ki so siromašna na hranilih. Na rodovitnejših tleh torej rastline ne rabijo razvijati tako intenziven koreninski sistem, kot na nerodovitnih. Sicer mineralno gnojenje z dušikom, fosforjem in kalijem pospeši razvoj drobnih korenin v zgornjem sloju tal in na propustnejših tleh pospeši tudi prodiranje korenin v globino. Zapletena so vprašanja raznih nesorazmerij in antagonizmov hranilnih elementov v tleh. Težave nastopajo predvsem zaradi pomanjkanja magnezija ali kalcija ter preobilja toksičnega aluminija. Obremenitve okolja, kot je kisel dež, stvari še močno poslabšajo. Različni raziskovalci dobivajo celo rezultate, ki si med seboj nasprotujejo. Pri posploševanju veljavnosti rezultatov moramo biti zelo previdni.

#### 2.4. Razporeditev korenin v tleh

Začetni razvoj koreninskega sistema je verjetno močno odvisen od genetskih faktorjev. Pri različnih proveniencah iste drevesne vrste, se razlike v razvoju koreninskega sistema kažejo v prvih letih življenja in kasneje izginejo. Na oblikovanje

koreninskega sistema nato vplivajo faktorji okolja, predvsem talne razmere, konkurenca v koreninskem prostoru, gostota gozdnega sestoja itn. Ti faktorji vsaj v kasnejših stopnjah razvoja rastlin mnogo močneje vplivajo na oblikovanje koreninskega sistema kot dedni faktorji.

#### 2.4.1. Razvoj v globino

Drevesne korenine znajo predreti v globino tudi do 6 m (Hoffmann 1966, Lehnhardt, Brechtel 1980, Block 1982), seveda predvsem na rahlejših in propustnejših tleh. Izboljšanje talnih razmer z globokim oranjem, npr. na podzolnih tleh, tudi pospeši razvoj korenin v globino. Da doseže drevo največjo globino v tleh, rabi približno 30 let in v nekaterih slučajih tudi več. V literaturi imam o tem precej različne podatke. Sicer se pa drevesne korenine držijo v zgornjem sloju tal, v globini do 50 cm. To velja vsaj za drevesa v zmernem podnebnem pasu. Pri neugodnih talnih razmerah (zamočvirjenost, zbitost ali siromašnost nižjih talnih slojev), se korenine držijo še bolj ob površju tal.

#### 2.4.2. Stranska rast korenin

Horizontalne daljave od debla, ki jih dosežejo drevesne korenine, so seveda zelo različne v odvisnosti od drevesne vrste, starosti drevesa, rastišča, položaja v sestoju itn. Veliko raziskav o stranski rasti korenin je obravnavalo rdeči bor. Znano je, da korenine rdečega bora dosežejo velike horizontalne razdalje, tudi do 25 m. S staranjem drevesa najbolj oddaljeni deli korenin odmro, nadomestijo jih nove korenine, ki bolj povečajo gostoto prekoreninjenja, ne pa njihovo horizontalno razširjenost. Na sploh pri borih opažajo, da se korenine širijo daleč preko projekcije krošnje. Precej manjšo možnost širjenja korenin v horizontalni smeri pa kaže duglazija (*Pseudotsuga menziesii*), posebno v gostih sestojih.

Gostota prekoreninjenja je razmeroma enostavno merljiva količina. Med ostalim se meri tudi z povprečno dolžino vseh korenin na  $1 \text{ m}^2$  talne površine in v zgornjem 40 cm talnem sloju. Pri smreki je prekoreninjenost tal največja v starosti 100 - 110 let in nato upada. Prekoreninjenost pri rdečem boru je manj intenzivna in največjo prekoreninjenost doseže pri starosti 60 do 70 let.

## 2.5. Količina koreninske biomase

### 2.5.1. Metode ugotavljanja

Raziskave o količini koreninske biomase so razmeroma nove. Pobudo zanjé so dale razne ekosistemske raziskave in žal še bolj razne ideje o eksploataciji panjev in korenin. Razvoj gozdne mehanizacije je omogočil tudi ruvanje panjev iz tal, in sploh izrabo celotne biomase z najdrobnejšimi vejicami, listjem in iglicami vred. Taka totalna gozdna eksploatacija gotovo ne more biti naš ideal. Panjevski in koreninski les je hudo malo uporaben. Odmrli panji so npr. v subalpinskem smrekovem gozdu potrebni kot substrat za kalenje semena (Horvat-Marolt 1984) in imajo tudi v drugih gozdnih ekosistemih svojo nepogrešljivo vlogo pri kroženju materije in obnavljanju rodovitnosti tal. Sicer je ugotavljanje količine koreninske biomase zelo težavna zadeva. Drobnejše koreninice pri puljenju panjev iz tal pri raznih izkopavanjih, seveda izgubimo. Metode ugotavljanja koreninske biomase so seveda močno zapletene, uporabljajo vse mogoče dendrometrijske prijeme, enačbe, funkcije, regresijske modele itd. Kratek pregled teh metod nam daje Hermann 1977. V novejšem času se je z ugotavljanjem raznovrstne drevesne biomase veliko ukvarjal Vyskot. Sicer nas koreninska biomasa ne zanima zaradi možnosti eksploatacije, pač pa zaradi poznavanja rasti in razvoja gozda.

### 2.5.2. Razmerje količine biomase med nadzemnim in koreninskim delom drevesa

Pri semenki je koreninska biomasa enaka ali celo večja kot nadzemna biomasa. S kasnejšim razvojem se seveda delež koreninske biomase zmanjša. Na splošno smatrajo, da koreninska biomasa odraslih dreves predstavlja cca 20% celotne suhe teže drevesa. (Assmann, E.: Waldertragskunde. BLV, München 1961). Gotovo pa delež koreninske biomase močno variira v odvisnosti od drevesne vrste, rastišča itd. Že pogosto potrjeno spoznanje pa je, da se na slabšem rastišču proizvodnja celotne biomase razumljivo zmanjša, toda delež koreninske biomase je večji.

Razmeroma veliko je študij o razmerju biomase korenin in nadzemnega dela, vendar se nanašajo predvsem le na najmlajši stadij dreves, to je na semenke. Pri semenkah je delež koreninske biomase razmeroma velik in približno enak biomase nadzemnega dela. Vendar v prvem ali najkasneje v tretjem letu se delež korenin začne zmanjševati, precej različno pri posameznih drevesnih vrstah in rastiščih. Pri odraslih drevesih se delež koreninske biomase zmanjša na 20 - 26 % celotne biomase. Različni avtorji so prišli pri svojih rezultatih do precej različnih števil. Preglednico o tem za različne drevesne vrste nam daje Hermann 1979.

### 2.5.3. Brutto in netto prirastek koreninske biomase

Pri merjenju prirastka nadzemnega dela dreves imamo še razmeroma lahko delo, če ga primerjamo z merjenjem prirastka korenin. Pri merjenju prirastka korenin imamo razumljivo vrsto težav, predvsem težko zajamemo najdrobnejše korenine in odmrle korenine. Poleg tega pri izkopavanju korenin težko ločimo drevesne korenine od korenin raznega podstojnega rastlinja v gozdu. Na splošno smatrajo, da letni prirastek koreninske biomase znaša 10 - 15% prirastka celotne biomase. Pri tem moramo upoštevati

bruto in neto prirastek, kjer prvi za razliko od drugega obsega tudi odmrle korenine in izgube biomase zaradi respiracije korenin.

V teku ene rastne dobe imamo znatna nihanja količine neto koreninske biomase, ki nastajajo zaradi odmiranja starih korenin in tvorbe novih. Na težavnejših rastiščih, kjer je priraščanje na sploh manjše, so tudi ta nihanja koreninske biomase majhna. Hermann 1977 tudi podrobneje navaja rezultate posameznih raziskovalcev. Te rezultate seveda ne moremo posploševati. Za bukove sestoje lahko smatramo, da bruto prirastek koreninske biomase znaša v najboljšem primeru 2.700 kg (suhe snovi) na hektar. Od tega moramo odšteti 200 kg izgube zaradi odmiranja korenin in 900 kg izgube zaradi respiracije, tako da neto prirastek znaša 1.600 kg/ha.

#### 2.5.4. Respiracija

Raziskave so nam dale le malo podatkov o respiraciji korenin in še te se nanašajo le na semenke. Visoke temperature tal tudi močno zvišajo respiracijo korenin in s tem zmanjšujejo njihov neto prirastek. Pri segrevanju tal na 30°C respiracija porabi tudi preko 60% neto asimilacijskega prirastka (Hoffmann 1968). Razni raziskovalci so iskali zvezo med količino respiracije in težo drevesa pri majhnih drevesih oziroma prsnim premerom pri večjih drevesih. Zanimiv je zaključek (glej Hermann 1977), da se respiracijske izgube na splošno zmanjšujejo pri drevesih večjih dimenzij. To velja za celotno biomaso in najbrž tudi za koreninsko. To potrjuje znano spoznanje, da je gozd polno vreden in najbolj produktiven le pri večjih drevesnih dimenzijah.

#### 2.5.5. Odmiranje in obnavljanje korenin

Podatkov o odmiranju korenin ob koncu rastne dobe in obnavljanju korenin v naslednji pomladi imamo malo. Kot posamezne ra-

ziskave kažejo, znaten del drobnih korenin odmira in se ponovno obnavlja, tako da odmrle koreninska biomasa tvori približno petino do polovico odmrle biomase drevesa zaradi odpadanja listja oz. iglic. Razni ekološki stres, npr. defoliacija krošnje zaradi napada žuželk povzroči tudi odmiranje drobnih korenin, ki se pa pozneje ne regenerirajo hkrati s krošnjo, ampak tudi tri leta kasneje. Odmiranje drobnih korenin tudi znatno doprinese k tvorbi humusa v tleh. Od novejših raziskav o pomenu drobnih korenin v gozdnem ekosistemu naj omenim Vogt, Grieg 1982, Vogt et al. 1982, Persson 1979, 1982, 1981, Santantonio et al. 1977.

## 2.6. Strategija in prilagodljivost koreninskega sistema

Vpliv okolja na razvoj in obliko koreninskega sistema je še razmeroma dobro znana. Manj je znanega o zmožnosti koreninskega sistema, da se prilagaja svojemu okolju, o reakcijah koreninskega sistema na konkurenco v koreninskem prostoru med koreninami iste ali različnih rastlinskih vrst. Precej je bilo raziskav o vplivu koreninske konkurence odraslih dreves na razvoj mladja pod njimi. Kjer odraslo drevo zelo intenzivno prekoreninja tla, tam se mladje le težko uveljavi. Sicer so glede konkurence v koreninskem prostoru razmere še zelo nejasne, mnogo bolj kot medsebojna konkurenca dreves v sloju krošenj.

Zanimiv in malo razjasnjen je pojav zraščanja korenin, s katerim se je pri nas ukvarjal Šafar 1963. Pri tem so korenine iste drevesne vrste zrasle med seboj tako, da je možen pretok organske ali anorganske materije od enega osebka v drugega. Tako zraščanje korenin opazamo npr. pri jelki in duglaziji tako, da se na posekanem panju tvori tkivo, ki skuša prekriti rano, nastalo s posekom. Za zraščanje korenin različnih drevesnih vrst zaenkrat ni prepričljivih dokazov.

V. Šafar, 1963, Društvo za goščarstvo, Ljubljana, 1963, 100 str.



### 2.6.1. Vegetativna regeneracija drevesnega osebka in koreninske biomase

Znano je, da ima velik del listavcev sposobnost odganjanja iz panja in tudi iz površinskih korenin. Ta sposobnost se kaže celo pri nekaterih iglavcih. To odganjanje iz panja oziroma iz koreninske biomase, ki jo lahko imenujemo tudi vegetativna regeneracija, je za ohranitev gozda pred uničevalnim vplivom človeka ogromnega pomena. Z vegetativno regeneracijo se gozdno rastje upira proti uničevalnim posekom, požarom, paši. Zmožnost vegetativne regeneracije je odlika strategije življenja oziroma preživetja za mnoge listavske vrste. Posebno v subaridnem podnebjju, pa tudi na našem mediteranskem in submediteranskem krasu je zmožnost regeneracije in preživetja odločilna za ohranitev vsaj skromnih ostankov gozda, iz katerih je možna kasnejša postopna naravna regeneracija gozda. Kjer zaradi človekovega uničevalnega vpliva žive koreninske biomase ni več, tam ugasne tudi ta možnost naravne obnove gozda, umetna obnova gozda je zaradi prevelikih stroškov pogosto nedostopna in poleg tega tudi glede svojega uspeha zelo problematična. Ozelenitev slovenskega krasa v povojnem času je bila v veliki meri možna zaradi vegetativne regeneracije listavskega drevesnega rastja, ki je bilo preje sekano, kleščeno, pod udarom pašne živine. Še v večji meri velja to za regeneracijo submediteranske in mediteranske vegetacije na jugoslovanskem krasu, pa tudi za regeneracijo hudo degradiranega listavskega drevesnega rastja v notranjosti države. Ta vegetativna regeneracija je tudi upanje za postopno obnovo gozda v širšem mediteranskem prostoru in v subaridnem podnebjju številnih dežel v razvoju.

Korenine so le še razmeroma dobro zaščitene pred tistimi klasičnimi uničevalnimi vplivi človeka, ki jih na kratko označimo kot paša, ogenj in sekira. Koreninska biomasa ima torej odločilno vlogo v strategiji življenja in preživetja mnogih dre-

Literatura v zvezi z umiranjem gozda in bolezenskimi znaki na koreninah postaja zadnji čas vedno obsežnejša.

#### 2.7.1. Zbitost gozdnih tal zaradi težke mehanizacije v gozdu

Napredek gozdarstva se pri nas žal še vedno meri po napredku gozdarske mehanizacije. Od gigantske gozdne mehanizacije, kot jo poznajo pri eksploatacijskem obratovanju v nordijskih gozdovih, v tajgi, se nekaj znajde tudi pri nas, čeprav je za naše malopovršinske razdrobljene gozdove v gosto naseljenem prostoru malo primerna. V razvitih državah srednje Evrope pri gozdnih traktorjih že uporabljajo široke in nizkotlačne pnevmatike, ki napravijo manj škode na gozdnih tleh, toda žal pri nas tega še ni. Težko si predstavljamo, kako voznja težkega stroja po gozdnih tleh zbije in stlači tla, poleg tega rani korenine. Zbitost tal pomeni manjšo sprejemljivost za vodo in zrak, težko prodiranje korenin v taka tla. Regeneracija zbitih tal rabi 50 let in več. Vse to pomeni težke izgube pri donosnosti gozda, pa tudi nevarnosti sekundarnih škod itn. K temu moramo šteti še rane na koreninah. Posebno občutljiva so mehka mokra tla, kjer traktorjev nikakor ne bi smeli spustiti v sam gozdni sestoj, ampak naj bi težki stroji ostali na utrjenih vlakah in od tam z žičnimi vrvmi vlačili les k sebi. Na močvirnih tleh voznja s traktorjem v gozdnem sestoju in pobiranje posameznih raztresenih kosov lesa po celem sestoju pomeni pravo opustošenje tal in drevesnih korenin (npr. jelševi sestoji v Pomurju).

Nihče ne računa, koliko tako "mehanizirano spravilo" v resnici stane, saj teh škod v gozdu ne rabimo knjižiti in jih upoštevati v kalkulacijah. Literatura o teh škodah je razmeroma nova in je še precej maloštevilna (Bredberg, Wästerlund 1983, Hildebrand 1983), pa vendar pomenijo dramatičen poziv za drugačen odnos do naravnega bogastva, kot so rodovitna tla in gozd sploh.

### 2.7.2. Problemi korenin v gozdnem drevesničarstvu

Problematika že močno sega na področje drevesničarstva in jo tukaj ne bi obširneje obravnaval. Razvoj sadike v drevesnici je daleč od naravnega razvoja pri gozdnem mladju. To se pozna seveda tudi v koreninskem sistemu sadik, ki je pač prilagojen oranim in gnojenim drevesničarskim tlem, gostoti sadik v drevesnici. Temu primeren je presaditveni šok pri saditvi na terenu. Imamo že razne metode vzgoje sadik, pri katerih dobimo bolj kompakten koreninski sistem, ki je primernejši za presajanje. Poseben problem so kontejnerske sadike, ki imajo lahko nevarno deformirane korenine, kar se pozna v gozdnem nasadu še desetletja po saditvi in lahko sploh pomeni slabše uspevanje in krajšo življenjsko dobo nasada (Horvat-Marolt 1984).

V praksi delajo hude napake pri saditvi na terenu, ali pa že preje pri presajanju v drevesnici. Pri presaditvi zaradi slabega dela in iz drugih razlogov koreninski sistem sadik oz. semenic pride v zemljo zelo deformiran, stlačen na majhen prostor. Korenine, namesto da bi bile pri presaditvi enakomerno razporejene v tla in v naravni legi, so stlačene v premajhno saditveno jamico, stisnjene v eno smer, kot je to za delavca ob saditvi najbolj udobno. Tako dobimo takoimenovane "fajfaste" sadike, kjer je koreninski sistem deformiran nekako v obliki črke J oziroma je podoben "fajfi". Posledice za kasnejše uspevanje in donosnost gozdnega nasada so seveda hudo neugodne. Zanimiva je primerjava korenin smreke v mlajših gozdnih nasadih s koreninami enako starega naravnega mladja, ki jih je na Pokljuki izvedla Horvat-Marolt (1984). Korenine iz nasadov kažejo deloma zelo grde deformacije, kar ima neugodne posledice za velik del ali celo za celotno življenjsko dobo nasada, predvsem kot manjša stabilnost sestoja. Literaturo o tem glej še pri Grene 1977, Saver 1984, Parvainen 1982, Lokvenc 1980, Volná 1981, Huuri 1980.

## 2.8. Zaključek

V strokovni literaturi najdemo precej prispevkov o raziskavah korenin. Vendar so drevesne korenine le malo raziskano področje. Raziskave so le preveč fragmentarne, uporabljajo zelo različno metodiko in zaradi tega je primerljivost rezultatov težavna; omejujejo se na semenice in zelo mlado gozdno drevje, kar spet zmanjšuje njihovo uporabnost.

Vendar raziskave korenin postajajo vedno bolj nujne. Nega gozda se ne more izogniti nege korenin in tal. Razne poškodbe in bolezni gozda se kažejo tudi na koreninah. V drevesnih koreninah iskra življenja ne ugasne tako hitro, kar daje možnost vegetativni regeneraciji drevesa in preživetju drevesa v težavnih razmerah. Drevesne korenine s svojim prodiranjem v tla najboljše odpirajo rodovitnost tal in jo obnavljajo. Napredek na raziskovalnem področju z novimi tehnikami in metodami naj odpravi čim več "belih lis" z zemljevida našega poznavanja gozda.

### 3. RAZISKAVE NA KORENINSKEM SISTEMU NARAVNIH ZASEJANCEV ČRNEGA BORA NA SLOVENSKEM KRASU \*

#### 3.1. Uvod

Črni bor (*Pinus nigra* var. *austriaca* Arnold) ima na slovenskem Krasu edinstven pomen. Od leta 1859, ko je uspel prvi nasad črnega bora pri Bazovici, je nastopila nova doba za pogozdovanje Krasa. Vendar je na Krasu še dosti težavnih rastišč in goljav, kjer je črni bor še vedno edina pomembna pionirska vrsta. Če je ozelenitev slovenskega Krasa že dobro uspela, to ne velja za obširne goljave, ki so se razširile že po vsem aridnem in semiaridnem pasu in ki hitro napreduje tudi v drugih vegetacijskih pasovih. Obnova gozda na vseh teh površinah je eno od najpomembnejših vprašanj današnjega človeštva. Tudi raziskovanje pionirske vrste suhih rastišč, kot je črni bor, je prispevek k reševanju teh težavnih problemov.

Koreninski sistem zgodnih dreves je še zelo malo raziskovan, vsaj v primerjavi z njihovimi nadzemnimi deli. Čim bolj je rastišče suho, tla skeletna in propustna za vodo, tem odločilnejši je koreninski sistem za preživetje in uspevanje rastline. Za širjenje neke drevesne vrste je odločilnega pomena, da se že mladi drevesni osebki znajo prilagoditi neugodnim rastiščem, da znajo premagati začetne težave. Naša raziskava si je zastavila cilj, da analizira morfološke značilnosti koreninskega sistema mladih črnih borov na različnih kraških rastiščih. Pri tem smo se skušali zajeti dinamiko rasti korenin, kar je zahte-

---

\* Pri tej nalogi je odločilno sodeloval Asim Abdul-Hadi, podiplomski študent iz Iraka (glej Abdul-Hadi 1981).

valo poglobitev anatomske značilnosti korenin. Tako smo skušali dobiti potrditev o prilagajanju koreninskega sistema črnega bora težavnemu rastišču in iz tega potegniti zaključke za pogozdovanje teh rastišč.

### 3.2. Material in metode

Naše delo se je omejilo le na eno drevesno vrsto, na črni bor (*Pinus nigra* var. *austriaca* Arnold). Črni bor se je pred približno 125 leti pokazal kot odlična pionirska vrsta za pogozdovanje kamnitih kraških goličav. V srednji in južni Evropi najdemo manjša naravna nahajališča črnega bora. Omembe vredno je večje nahajališče v bližini Dunaja, od koder verjetno izvirra provenienca črnega bora na Krasu. Drugo veliko nahajališče in optimum za črni bor je v vzhodni Bosni.

Za naše raziskave smo si izbrali rastišče v bližini vasi Kopriva na Komenskem krasu, približno na 270 metrih nadmorske višine in 12 km zračne črte od morja. Ekološka karakteristika tega področja je apnena kameninska podlaga z vsemi značilnostmi kraškega reliefa, z več ali manj skeletnim in propustnim tlom, s submediteranskim podnebjem z vročimi, suhimi poletji in z izsušujočo burjo. V teh razmerah smo izbrali tri mikrorastišča, ki se med seboj jasno razlikujejo:

- A - dno manjše vrtače, koluvialna glinasto-ilovnata tla, skoraj brez skeleta, zelo globoka, močno travnata,
- B - rob vrtače, rendzina na apnencu, precej skeletna in plitva in propustna, intenzivno prekoreninjena in nekoliko zaščitena z redkim drevjem in grmovjem, travnata,
- C - podobno kot pri B, vendar zelo skeletna, plitva, prepustna, izpostavljena vetru in zato izredno suha; med površinskim skalovjem travnata.

Na teh rastiščih smo izbrali skupno 52 mladih naravnih zase -

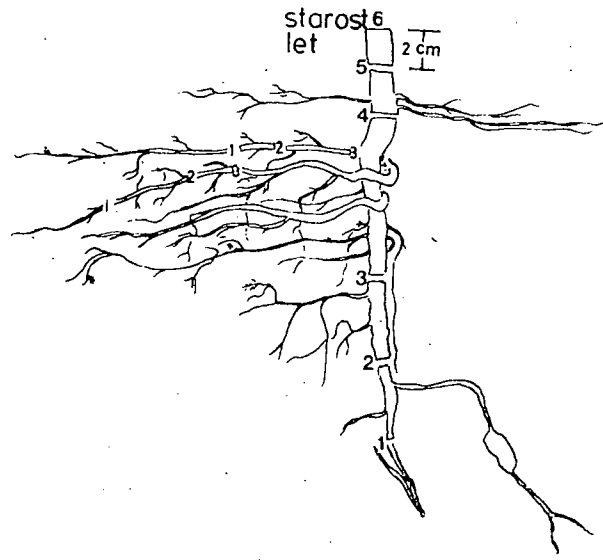
jancev črnega borā, in sicer na rastišču A 12 zasejancev v starosti 7 - 11 let in z višino 36 - 58 cm, na rastišču B 20 zasejancev v starosti 5 - 10 let in z višino 36 - 57 cm, na rastišču C 20 zasejancev v starosti 4 - 8 let in z višino 21 - 40 cm. Pri tem smo si prizadevali, da bi bili ti vzorci med seboj čim bolj izenačeni v vsakem pogledu. Jemali smo samo prstorastoča drevesca s čim manj poškodbami in deformacijami. Tako izbrana drevesca smo v celoti izkopali skupaj z najdrobnejšimi koreninicami. V nekaj primerih se nam je nekaj drobnih koreninic odtrgalo in ostalo v tleh, kar smo upoštevali pri obdelavi podatkov. Izkop drevesc iz kamnitih kraških tal je pa zahteval veliko časa in potrpežljivosti. Nato smo korenine drevesca skrbno očistili in jih do analize spravili na hladnem in vlažnem mestu.

V laboratoriju smo opravili naslednje analize:

- določitev koreninskega vratu,
- prirastno analizo glavne korenine na prečnih prerezih na vsaka 2 cm,
- enako analizo za nekaj najvažnejših stranskih korenin,
- prirastno analizo nadzemnega dela drevesc,
- meritve dolžin in debelin korenin,
- suho težo korenin, nadzemnega dela brez iglic in iglic posameznih drevesc.

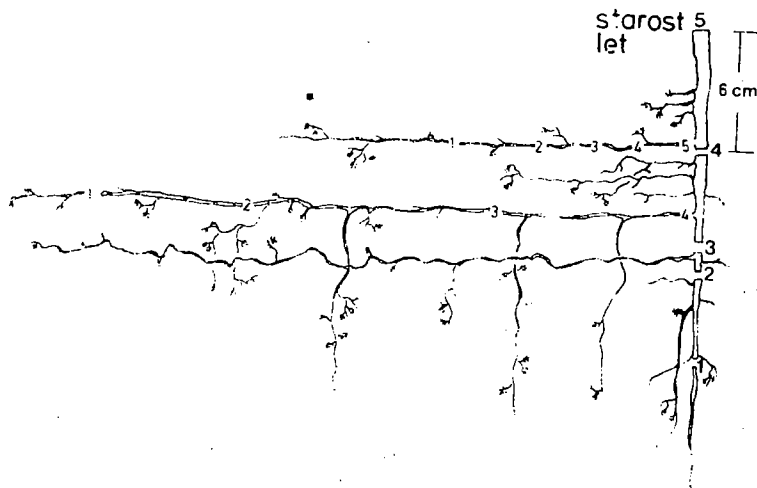
Pri analizi prečnih prerezov korenin ni mogoče enostavno šteti letnic, kot smo navajeni za nadzemne dele dreves. Najprej, letnice so slabo vidne ali pa sploh niso vidne. Poleg tega korenine ne priraščajo enakomerno po vsem svojem obodu, pač pa zelo nepravilno, tako da imamo navidezne branike in prekinjene branike. Prekinjene branike so razvite samo po delu oboda korenine. Mikroskopske preparate prerezov korenin smo delali z ročnim mikrotonom, jih obarvali v 1% raztopini safranina in jih nadalje analizirali pod stereomikroskopom (binokularjem). Kjer je bila določitev navideznih branik in prekinjenih branik pre-

RASTIŠĆE "B"



Graf. 2

RASTIŠĆE "C"



Graf. 3



Rastišče B (skeletno tlo na robu vrtače).

Koreninski sistem je sicer dobro razvit, toda je močno nepravilne in nesimetrične oblike in se očitno zelo dobro prilagaja skeletnosti tal. Korenine prodirajo tudi skozi drobne odprtine in špranje v skeletnem tlu, da najdejo nekaj rodovitnih tal. Tipični primer takega koreninskega sistema je predstavljen na graf.2. Številke ob prerezi korenin spet pomenijo ugotovljeno število branik na teh mestih oz. njihovo starost. Koreninski sistem je močneje razvejan na korenine tretjega reda.

Rastišče C (skrajno skeletno in suho tlo)

Koreninski sistem ima podobne značilnosti kot pri skeletnem rastišču B, vendar še bolj nepravilne in nesimetrične oblike, korenine iščejo rodovito zemljo po razpokah v talnem skeletu. Značilna je zelo močna razvejanost na korenine tretjega in četrtega reda. (grafikon 3).

Statistična analiza suhe teže iglic, stebela in korenin je pokazala najbolj bujno razvitost mladih drevesc na rastišču B in ne na globokih in brezskeletnih tleh rastišča A, kot smo to pričakovali. Znatno škronejša je bila razvitost drevesc na zelo suhem rastišču C. Različno starost drevesc smo upoštevali tako, da smo dobljene rezultate o suhi teži vedno delili s starostjo drevesca. Na enak način smo delali pri vseh ostalih statističnih računih. Tako smo dobili povprečni letni prirastek suhe teže. Rezultate naj prikažem v naslednjem kratkem pregledu:

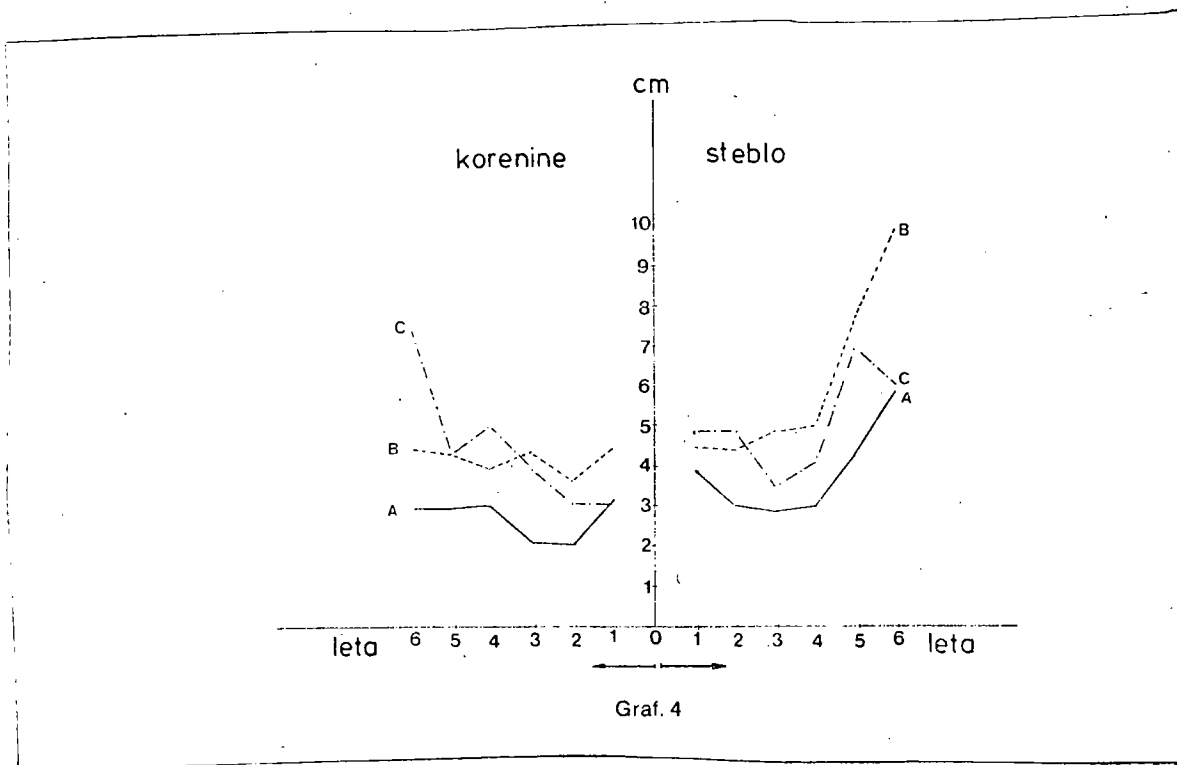
R a s t i š č e	Poprečni letni prirastek		Razmerje suhe teže nadzemni del korenine
	celotne suhe teže	suhe teže korenine	
	g		
A	5,346	0,619	8,231
B	8,592	0,815	9,677
C	2,811	0,338	7,894

Primerjava vrednosti med rastiščem B in C je vedno pokazala signifikantno različnost, sicer pa signifikantnih razlik ni bilo. Zanimivo je tudi razmerje nadzemni del/korenine, ki kaže razmeroma močno razvitost korenin na suhem rastišču C.

Sredni letni dolžinski prirastek glavne korenine je znašal na posameznih rastiščih:

rastišče A	2,75 cm
rastišče B	4,2 cm
rastišče C	4,2 cm

Razlike med rastiščem A in ostalima dvema rastiščema je signifikantna, sicer pa to ni. Rast glavne korenine kaže velike neenakomernosti in je le težko primerljiva za posamezna rastišča. Vsekakor je pa rast glavne korenine živahnejša na skeletnem rastišču. Glede priraščanja stranskih korenin na teh različnih rastiščih nismo ugotovili nobenih posebnih razlik, vendar stranskih korenin nismo v celoti merili; to je bilo izredno težko izvedljivo.



Graf. 4

Poprečna dolžina glavne korenine in stebela v prvih šestih letih starosti drevesc za vsa tri rastišča je predstavljena na grafikonu 4. Na rastišču A (dno vrtače) je rast glavne korenine najmočnejša, rast stebela se pa polagoma povečuje. Na rastišču B (rob vrtače) je rast glavne korenine precej enakomerna, dobro napreduje rast stebela. Na rastišču C (izredno skeletno in suho tlo), glavna korenina zelo živahno raste, steblo pa ne. To kaže na strategijo rastline na suhem rastišču, rastlina investira svoje sile predvsem v rast korenin.

#### Vitkost glavne korenine

To smo izračunali iz debeline na začetku in na koncu korenine in iz dolžine korenine. Tako smo dobili koeficient vitkosti, podobno kot imamo koeficient vitkosti za drevesna debela oziroma razmerje višina/premer v prsni višini. Ta znaša za naša rastišča:

Rastišče	Vitkost	Ustrezna povprečna debelina glavne korenine
A	9,755	2,82 mm
B	19,068	2,20 mm
C	48,547	0,86 mm

Te vrednosti so si vse med seboj razločno različne. Ta različnost je tudi statistično signifikantna. Čim bolj je rastišče skeletno in suho, tem bolj so korenine vitke oziroma tanke. Ta rezultat potrjuje tudi meritve na stranskih koreninah, od katerih smo merili pri vsakem drevescu le nekaj najbolj razvitih. Povprečna debelina stranskih korenin v mm znaša:

Rastišče A	1,78
Rastišče B	1,34
Rastišče C	0,90

Tudi to kaže na strategijo rastline na suhem rastišču, ki skuša s svojo omejeno koreninsko biomaso prekoreniniti čimveč talnega prostora.

Povprečni letni prirastek stebela v višino in vitkost stebela

Rezultati so predstavljeni v naslednji preglednici:

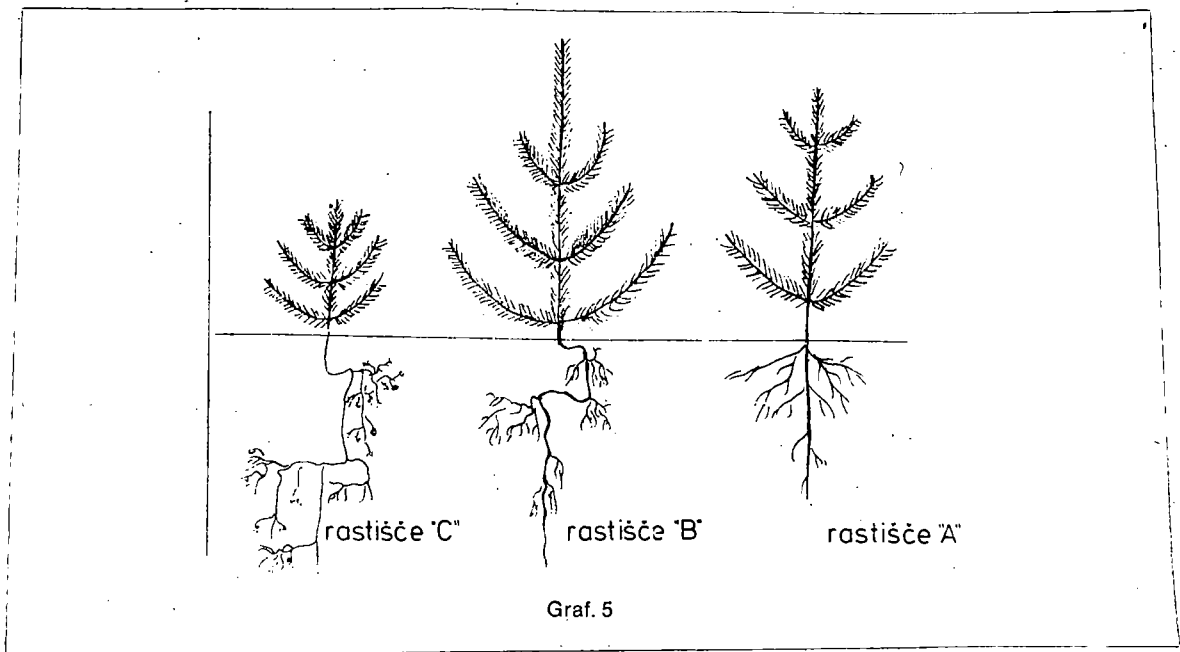
Rastišče	Povprečni letni prirastek stebela v višino, cm	Vitkost stebela
A	5,25	33,12
B	6,60	44,80
C	4,45	107,62

Vitkost debla tudi pomeni razmerje višina stebela/debelina debla na spodnjem delu. Signifikantne statistične različnosti obstajajo v obeh primerih le med največjo in najmanjšo vrednostjo. Iz rezultatov vidimo, da je priraščanje spet največje na rastišču B in manjše, kot je pričakovati, na rastišču C, kjer je stebelce približno trikrat vitkejše kot pri ostalih dveh rastiščih. Kaže, da si drevesce na najslabšem rastišču ne more privoščiti kakšnega luksuza pri investiranju v svojo biomaso, kar se pozna tako v tankih koreninah kot v tankem stebelu.

#### 3.4. Razprava

Naša raziskava se je omejila samo na črni bor, vendar imajo rezultati najbrž tudi nekaj splošne veljavnosti. Za črni bor je znano, da njegov koreninski sistem zelo dobro prodira v skalnata in skeletna tla. Naše raziskave so pokazale izredno prilagodljivost in intenzivnost prekoreninjenja na težavnih skeletnih tleh. Zato je razumljivo, da je črni bor odlična vrsta za pogoždovanje kamnitih sušnih goljav v Jugoslaviji.

Pri naši raziskavi smo hoteli zajeti različno stopnjevanje od zelo suhega in skeletnega rastišča pa do razmeroma vlažnega in brezskeletnega. Toda proti pričakovanju pa uspevanje mladega črnega bora ni bilo čisto v skladu s tem stopnjevanjem rastiščnih neugodnosti. Najboljše uspevanje črnega bora smo našli na robu vrtače, na precej suhih in skeletnih tleh, ne pa na globokih in brezskeletnih tleh na dnu vrtače. Kaže, da so bile neugodne fizikalne lastnosti tal (zbitost, manjša zračnost) v vrtači bolj odločilne, kot smo pričakovali. Svoj pomen ima lahko tudi gosta trava v vrtači.



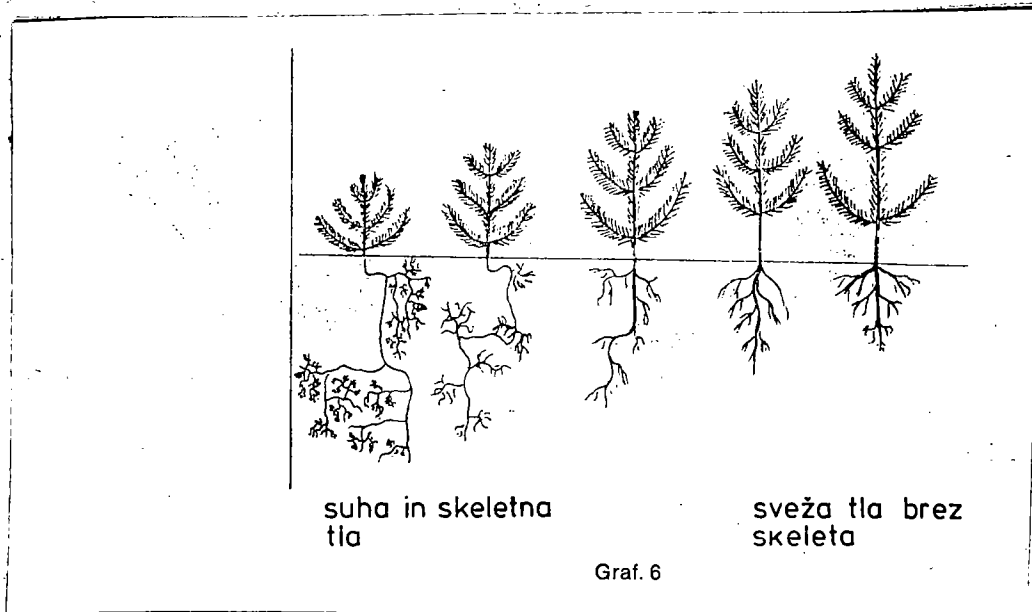
Graf. 5

Ponazoritev teh naših rezultatov je prikazano na grafu 5, kjer C pomeni izredno suho in skeletno rastišče, B precej suho in skeletno rastišče na robu vrtače in A rastišče na dnu vrtače.

Vendar se je tudi v našem primeru razločno pokazalo, da je oblikovanost koreninskega sistema na suhem in skeletnem rastišču zelo različna od oblikovanosti na razmeroma svežih in brezskoletnih tleh. Na suhem in skeletnem rastišču ne opazimo kakšne pravilne oblikovanosti koreninskega sistema, pač pa se korenine prilagajajo talnemu skeletu in dosegljivosti rodovitnih tal. Korenine so dolge, tanke in močno razvejane, tako preprežejo razmeroma velik koreninski prostor. Suha teža korenin v primerjavi s suho težo nadzemnega dela drevesca je razmeroma velika (primerjaj Bilan 1982). Po drugi strani je na globokih, brezskoletnih in razmeroma svežih tleh v vrtači koreninski sistem razvit precej pravilno in somerno, korenine so debelejšje, toda manj dolge in manj razvejane. Med tema dvema koreninskima tipoma so pa seveda možni različni prehodi. To je shematično predstavljeno na grafikonu 6, kjer je na levi strani zabeležena oblikovanost korenin in stebela mladih borov na suhih in skeletnih tleh, na desni strani pa oblikovanost na manj skeletnih in bolj vlažnih tleh in vmes so seveda različni prehodi.

Te zaključke potrjujejo naše različne analize, kot npr. analiza razmerja suhe teže nadzemnih in podzemnih delov drevesca, analiza dolžin in debelin korenin in stebela ter njihovega povprečnega dolžinskega prirastka.

Skušali smo analizirati tudi dinamiko priraščanja korenin. Izredno težavno je bilo ugotavljanje števila letnic na presekih korenin. Za debelinsko priraščanje korenin veljajo čisto drugačni zakoni kot za debelinsko priraščanje debla. Poleg tega so razlike v gostoti koreninskega lesa izredno majhne, kar seveda zelo otežuje razpoznavo in štetje letnic (Fayle 1972, 1975).



Zaradi močne razvejanosti koreninskega sistema pa je bilo kakršnokoli določanje priraščanja korenin skoraj nemogoče. Prikaz priraščanja korenin, kolikor smo ga mogli narediti, imamo na grafih 1, 2 in 3, kjer je označena starost oziroma število branik na posameznih presekih.

### 3.5. Zaključki za prakso

1. V z g o j a s a d i k . Približno desetletni zasejanec črnega bora na revnem kraškem rastišču, kot je naše rastišče C, še zdaleč ni podoben drevesničarski sadiki, ki bi jo potrebovali na takem rastišču. Zasejanci imajo razmeroma dobro razvit koreninski sistem in razmeroma slabotno razvit nadzemni del. Svoje moči porabi predvsem za tvorbo koreninskega sistema. To je seveda popolnoma pravilna strategija preživetja, če upoštevamo, da zasejanec ni namenjen za to, da bi prestajal presaditvene šoke (primerjal Bilan 1982).

Kakšne naj bodo torej korenine sadik, ki jih sadimo na revnih, suhih kraških zemljiščih. Da bi v drevesnici posnemali razvoj naravnih zasejancev, je nemogoče in tudi nesmiselno, razen morda pri kontejnerskih sadikah. Da je sadika primerna za presajanje, mora imeti seveda močno razvit in razvejan, toda kompakten koreninski sistem. Zaradi presajanja v drevesnici koreninski sistem ne sme biti deformiran. Le take korenine brez večjega deformiranja spravimo v saditveno jamico. Ker ima sadika ob saditvi na terenu močno okrnjen in prizadet koreninski sistem, ga mora najprej obnoviti in regenerirati. Da ima sadika dovolj regeneracijske moči, mora biti tudi njena morfolo-gija temu primerna. Sadika mora biti torej tršata, z razmeroma kratkim in debelim stebelcem, z dobro razvito in na sončno pripeko utrjeno krošnjo. Za vzgojo takih sadik rabimo rodovitna in negovana drevesničarska tla, kjer je močno intenzivno razvejanje korenin. Poleg tega moramo imeti v presaditveni drevesničarski lehi razmeroma majhno število sadik na enoto površine. Sadike v drevesnici morajo torej imeti dovolj prostora za svoj razvoj.

2. K o n t e j n e r s k e s a d i k e . Pogozdovanje v aridnejših razmerah, kot je slovenski kras, so možna le s kontejnerskimi sadikami. Toda kontejnerji morajo biti pri tem dovolj



veliki, da dajejo mladi sadiki dovolj talnega prostora za nemoten razvoj sadik. Npr. v Iraku rabijo kontejnerje, ki so najmanj 15 cm dolgi oz. široki, ter 30 cm visoki. Pri presaditvi kontejnerske sadike na teren želimo, da se sadika nemoteno razvija naprej, ker zaradi težavnosti rastišča presaditvenih šokov ne bi prenesla. Torej ne moremo računati s tem, da bi bila sadika na terenu zmožna regenerirati svoj koreninski sistem. Tako je verjetno priporočljivo, da sadike v drevesnici ne razvadimo preveč z zalivanjem ali preveč ugodnim talnim substratom v kontejnerju. Tako je sadika prisiljena, da že v kontejnerju stvari močen in intenzivno razvejan koreninski sistem, kakršnega rabi na terenu (primerjaj F.A.O.1963, Raul 1970).

3. S a d i t e v    n a    t e r e n u . Deformacije korenin sadik nastajajo že pri prešolanju sadik v drevesnici, povečajo se še pri saditvi na terenu. Rdeči bor in verjetno tudi drugi bori so posebno občutljivi za take deformacije, ker nima sposobnosti za tvorbo adventivnih korenin in s tem tudi nima sposobnosti nadomestitve deformiranih primarnih korenin. Koreninski sistem zasejancev je v primerjavi s tem idealno prilagojen razmeram na terenu. Pri sadikah za saditev na kraškem svetu je pomembno, da sadiki omogočimo prestopati začetne težave na terenu z dovolj skrbno saditvijo. Majhna jamica, v katero na silo stlačimo korenine sadike, jih pri tem nepopravljivo deformiramo, pomeni za stalno zakrnel koreninski sistem, slabo stojnost in slabo uspevanje drevesa. To je še posebno usodno na skeletnem kraškem zemljišču, kjer se seveda korenine ne morejo neovirano razraščati. Kvaliteti saditve je treba gotovo posvetiti več pozornosti. Nekvalitetno delo pomeni zlasti v drevesničarstvu in pri pogozdovanjih pravo Sizifovo delo. ter neučinkovito investicijo.

### 3.6. Povzetek

1. Na slovenskem submediteranskem Krasu so raziskovali korenine 5 do 11 let starih naravnih zasejancev črnega bora. Za zbiranje vzorcev so izbrali tri očitno zelo različna rastišča:

A - razmeroma sveže rastišče z globokimi tlemi v vrtači

B - skeletna tla, kot jih navadno najdemo na Krasu

C - zelo skeletna in propustna tla, rastišče je močno izpostavljeno vetru.

Vsa tri rastišča predstavljajo kraške ekološke pogoje, kjer je pomanjkanje vlage v času vegetacije glavni faktor, ki omejuje rast.

2. Na teh treh rastiščih smo našli tri različne vrste koreninskih sistemov. Na rastišču A je koreninski sistem razvit precej pravilno v obliki stožca. Na rastišču B je koreninski sistem razvit zelo nesimetrično in nepravilno in se zelo prilagodi skeletnosti tal in razpoložljivemu rodovitnemu tlu med talnim skeletom.

Na rastišču C je koreninski sistem precej podoben tistemu na rastišču B, toda je še bolj razvejan, nepravilen in prilagojen talnemu skeletu. To rastišče kaže na veliko prilagodljivost črnega bora težavnim in skeletnim talnim razmeram.

3. Razmerje suhe teže med nadzemnim delom sadike in med koreninami kaže na razmeroma dobro razvitost korenin na zelo težavnem in suhem rastišču C in na razmeroma skromno razvitost korenin na globokih in razmeroma svežih tleh v vrtači. Razmeroma dobro razvit koreninski sistem je tako pogoj za uspevanje na suhih rastiščih.

4. Čim bolj so tla skeletna in suha, tem bolj intenzivno razvejan je koreninski sistem. Korenine so tanjše, celotna

dolžina korenin je daljša in delež korenin v celotni biomasi je višji kot na manj skeletnih in suhih tleh. V tem lahko vidimo prilagoditev rastline težavnim in sušnim razmeram.

5. Raziskava omogoča narediti nekaj zaključkov za pogozdovanje<sup>v</sup> semiaridnih razmerah. Pogozdovanja na suhih rastiščih terjajo sadike posebne kvalitete (tršat nadzemni del, dobro razvit in kompakten koreninski sistem). Kontejnerske sadike morajo imeti dovolj velike kontejnerje. Zelo pomembna je kvaliteta in skrbnost saditve.

#### 4. VEGETATIVNA REGENERACIJA IZ KORENINSKE BIOMASE PRI LISTAVSKIH DREVESNIH VRSTAH NA ZELO SUHEM RASTIŠČU

##### 4.1. Uvod

Vsaka rastlinska vrsta ima svoj način strategije življenja, s katero se ohrani v težkih ekoloških pogojih in v konkurenci z drugimi rastlinami (Grime 1979). Pri različnih ekstremnih rastiščih, ki jih najdemo na zemlji (zgornja in polarna gozdna meja, močvirna rastišča, najrazličnejša suha rastišča), so zelo pomembna ravno suha rastišča semiaridnega podnebnega pasu. Ta rastišča so na svetu zelo razširjena, obsegajo stare kulturne dežele v Sredozemlju in drugod ter v glavnem gosto naseljena področja. Suha rastišča so se tudi zelo razširila zaradi razdiralne dejavnosti človeka, ki je degradiral vegetacijo in rodovitna tla in tako poslabšal naravne razmere in umetno ustvaril bolj aridne pogoje (FAO 1963, Raul 1970). Kjer je gozd že od narave na meji svoje razširjenosti, kot je to v semiaridnem podnebnem pasu, ima človekova razdiralna dejavnost še posebno hude posledice.

Suha rastišča semiaridnega značaja so tudi razširjena po naši državi, ne toliko zaradi sušnosti podnebja, pač pa zaradi velike propustnosti tal za vodo in zaradi degradiranosti tal in vegetacije sploh. Na semiaridnih področjih so se kljub hudim razdiralnim vplivom človeka s pašo, sekiro, ognjem, ohranili ostanki prvotne gozdne vegetacije. Ti ostanki, ki so preživelih v težkih razmerah, so zelo primeren predmet za raziskave strategije življenja oziroma preživetja rastlin. Najbolj nas zanimajo lesnate rastline, ki so sposobne vegetativne regeneracije, to je, da tvorijo nove poganjke, ko so posekane, obsekane, požgane, obžgane ali drugače poškodovane. Ta regeneracija je možna le, če ima rastlina še neko rezervo žive biosubstance. Ta rezerva je koreninski sistem oziroma podzemni del rastline sploh, ki je še najbolj zaščiten pred izsuševanjem, ognjem, sekiro,

pašo. V podzemni biomasi rastlina zbira rezervo, ki jo uporabi, ko je nadzemni del rastline uničen ali poškodovan. Ko rastlina regenerira svoj nadzemni del, spet lahko okrepi svojo podzemno biomaso in tako povečuje možnosti za preživetje. Zato je koreninska biomasa odločilen dejavnik za regeneracijo vegetacijske odeje in za rodovitnost tal sploh (Mlinšek 1980).

V Sredozemlju, na Bližnjem Vzhodu, tudi v naši državi, in sploh v znatnem delu sveta imamo obširne sušne goljave. Obnova gozda na teh goljavah je problem, ki pri vseh gospodarskih in socialnih stiskah današnjega sveta izgleda nerešljiv, pa vendar je tako nujno potreben rešitve. Zato nas zanimajo tisti načini regeneracije uničenega gozda, ki jih ponuja narava sama in ki so takorekoč brezplačni. Živa koreninska biomasa, ki se kljub težkim razmeram ohrani v tleh, je osnova za postopno naravno obnovo gozda.

#### 4.2. Vegetativna regeneracija in razmnoževanje kot strategija življenja

Strategija življenja pride posebno do izraza v ekstremnih ekoloških razmerah. To se kaže npr. na zgornji gozdni meji, na polarni gozdni meji, v gozdovih subaridnih področjih itd. Tukaj se omejimo na razmere v suhih in vročih podnebjih, oziroma na razmere suhih in toplih rastišč. Poleg vegetativne regeneracije in morda tudi vegetativnega razmnoževanja spada v strategijo življenja še marsikaj, kar se kaže npr. v kseromorfiji posameznih vrst, v kseromorfni fiziognomiji rastlinskih združb, v razvijanju globinskih korenin itd. Zmožnost vegetativne regeneracije pa je pri tem ogromnega pomena za ohranitev življenja. Brez nje bi bilo uničenje gozdnega rastlinstva v toplejših in sušnejših področjih še neprimerno hujše, kot je danes. Tukaj naj podam nekaj glavnih fizioloških značilnosti vegetativne regeneracije rastlin (glej tudi Fink 1980, Francllet 1981, Peterson 1981, Kozłowski 1971). Pogajanja iz panja analizira tudi

Lust, Mohammedy 1973, Alikalfić 1970.

Najprej nas preseneča pojav totipotence. Sicer je že dolgo znano, da iz vsake rastlinske celice pod ugodnimi pogoji lahko razvijemo celotno novo rastlino (Salisbury, Ross 1969). To zmožnost rastlin s pridom uporabljamo pri vegetativnem razmnoževanju. Sicer je vegetativno razmnoževanje možno z ukoreninjenjem raznovrstnih potaknjencev, s poganjki iz korenin in celo z ukoreninjenjem nekaterih delov rastlin, npr. skorje.

Speči popki. Popek lahko definiramo kot gluhe primordije v različnih stopnjah razvoja. Del popkov se razvije v nove poganjke, nekateri ostanejo neaktivni za nedoločen čas. To so speči popki, ki imajo isto starost kot tkivo, iz katerega izvirajo. Speči popki imajo lateralni in apikalni meristem in zato poznajo pojav letne rasti. Pojavlja se celo razvejanje spečih popkov.

Speči popki se aktivirajo, če je moteno fiziološko ravnotežje drevesa, ko je moteno razmerje med sprejemanjem hranilnih snovi in njihovo porabo, ob hudih spremembah svetlobnih razmer itd. To se lahko zgodi ob požaru, raznih mehaničnih poškodbah dreves, ob boleznih itd. Novi poganjki iz koreninskega vratu dreves tudi kažejo na fiziološke motnje, čeprav vzroki zanje niso opazni.

Speči popki zgubijo sposobnost odganjanja predvsem, če jih prekrije debela skorja, skozi katero ne morejo pognati. Imajo velik pomen za panjevski gozd. Poganjki iz spečih popkov so dobro zasidrani v matičnem tkivu. Razvijejo se tudi ob tleh in v nekaterih primerih celo razvijejo korenine in se tako lahko ločijo od matičnega drevesa kot nov osebek.

Mnoge lesnate rastline lahko razvijejo popke v parenhimskem tkivu, ki ni neposredno povezano z apikalnim meristemom in na mestih, kjer bi tvorbo popkov ne pričakovali. Zato se imenujejo adventivni. V glavnem izvirajo iz površinskih slojev tkiva na koreninah in stebelu.

Glavna razlika med spečimi in adventivnimi popki je v tem, da adventivni popki niso tako zasidrani v tkivu matičnega drevesa, kot speči popki. Zato so poganjki iz adventivnih popkov bolj ranljivi kot poganjki iz spečih popkov. Adventivni popki se zelo radi pojavljajo v tkivu, ki prerašča ranjena mesta na drevesnih deblih.

Aktiviranje popkov in poganjkov iz njih je pod močnim vplivom hormonov, ki jih poznamo pri višjih rastlinah. Auxin, gibberellin in verjetno cytokinin regulirajo delovanje kambija. Vsi ti imenovani hormoni se lahko tvorijo v koreninah. Cytokinin in gibberellin so našli v fiziološko aktivnih koncentracijah v ksilemskem soku, ki se dviga iz koreninskega sistema. Od hormonalnega ravnotežja zavisi aktiviranje spečih in adventivnih popkov, oblikovanje nadzemnega habitusa drevesa. Na hormonalno ravnotežje močno vplivajo fiziološke motnje in obremenitve, ki jih mora drevo doživljati na nezgodnem rastišču, obremenitve zaradi požara, obsekovanja, obžiranja, sekanja na panj itd.

#### 4.3. Material in metode raziskave

V raziskavi smo hoteli spoznati značilnosti vegetativne regeneracije in koreninske biomase dveh termofilnih drevesnih vrst, to je *Fraxinus ornus* L. (beli jesen), *Ostrya carpinifolia* Scop. (črni gaber), *Quercus pubescens* Wild. (hrast puhavec), in sicer na izjemno suhem, toplem in sploh težavnem rastišču v submediteranski Sloveniji. S tem smo hoteli zajeti razmere, ki so zelo podobne razmeram semiaridnega področja. Material za raziskavo smo pridobili izključno z jemanjem vzorcev na terenu. Zavešno smo se odrekli laboratorijskim poskusom, ki se sicer pri raziskovanju korenin na veliko uporabljajo. Tako smo zajeli razmere, kot jih najdemo na terenu in ki jih v laboratoriju ne moremo ponoviti.

Težavnejša je bila izbira rastišča in vzorcev na njem. Za nas

bi bilo zanimivo kraško, kamenito zemljišče s skromnim drevesnim rastlinjem. Vendar je izkop korenin odraslih dreves na takem zemljišču izredno težaven. Za izkop korenin bi bilo bolj primerno zemljišče s flišno podlago v najbolj sušnih področjih slovenskega Primorja. Vendar je flišna podlaga toliko vododržna, da bi težko predstavljala semiaridne razmere. Vzorce za črni gaber in beli jesen smo vzeli na melišču nad Vipavsko dolino, nad vasjo Gradišče pri Vipavi. To prisojno rastišče, približno 280 m nad morjem, s suhimi, zelo propustnimi, neustaljenimi tlemi na pobočju, z grobim apnenčastim gruščem, med katerim se je razvilo nekaj rodovitnejših tla, dobro predstavlja izredno suho rastišče. Letne padavine sicer v Vipavski dolini niso skromne (cca 1400 mm), toda ob propustni podlagi, ob vročem poletju z malo dežja, ob močni prevetrenosti, pomenijo malo. Izbrano melišče je poraslo s skromnim drevesnim in grmovnim rastlinjem. Zaradi ekstremnosti razmer ima tudi drevesno rastlinje grmovno obliko. Rastlinsko združbo smo določili kot *Seslerio autumnalis - Ostryetum carpini-foliae* Horvat et Horvatić 1950. Očitno prevladujoči drevesni vrsti sta beli jesen in črni gaber. Izkop korenin na rastišču je sicer razmeroma enostaven zaradi gruščnatega nekompaktnega materiala, toda na drugi strani nam je strmina in neustaljenost pobočja delala težave.

Na tem rastišču smo izbrali šest vzorcev belega jesena in šest vzorcev črnega gabra v starosti od 15 do 75 let. Ostale vzorce smo vzeli nedaleč od opisanega rastišča nad vasjo Gradišče, in sicer neposredno ob glavni cesti Vipava - Razdrto, v bližini avtobusne postaje Lozice. Tudi v tem primeru imamo opraviti z zelo skeletnimi tlemi na melišču, le da je to melišče bolj ustavljeno, manj strmo in pretežno poraslo z revnim gozdnim rastjem. Tla so razvitejša in ugodnejša, toda kljub temu še vedno zelo suha in za uspevanje gozda neugodna. Gozdna vegetacija je tudi tukaj *Seslerio autumnalis - Ostryetum carpini-foliae*



Horvat et Horvatić 1950. Lega (ekspozicija) in nadmorska višina je približno enaka kot na prej opisanem rastišču nad vasjo Gradišče. V to rastišče se neposredno ob glavni cesti zajdeajo na več mestih opuščeni peskokopi. Tako se je precej gozdne-ga rastja znašlo na strmem robu peskokopa, kjer so se ekološke razmere še zaostrole. Strmi rob peskokopa je bil zanimiv tudi ker smo na njem razmeroma lahko izkopavali naše koreninske vzorce.

Na tem rastišču smo vzeli kot vzorec panj belega jesena, ki se je zrušil z roba peskokopa in padel v nižji del peskokopa in se tam na nekoliko ugodnejših tleh ponovno ukoreninil.

Poleg tega smo na tem rastišču leta 1984 vzeli štiri vzorce korenin puhastega hrasta (*Quercus pubescens* Willd.).

Nabrane vzorce smo natančno dendrometrično analizirali, in sicer s prerezi na koreninskem vratu in s prerezi pod in nad koreninskim vratom. Za žaganje presekov smo uporabili specialno žago, ki naredi gladek prerez in ne raztrga lesnega tkiva, tako da so anatomske elementi še dobro vidni. Na prerezih debla in korenin smo analizirali tvorbo branik, adventivnih in spečih popkov, vegetativne poganjke, rane in njihovo zaraščanje, mehanske škode in podobno.

#### 4.4. Rezultati

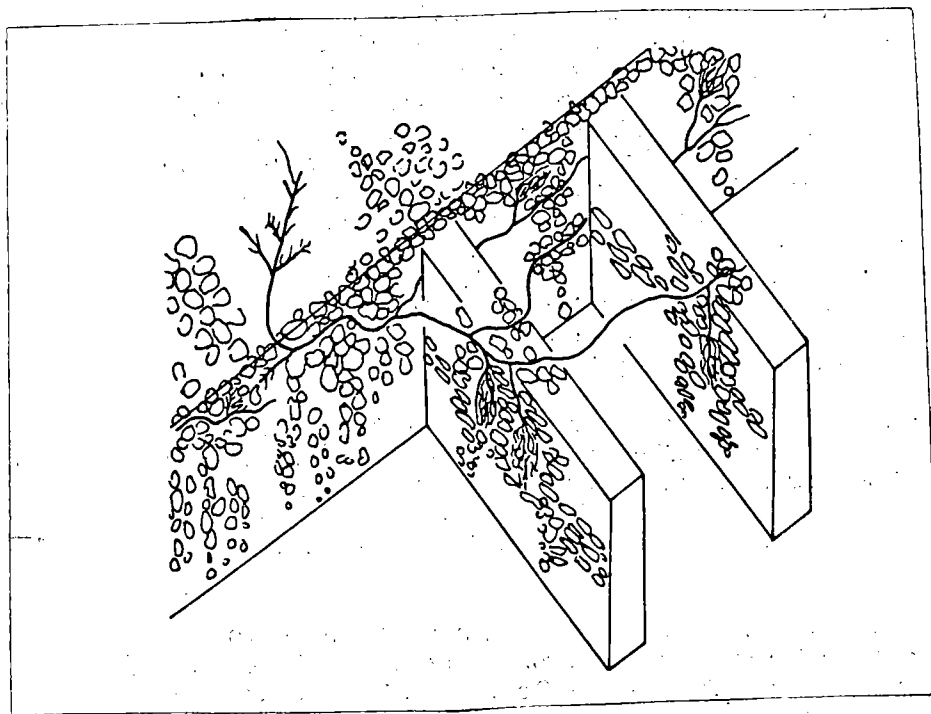
##### 4.4.1. Raziskovanja na črnem gabru (*Ostrya carpinifolia* Scop.) in belem jesenu (*Fraxinus ornus* L.)

Rezultate (je obširno predstavil Abdul-Hadi (1983)) in naj tukaj podam le kratek pregled.

- 1) Beli jesen, starost 15 let, višina 1,0 m (glej prikaz št.1). Ta primerek je rasel popolnoma osamljeno na kamnitem melišču. Zaradi padajočega kamenja in neustaljenosti melišča je bil njegov prvi poganjek pritisnjen ob tla in pokrit z gruščem.

Drevesce je pognalo nov poganjek, ki je dosegel starost 6 let. Poganjek, pokopan v grušču je pokazal znake odmiranja. Novi poganjek je v prvih treh letih rasel razmeroma hitro, nato je njegova rast popustila. Bolj intenzivna in manj ovirana je bila rast korenin. Te so se razširile tri metre in več od koreninskega vratu, in sicer skoraj izključno navzgor po pobočju. Opazno je intenzivno razvejavanje korenin na mestih, kjer so korenine naletele na ugodnejše talne razmere. Intenzivne drobne korenine, ki so se tvorile na takih mestih, so dosegle starost največ treh let, nakar so odmrle. Ob rasti glavnih korenin se taka intenzivna razvejavanja korenin tvorijo spet na drugih mestih.

Grafični prikaz št.1



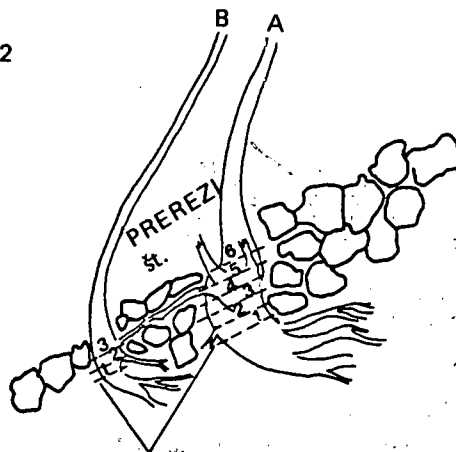
2) Črni gaber, starost 32 let, višina 230 cm (glej prikaz št.2)  
V razvoju črnega gabra in belega jesena ni bistvenih razlik. Podobno kot pri prejšnjem primeru, je tudi tukaj padajoči in drseči grušč upognil mlad poganjek. Tako se je drevo začelo razvijati v grmasto obliko. Ta osebek je rasel v manjši skupini podobnih osebkov v pasu melišča, kjer je grušč drobnejši in so talne razmere ugodnejše. Zanimivo je, da starost osebka, ugotovljena na koreninskem vratu znaša 32 let, najstarejši poganjek pa je star le 24 let. To pomeni, da prvotni poganjek ne obstaja več, ker je propadel v težkih rastiščnih razmerah, toda vegetativna regeneracija iz koreninske biomase je manjkajoči poganjek nadomestila in tako omogočila preživetje.

Prerezi nad koreninskim vratom, kot je razvidno na grafičnem prikazu, kažejo na dramatičen razvoj dreves in njegovo borbo s težavnim rastiščem, kjer so nadzemni poganjki pogosto odmrali zaradi suše, padajočega kamenja na strmem melišču, zaradi neustaljenosti tal. Vidni so sledovi večjega števila poganjkov, ki so končno, razen obstoječih dveh, vsi odmrli. Ni bilo opaziti sledov sekanja ali drugih uničevalnih vplivov človeka in tako tak razvoj pripisujemo izključno naravnim razmeram. To velja za vse naše vzorce.

V grafičnem prikazu je označeno tudi število branik posameznih poganjkov. Ti so v spodnjem delu debla zraščeni v enotno deblo precej nepravilne oblike.

Razvoj korenin je podoben kot pri prejšnjem primeru, le da je obseg koreninskega sistema precej večji.

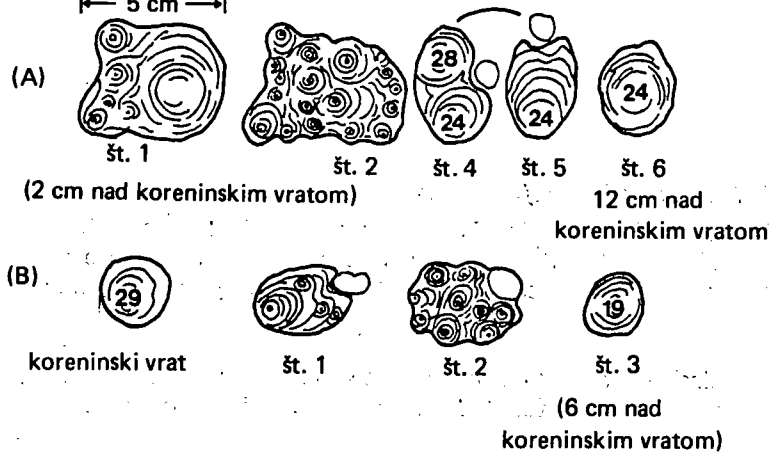
Grafični prikaz št. 2



## PREREZI

(številke na prerezih pomenijo število branik)

← 5 cm →

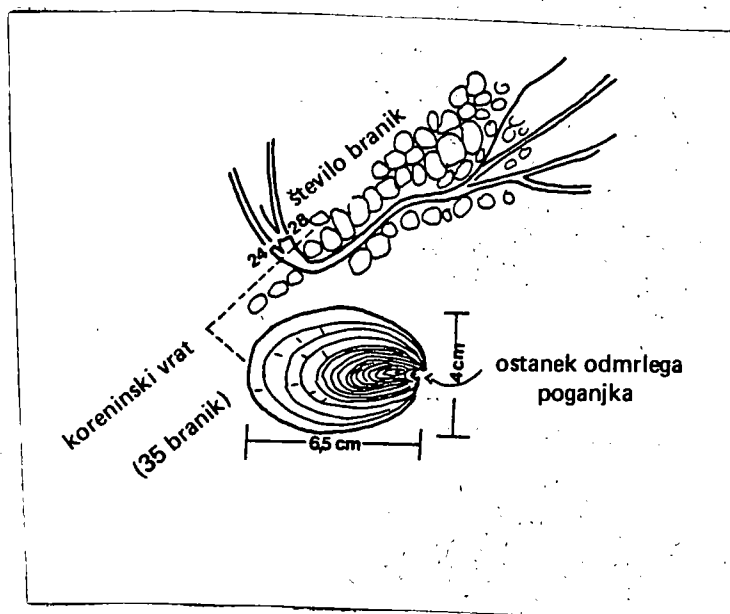


3) Beli jesen, star 34 let, visok 1,9 m (glej grafični prikaz št.3)

Ta osebek raste osamljen na golem grušču melišča. Prvotni poganjek je že odmrli, namesto njega sta zrasla druga dva, stara 24 in 28 let, torej 10 in 6 let za prvotnim, odmrlim poganjkom. Na prečnih presekih debla takoj nad koreninskim vratom so vidno številni sledovi adventivnih poganjkov, ki se niso razvili.

Zelo intenzivno razvit in razvejan je koreninski sistem, ki spet sega predvsem navzgor po pobočju in se intenzivno razveja na posameznih ugodnejših mestih, kot je že opisano pri prvem primeru. Značilna je nagla dolžinska rast posameznih korenin, ki doseže tudi 80 cm na leto, sicer pa pri glavnih koreninah okoli 25 cm letno. Očitno je, da je koreninski sistem v primerjavi z nadzemnim delom izredno močno razvit, kar vedno znova omogoča vegetativno regeneracijo drevesa.

Grafični prikaz št.3

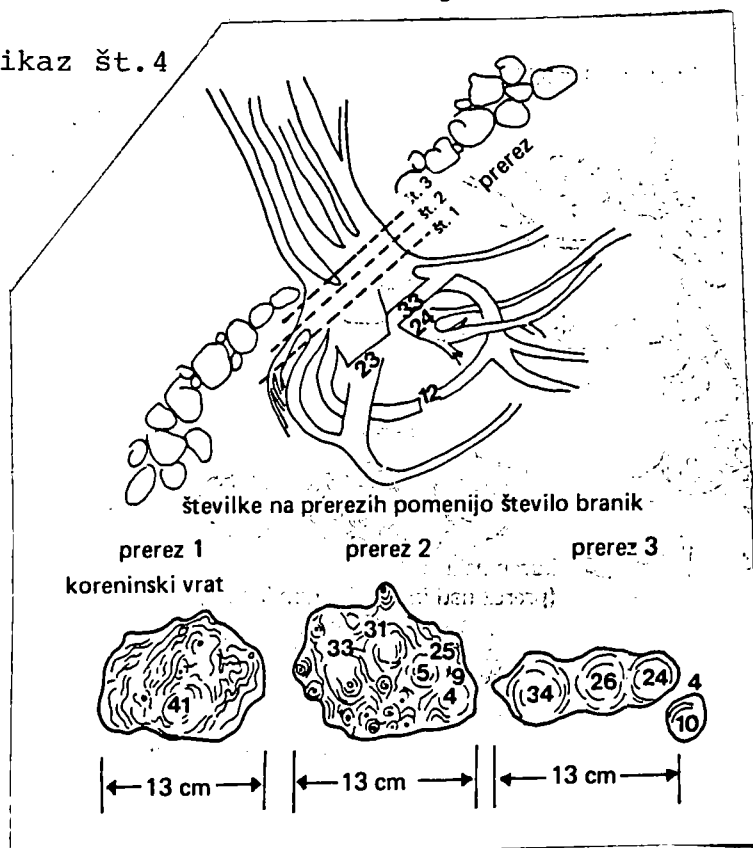


4) Črni gaber, star 41 let, visok 3,3 m (glej graf. prikaz št. 4)  
 Ta osebek je rasel v manjši skupini podobnih osebkov, vendar ni bil utesnjen. Starost nadzemnih poganjkov je 34, 26, 24 in 10 let. Prvotni poganjek torej manjka in ga je nadomestilo večje število poganjkov. Ti so seveda mlajši od starosti, ugotovljene v koreninskem vratu, to je 41 let.

Preseki debla nad koreninskim vratom spet kažejo sledove večjega števila poganjkov, od katerih so se mnogi razvijali 10 let in več, toda končno so ostali živi le omenjeni štirje poganjki.

Na presekih korenin, kjer smo ugotavljali starost oziroma število branik, opažamo podobno naglo zmanjševanje starosti korenin z oddaljenostjo od koreninskega vratu, kar je razvidno na grafičnem prikazu. Podobno kot pri nadzemnih poganjkih so tudi tukaj odmrle najstarejše korenine in namesto njih so zrasle druge. Vzrok temu so verjetno slabi rastiščni pogoji in morda tudi odmiranje drobnih intenzivno razvejanih korenin.

Grafični prikaz št. 4



5) Podoben razvoj opazamo tudi pri dveh primerkih belega gabra (starost 65 let, višina 380 cm, ter 75 let in 450 cm višine). Oba primerka že kažeta neko ustaljenost po dolgem obdobju borbe z neugodnimi rastiščnimi razmerami. Sedanji živeči poganjki teh dreves so za nekaj desetletij mlajši kot je celotna starost osebkov, ki smo jo ugotovili na koreninskem vratu (pri 65 let starem primerku - 34, 31 in 23 let; pri 75 let starem primerku - 28 in 26 let) /glej grafični prikaz št.5 in graf.prikaz št.6).

Iz grafičnega prikaza se vidi, da je pognalo mnogo poganjkov v različnih časih in da je nazadnje od njih ostalo le malo.

Niso odmirali le nadzemni poganjki, ampak tudi korenine. Ugotovljeno največje število branik na preseku koreninskega vratu in na preseku 2 cm pod njim znaša v prvem primeru 65 in 52 let, v drugem primeru 75 in 65 let. V večji oddaljenosti od koreninskega vratu so ti skoki v starosti korenin manjši. Iz tega lahko sklepamo, da ima drevo prav na začetku svojega razvoja največje težave, da se mora regenerirati iz obstoječe koreninske biomase vedno znova in znova.

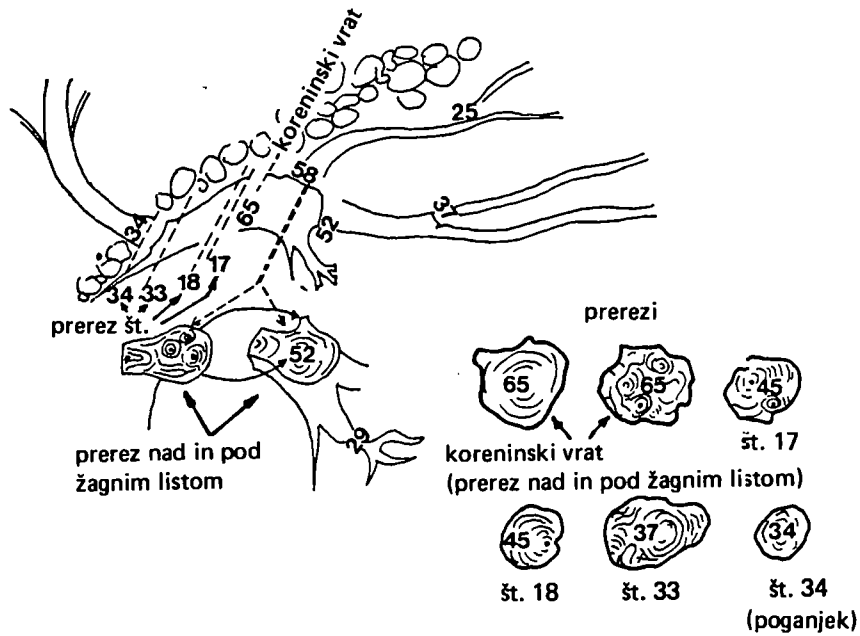
Na teh dveh osebkih, ki sta dosegla že razmeroma znatno starost, opazamo veliko število poškodb zaradi padajočega kamenja na melišču. Prerašča jih kalusno tkivo, v katerem opazimo mnogo adventivnih popkov. Ob odmrlih poganjkih drevo tvori lesno tkivo tako, da ta poganjek polagoma potisne na rob debla. Pri zadnjem primerku, 75-letnem belem jesenu, smo opazili tudi štrcelj posekanega poganjka. Drevo je nanj podobno reagiralo kot na ostale odmrle poganjke.

7) Ukoreninjenje kosa panja belega jesena (glej grafični prikaz št.7)

Kot je opisano spredaj, smo analizirali kos panja, ki je padel

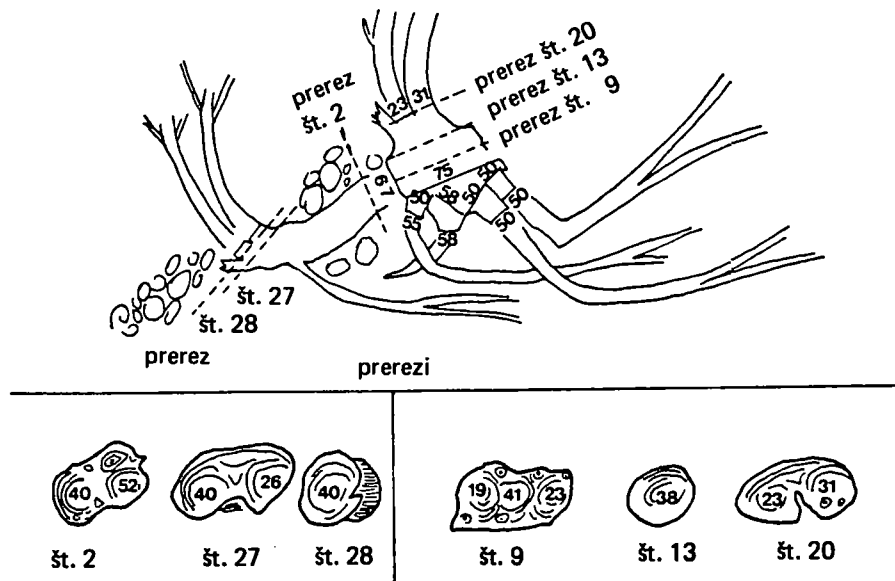
## Grafični prikaz št.5

(številke na prerezi pomenijo število branik)



## Grafični prikaz št. 6

(številke na prerezi pomenijo število branik)



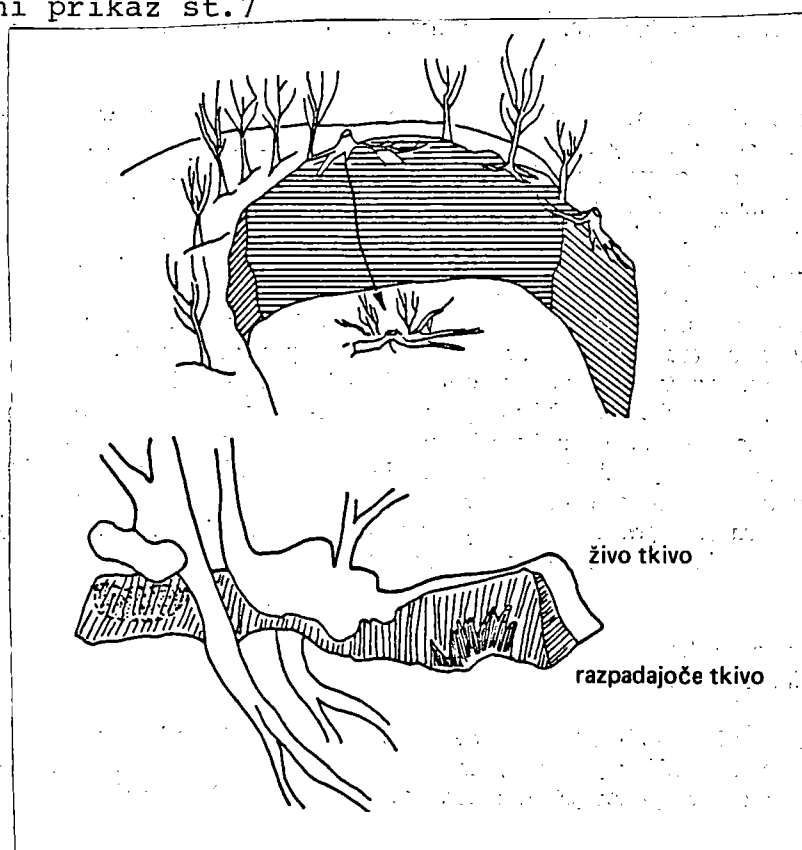


z roba zgornjega peskokopa v nižji del peskokopa in se je v skeletnem peščenem tlu spet ukoreninil. Talne razmere so v tem primeru manj ekstremne kot na našem melišču, ker je nekaj več finejših talnih frakcij.

Na tem kosu panja je le še del tkiva ostal živ, ostalo je zajela gniloba. Iz živega dela so iz adventivnih popkov pognali novi poganjki iz nove korenine, ustvarilo se je že nekaj novih osebkov z debelcem in koreninami, ki so se že ločili od matičnega tkiva. Najvišja starost teh osebkov je bila 11 let.

Ta primer je posebno zanimiv zato, ker kaže na presenetljivo sposobnost ukoreninjenja koreninske biomase, odtrgane od matičnega drevesa. Ta sposobnost ukoreninjenja je zanimiva tudi za tehniko pogozdovanja v težavnih razmerah.

Grafični prikaz št.7



#### 4.4.2. Raziskovanja na hrastu puhavcu. (*Quercus pubescens* Willd.)

Štiri vzorci puhastega hrasta predstavljajo drugače kot vzorci črnega gabra in belega jesena pogosto sekano panjevsko drevje, ki je bilo torej bolj obremenjeno z neugodnimi vplivi človeka in manj z neugodnimi vplivi ekstremnega rastišča. Imamo opraviti z gozdom na suhem in revnem rastišču, ki je bil še dodatno obremenjen z antropogeno degradacijo. Višine dreves so neznatne, pri naših vzorcih 2,5 m (vzorec 1), 6 cm (vzorec 2), 4 m (vzorec 3), 8 m (vzorec 4). Ostali podatki, ki smo jih ugotovili, so razvidni na shematskih prikazih na sledečih straneh.

Večji problem kot pri raziskavah na črnem gabru in belem jesenu je bila razpoznava branik v koreninskem lesu. Različni poskusi razpoznave branik z barvanjem lesa, z mikroskopskimi preparati, z zalivanjem lesa v prozorno smolo in podobno, niso uspeli. Koreninski les kaže izredno malo razlik v anatomski zgradbi, na katere bi se lahko oprli pri določanju starosti oziroma prirastka posameznih let. Razpoznava branik je še naprej možna v glavni, navpični korenini, in še to le v bližini koreninskega vratu. Več o problemu določanja starosti korenin glej pri Fayle 1972 in Bedenau et Pages 1984. (seznam literature na koncu).

V našem primeru smo imeli opraviti še z gnilobo lesa, ki se je razširila po deblu in po koreninah (glej shematske prikaze), kar je seveda še močno otežilo štetje branik. Posebno na nagnitem lesu lahko računamo z napakami pri štetju branik. Sicer pa pri določanju starosti oziroma števila branik na posameznih prerezih lahko računamo s povprečno napako 5 - 10%.

Splošne ugotovitve: Na prerezih glavne korenine oziroma panja pod koreninskim vratom je ugotavljanje starosti drevesnega osebkaja zelo težavno ali nemogoče. Posek drevesa na panj pomeni tu-

di širjenje gnilobe v panj in nato tudi v novo zraslih poganjkih oziroma deblih. Pri pogostem sekanju na panj in pri vegetativni regeneraciji drevesnega osebka po vsakem takem sekanju, pride do zraščanja panja z vegetativnimi poganjki, do odmiranja posameznih poganjkov, do gnitja lesa in sploh do tvorbe lesnega tkiva, kjer je težko prepoznati kakšno tvorbo branik! Na presekih glavne korenine globlje pod koreninskim vratom (glej shematske prikaze) se te nepravilnosti nehajo. Toda gniloba sega tudi do 1 m v glavno korenino. Na presekih v nižjih delih glavne korenine pri starejših drevesih opazamo, da se je več koreninskih poganjkov zraslo skupaj.

Starosti osebka torej ne moremo ugotavljati neposredno ob koreninskem vratu, ampak 20 - 50 cm pod njim. Številu let, ki ga ugotovimo na preseku korenine, moramo dodati še 1 - 5 let. Pri panjevskih drevesih ugotavljamo, da je koreninska biomasa lahko znatno starejša kot obstoječi nadzemni poganjki in da je lahko koreninske biomase znatno več kot nadzemne.

Opazanja k posameznim vzorcem (glej prilogo: Analiza vzorcev korenin puhastega hrasta /*Quercus pubescens* Willd./ - shematski prikazi presekov korenin).

Vzorec števil. 1.

Ta osebek je še razmeroma mlad. Največja starost, ugotovljena na preseku približno 20 cm v tleh je 37 let.

Gniloba sega 35 cm globoko v korenino.

Vzorec št.2.

Starost, ugotovljena 60 cm globoko v tleh, je 97 let. Osebek je torej verjetno star nekaj preko sto let. Koreninska biomasa je večja od obstoječe nadzemne. Nadzemni poganjek je bil visok le 6 m in ob panju debel le 14,5 cm, kar kaže na skromno rast. Poleg tega je bil še en suh poganjek visok 2 m. Na prerezi neposredno pod koreninskim vratom je opazen velik delež gnilobe, sicer pa težko določljivo lesno tkivo, nastalo

z zaraščanjem panjevskih poganjkov. Gniloba sega približno 90 cm globoko v korenino.

#### Vzorec št.3.

Je precej podoben vzorcu št.1. Največja ugotovljena starost je bila 56 let in sicer na prerezu 25 cm pod koreninskim vratom. Sicer je nadzemni poganjek star 34 let, in ob panju debel 9,5 cm in visok 4 m. Na presekih pod koreninskim vratom ni videti posebnih zraščanj več panjevskih poganjkov, ker je osebek pač razmeroma mlad. Gnilobo lesa smo opazili v celi dolžini korenine, ki smo jo analizirali.

#### Vzorec št.4.

Je precej podoben vzorcu št.2. Edini nadzemni poganjek je ob panju debel 8,0 cm, visok 8 m in star 45 let. Največja ugotovljena starost je 110 let in sicer na preseku 0,5 m pod koreninskim vratom. Gniloba je razširjena po celi dolžini vzorca. Prerezi v bližini koreninskega vratu kažejo podobno sliko, kot pri vzorcu 2, to je zaraščenost več panjevskih poganjkov, od katerih je danes ohranjen samo eden, veliko gnilobe lesa na prerezu in lesno tkivo brez opaznih branik in z nepravilno rastjo. Gniloba sega skoraj po celi dolžini analizirane korenine.

### 4.5. Razprava o rezultatih

Cilj raziskave je bil spoznati strategijo življenja lesnatih rastlin na izrazito neugodnih rastiščih. Ta rastišča so postala neugodna v glavnem zaradi vpliva človeka. V našem primeru smo raziskovali na zelo suhem in toplim rastišču v submediteranski Sloveniji, ki lahko predstavlja razmere v semiaridnih področjih. Na takem rastišču lahko spoznamo marsikaj o razvoju, obliki, regeneraciji, preživetveni strategiji lesnatih rastlin.

Iz tega lahko dobimo veliko idej za ponovno ozelenitev opustelih semiaridnih krajev.

Na takih neugodnih, vročih in suhih rastiščih opažamo najprej, da ima drevesno rastlinje grmasto obliko. Namesto gozda imamo navadno le grmišče. Veliko k temu prispeva uničujoče delovanje človeka s sekiro, pašo, ognjem. H grmasti obliki so prispevale pogoste mehanične poškodbe na neustaljenem rastišču, prekrivanje poganjkov z gruščem. Te in druge ekološke obremenitve povzročijo vrsto fizioloških motenj, na katere rastlina reagira s posebno aktivnostjo hormonov. To pa seveda močno vpliva na oblikovanje rastlinskega habitusa. Uničevalni vplivi človeka imajo podobne vplive kot razvoj pod zelo težavnimi ekološkimi razmerami. Več o fiziološki in morfološki prilagoditvi težavnim ekološkim razmeram lahko preberemo v razpravi ter v delih Abdul-Hadi 1983, Peterson 1975, Schier 1981, Torrey & Clarkson 1975, Abdul-Hadi, Zupančič 1984.

Razvoj koreninskega sistema v takih ekstremnih razmerah naj predstavimo z rezultati naših raziskovanj.

Analizirali smo drevesne primerke različnih starosti. Iz tega lahko rekonstruiramo razvoj drevesnih osebkov od semena do stopnje odraslosti. Beli jesen in črni gaber, tvorita obilno semena. Od tega semena na našem ekstremnem rastišču vzklije le malo in sicer le na zelo ugodnih mikrorastiščih, navadno pod zaščito obstoječega rastlinja. Začetni razvoj drevesa je zelo počasen. Tvorba dovolj močnega in intenzivnega koreninskega sistema je odločilna za preživetje v prvih 10 letih. Pod takimi razmerami verjetno veliko mladih osebkov odmre. Drevesno stebelce padajoči in drseči grušč navadno upogne k tlu in prekrije. Rastlina si mora pomagati s tvorbo novih pokončnih poganjkov, predvsem iz bližine koreninskega vratu. Temu sledi pogosto odmiranje poganjkov zaradi mehaničnih poškodb, suše in morda tudi drugih obremenitev. Tudi korenine v prvih

10-20 letih pogosto odmirajo in se tvorijo nove. Odmiranje korenin je verjetno dosti manj pomembno kot odmiranje nadzemnih delov in koreninska biomasa je tista rezerva, ki daje rastlini moč za preživetje v najbolj kritičnih časih. Po pet in več desetletjih take borbe s težavnim rastiščem, v kateri marsikateri osebek odpove, drevo le doseže neko stopnjo stabilnosti, za katero je značilna grmasta oblika in predvsem močno razvit koreninski sistem. Zelo raznolike so oblike vegetativne regeneracije s spečimi in adventnimi poganjki. Precej podoben je razvoj verjetno tudi pri hrastu puhavcu.

Iz primera našega vročega in suhega rastišča se lahko za obnovo gozda v semiaridnih razmerah naučimo sledeče.

Pogozdovanje na našem rastišču bi bilo le težko mogoče in zelo drago. Pogozdovanje z iglavci (npr. črni bor) ne bi bilo primerno, ker se ta vrsta ne more vegetativno regenerirati. Zelo težavno je osnovanje novega drevesnega osebka. Najmanj 30 let traja, da drevo preraste kritično začeno dobo. Da nekaj osebkov uspe, mora narava narediti mnogo neuspešnih poskusov. Pri pogozdovanju so taki poskusi še mnogo bolj tvegani in seveda dragi. Osebki, ki uspejo, stvorijo v nekaj desetletjih koreninsko biomaso, ki omogoča preživetje v težavnih razmerah. Ta biomasa je dragocena investicija narave, ki jo je vredno izrabiti pri prizadevanjih za ozelenitev pustih suhih zemljišč.

Na premočno degradiranih zemljiščih, kjer je iztrebljena tudi koreninska biomasa lesnatih rastlin, pa žal ni te možnosti za naravno regeneracijo gozda. Uničenje gozda tako potane težko popravljivo in obnova zahteva visoke stroške.

O gozdarsko političnih vidikih obnove gozda iz obstoječe biomase govori Mlinšek 1980. Kjer taka možnost obstaja, ima velike prednosti pred umetno obnovo gozda. Pogozdovanje v težavnih ekoloških razmerah so draga, tvegana, zahtevajo velika vlaganja tudi v obliki porabljene energije za obdelavo tal, za umetna gnojila, za vzgojo sadik. Za revne države v razvoju, ki

morajo energijo drago plačevati, je taka posredna ali neposredna potrošnja energije prehudo breme. Vendar je ozelenitev obsežnih opustelih površin nujna in brez tega ni rešitve za probleme revščine. Zato se je treba dela lotiti kar se da racionalno in prepustiti naravi vse, kar more narava takorekoč zastonj narediti za človeka. Vegetativna regeneracija iz koreninske biomase je sicer le začetek dolgotrajne naravne regeneracije gozda. To regeneracijo lahko človek s svojim delom in z zmernimi vlaganji pospeši in usmerja. Vegetacija, ki nastane na ta način, ima občudovanja vredno naravno odpornost na neugodnosti okolja. V deželah starih kultur, kot je Sredozemlje, je preživela tisočletno uničevanje po človeku in je zato temu primerno genetsko selekcionirana.

Umetno pogozdovanje je seveda marsikje neizogibno, posebno če želimo čimprej imeti gozd z njegovim varovalnim vplivom. Umetno pogozdovanje kaže tudi hitrejši uspeh kot postopna naravna regresija gozda, ki se začne z vegetativno regeneracijo. Seveda je te prednosti umetnega pogozdovanja treba drago plačati z visokimi stroški, z veliko porabo energije, z biološko manj stabilnimi nasadi. Nasadi še zdaleč ne morejo doseči zdravja in odpornosti naravne, skozi tisočletja selekcionirane vegetacije. Umetno pogozdovanje na velikih površinah si sicer brez težav lahko privoščijo energetska in drugače bogate države in utegne biti za njihove razmere čisto primerno. Njihov zgled žal preveč nekritično posnemajo države, ki so v vsakem pogledu revne ter imajo težke naravne pogoje, kar je vzrok za hude neuspehe.

Na slovenskem in jugoslovanskem krasu si današnje ozelenitve ne moremo predstavljati brez vegetativne regeneracije avtohtonih listavcev (Pintarić 1980). Nasadi črnega bora in njegovo naravno širjenje so pri tem manj pomembni kljub nenadomestljivi pionirski vlogi črnega bora. Panjewska grmišča, kot jih najdemo pri nas marsikje na krasu, morajo biti le prehodna

stopnja stopnja k višjim oblikam gozda, kjer se bo gozd obnavljal iz semena in ne iz panja. Toda biti nam mora jasno, da ozelenitev našega Krasa ne bi tako uspela, če ne bi v preteklih 30 letih popustil pritisk človeka na gozd s pašo, sekiro in podobnim.

Težji so problemi naravne obnove skoraj uničenega gozda npr. v Iraku (The highest Agricultural Council 1978). Znatni del Iraka leži v semiaridnem podnebjju, kjer je gozd uničen do skromnih ostankov. Postopna in seveda dolgoročna naravna obnova gozda je mogoča na več kot 2 milijonih hektarov površine. Seveda je to obnovo gozda možno podpirati tudi s pogozdovanjem na manjših površinah. Toda tudi tukaj ne moremo iti mimo problemov domačega prebivalstva, ki je navajeno na opustošenih, skoraj nerodovitnih zemljiščih pasti, sekati, požigati. Ostanke gozda je treba razbremeniti človekovih zlorab, sicer ni poti iz začaranega kroga revščine in opustošenja.

V standardnih delih o gojenju gozdov, npr. Mayer 1980, je govora tudi o panjevskem gospodarjenju, ki predstavlja tudi neko možnost za gospodarjenje z gozdom v težavnejših naravnih in gospodarskih razmerah npr. v južni in jugovzhodni Evropi. Sicer v srednjeevropski literaturi najdemo veliko prispevkov o možnostih premene panjevskih gozdov v visoke. Panjevsko gospodarjenje je nedvomno slaba izraba zmogljivosti rastišč. Gniloba lesa, ki smo jo opazili v koreninah in deblih hrasta puhavca, prav gotovo ne govori v prid panjevskega gospodarjenja.

Regeneracija gozdnih dreves iz panja ima svoj pomen za obnovo degradiranega gozdnega rastišča in za nadaljnji progresivni razvoj gozda, pri katerem preidemo na generativno obnovo gozda. Panjevsko gospodarjenje lahko pomeni izhod v sili, toda je malo primerno kot reden način gospodarjenja (primerjaj Alikalfić 1970).



#### 4.6. Povzetek

Namen raziskovanja je bil proučiti strategijo življenja listavskih drevesnih vrst na ekstremno toplem in suhem rastišču na melišču v submediteranski Sloveniji, kjer je rastlinje izpostavljeno tudi padajočemu kamenju z višjih delov strmega pobočja. Na ta način smo hoteli dobiti razmere, ki ponazarjajo pogoje v semiaridnih področjih, kjer je človek s pašo, posekom, požiganjem in drugo uničevalno dejavnostjo delno ali v celoti uničil občutljive naravne ekosisteme. Kot vzorec smo izbrali 11 dreves v različnih starostih. Za podrobno dendrometrično analizo smo naredili številne prečne preseke korenin in debla. Pri tem smo analizirali priraščanje, adventivne in speče poganjke, mehanične poškodbe ter rast in oblikovanje korenin in nadzemnih poganjkov.

Ugotovili smo, da je naravno in umetno osnovanje novih drevesnih osebkov zelo težavno. Na zelo suhem rastišču mora mlado drevesce najprej zgraditi močan koreninski sistem. Mnogo korenin pri mladih drevescih odmre in namesto njih se tvorijo nove. Mnogo bolj izrazito je odmiranje nadzemskih poganjkov, zlasti v prvih desetletjih življenja drevesa. Namesto odmrlih poganjkov drevesa vedno znova skušajo ustvariti nove poganjke na vegetativni način iz spečih in adventivnih popkov. Drevesne vrste, ki smo jih raziskovali, *Fraxinus ornus* L, *Ostrya carpinifolia* Scop., *Quercus pubescens* Willd., rastejo na manj ekstremnih rastiščih kot normalno oblikovana drevesa. Na našem ekstremnem rastišču se razvijata v grmovni obliki zaradi pogostega uničenja poganjkov in odganjanja novih.

Rezultati kažejo na presenetljivo veliko sposobnost vegetativne regeneracije listavcev na ekstremno suhih rastiščih, kar pomeni pomemben način strategije življenja in preživetja. Ekološke razmere takih rastišč vplivajo na fiziološke procese, pri čemer imajo rastlinski hormoni pomembno vlogo. Zaradi te

strategije življenja so se marsikje v semiaridnih področjih ohranili ostanki gozdne vegetacije, čeprav jo je človek stalno uničeval s sekiro, pašo, požiganjem itn. Posebno pomembna je živa rastlinska biomasa v tleh, ki je razmeroma dobro zaščitena pred različnimi poškodbami. Ta živa biomasa v tleh nam daje možnost naravne vegetativne regeneracije drevesnega rastlinja. Tak način obnove gozda je najbolj racionalen način obnove gozda v deželah v razvoju, kjer dobimo še žive ostanke nekdanje gozdne vegetacije. V primerjavi z osnovanjem nasadov tak način obnove gozda ne zahteva večjih vlaganj energije, materiala, človeškega dela in denarja. Uspeh dela se ne pokaže hitro, toda je mnogo bolj gotovo kot pri umetnem obnavljanju gozda s pogozdovanjem in nam daje tudi bolj naravno in stabilno drevesno vegetacijo. Ni potrebno tvegano in drago osnovanje novih drevesnih osebkov na težavnih rastiščih, uporabimo obstoječo živo koreninsko biomaso v tleh, ki se je kljub vsem težavnim razmeram ohranila.

Predpogoj za uspeh take obnove gozda je, da prenehamo z obremenjevanjem tal in rastlinja s pašo, sekiro, požiganjem itn. Ko vegetacija doseže višji progresijski štadij, lahko pričakujemo razmnoževanje dreves na generativni način s semenom.

## 5. MIKROMORFOLOGIJA KORENIN KOT MOŽNOST RAZISKAV KORENIN

### 5.1. Uvod

Pri preučevanjih koreninskih sistemov pogosto ostajamo le pri morfoloških vidikih, ker so nam fiziološki in drugi vidiki premalo dostopni. Morfologija korenin je tudi glavna opora za klasifikacijo korenin (Köstler et al. 1968, Böhm 1979). Opažanja se navadno omejujejo na grobejše morfološke kriterije.

Če od opažanja grobejših morfoloških značilnosti preidemo k podrobnejšemu opažanju morfologije delov koreninskega sistema, imamo opraviti z mikromorfologijo. Izkopavanje celotnih koreninskih sistemov dreves je v praksi le redkokaj možno. Mikromorfološka opažanja na koreninah se lahko omejijo samo na del koreninskega sistema, npr. na posamezno glavno oziroma dolgo korenino z njenim razraščanjem, ter sploh na njen najbolj aktivni in razraščeni del. Zaradi te omejitve lahko izbrani vzorec koreninskega sistema skrbneje spravimo iz tal in posvetimo več pozornosti morfološkim podrobnostim.

Z mikromorfološkimi opažanji moremo ugotavljati npr. sledeče: način prilagoditve drevesa danim talnim razmera, primernost drevesne vrste za določeno rastišče, patološke pojave na koreninah, probleme nege tal in korenin (npr. vpliv zbitosti tal) itn.

Literatura o koreninah se ukvarja z najrazličnejšimi problemi korenin, med ostalim tudi z podrobnejšimi morfološkimi opažanji. Zaradi velike različnosti metod in materiala raziskav je v literaturi težko najti dela, ki se ukvarjajo posebej z mikromorfologijo korenin. Najnovejše katastrofalno umiranje gozda, sili raziskovalce tudi k podrobnejšemu opazovanju korenin. Če ne izkopavamo celotnega koreninskega sistema, nastane pri tem problem jemanja vzorca koreninskega sistema. Ker ima že eno in isto drevo korenine z različno morfologijo, ker se morfologija

korenin menja tudi s starostjo drevesa, je jemanje primerljivih vzorcev zelo težavno. Poleg tega se korenine v posameznih talnih horizontih različno razvijajo.

Pri naši raziskavi smo se omejili le na smreko. Značilnosti koreninskega sistema smreke povzemam po Köstler et al. 1968. Za smreko je značilna plitvost koreninskega sistema. Že pri mladih osebkih ne opazamo korenin, ki bi se usmerjale v globino. Tudi začetki šopastega koreninskega sistema preidejo v koreninski sistem s horizontalnimi koreninami. Plitvost koreninskega sistema je posebno izrazita na tleh, kjer korenine nimajo ugodnih možnosti prodiranja v globino. V zbiti talni plasti smrekove korenine ne morejo prodirati. Vzrok temu morda ni sama zbitost tal, ampak preje pomanjkanje zraka oz. kisika v tleh. Iz več ali manj horizontalnega plitvega koreninskega sistema začenjajo kasneje (v stadiju drogovnjaka) poganjati navpično v tla usmerjene korenine, ki pri ugodnih talnih razmerah dosežejo tudi znatne globine, celo do 2 m in več. S starostjo drevesa, posebno pri manj ugodnih talnih razmerah, te globoke korenine izumirajo, koreninski sistem je sicer obsežen, toda plitev. Tako rado pride do izruvanja smreke s koreninami vred ob vetrolomih in snegolomih. Glede razvejanosti koreninskega sistema, intenzivnosti prekoreninjenja, deleža drobnih korenin je smreka zelo prilagodljiva različnim talnim razmeram. Zanimiva je tudi tvorba adventivnih korenin pri smrekah, ki jih zasujemo z zemljo. To kaže na pionirski značaj smreke in na njeno široko ekološko amplitudo. Gotovo pa se smreka ne more primerjati s pionirskimi vrstami, kot je breza in trepetljika, ki s svojimi koreninami dosežajo znatno večje globine kot smreka.

## 5.2. Cilji raziskave

Cilj raziskave je narediti začetek na področju mikromorfologije korenin, in pojasnitev sledečih problemov:

- vpliv različnih talnih razmer na mikromorfologijo smrekovih korenin,
- metode jemanja vzorcev za preučevanje mikromorfologije korenin,
- izgledi raziskav mikromorfologije korenin

### 5.3. Material in metode

Kot že omenjeno, smo izbrali tri približno 1 m visoke smrekove osebke, stare 15 do 28 let, na treh izrazito različnih rastiščih, da bi se tako razlike v mikromorfologiji korenin čim bolj pokazale. Izbrana rastišča so:

#### 5.3.1. Psevdooglejena tla v okolici Vodicanad Ljubljano.

Vzorec smo vzeli s področja obsežnih kmečkih gozdov v ravnini severno od Ljubljane. V rahlo razgibanem svetu z manjšimi vzpetinami in številnimi vdolbinami in jarki (nadmorska višina cca 350 m), prevladujejo redki pretežno borovi sestoji s primesjo smreke, hrasta, bukve. V mokrih nižjih delih se pojavlja črna jelša. Rastlinska združba je po karti Biroja za gozdarsko načrtovanje Myrtillo-Pinetum (acidofilni borov gozd). Zaradi bližine naselij v ravnini so gozdovi močno degradirani s steljarjenjem, prekomernim posekom ipd. Naš vzorec je vzet v manjši terenski depresiji z izrazito fiziološko plitvimi in mokrimi tlemi.

Opis lastnosti tal (dipl.ing.Janko Kalan, IGLG)

Oznaka tal:

Distrična rjava tla (distrični kambisol), psevdooglejena, na psevdoziljskih skrivilavcih pomešanih s pleistocenskimi ilovcami.

Morfološki opis tal:

- 0l horizont , posamezne smrekove iglice, odmrli ostanki borovničevja, trav, mahov
- 0f horizont, 0 - 7 cm, plastovito stisnjeni, delno razkrojeni odmrli organski ostanki
- 0h horizont, 7,2- 7,5cm , zrnast, prhlinast, zelo gosto prekoreninjen
- Ah horizont, 7,5 - 11 cm, drobljiv, drobno do srednje grudičast, sprsteninast, redko prekoreninjen
- (B)v horizont, 11 - 50 cm, stisnjen, drobljiv, srednje grudičast do kepast, redko prekoreninjen
- (B)v/C horizont, 40 - 50 cm, stisnjen, drobljiv, srednje grudičast do kepast, s cca 30% skrilavega kamenja, redko prekoreninjen
- g horizont, pod 50 cm, stisnjen, lomljiv in drobljiv, grudičast do kepast, mestoma lističast, marmoriran

#### Značilnosti tal:

Tla so globoka, skeletoidna le v globini 40 - 50 cm, srednje globoko psevdoglejena, s surovim humusom, zbita, sveža, z veliko sposobnostjo za zadrževanje vode, slabše oskrbljena s hranili.

#### 5.3.2. Izrazito skeletna tla na hudourniškem vršaju Črelovec v dolini Vrata, nad cesto, Mojstrana-Vrata

Zmerno nagnjen, jarkast in brazdast hudourniški vršaj, cca 830 m nad morjem. Revna pionirska vegetacija na nerazvitih tleh (posamezne manjše smreke, rdeči bori, vrbe, skromna zatravljenost).

Opis lastnosti tal (dipl.ing. Janko Kalan, IGLG)

#### Oznaka tal:

Tla kamnišč (litosol) in rendzina na hudourniškem grušču

Morfološki opis tal:

C/Ah horizont, 0 - (0-5-10)cm, rahel, sipek, drobno zrnat, s cca 60% kamenja, sprsteninasto prhlinast, zelo gosto prekoreninjen, pokriva s povprečno 7 cm debelim slojem cca 40% površine

C horizont, pod (0-5-10)cm, neenakomerno debelo kamenje dolomita, dolomitiziranega apnenca in apnenca, pomešano s dolomitovim gruščem in peskom.

Značilnosti tal:

Prevladujejo nerazvita tla, ki jih tvorijo različno veliki odlomki kamnin. Prostore med kamenjem zapolnjujejo droben pesek in drobnejši humusno-mineralni delci tal. Mestoma, kjer so se naselile pionirske rastlinske vrste, se je pričel oblikovati Ah horizont z značilnimi znaki rendzine. Ob večjih vodah hudsonnik takšna mesta z rendzinami prekrije z novim skeletom in tako dobimo pokopane organsko-mineralne horizonte, ki jih ponekod v globlje ležečih slojih najdemo v obliki leč. Tal je zelo malo in še ta so zelo odcedna in topla. Ker je njihova sposobnost za zadrževanje vode izredno majhna, so večji del vegetacijske dobe suha. Ob tako skromnih razmerah se na teh tleh lahko naseljujejo le zelo skromne pionirske zeliščne, grmovne in drevesne vrste.

### 5.3.3. Evtrična rjava tla v dolini Kot pod Triglavom

Zmerno nagnjen svet proti jugu, cca 820 m nad morjem. Odrasel in dobro rastoč sestoj bukve, smreke (jelke). Bujno naravno pomlajevanje smreke in bukve.

Opis lastnosti tal (dipl.ing.Janko Kalan, IGLG)

Oznaka tal:

Evtrična rjava tla (evtrični kambisol) na koluvialnem nanosu, tipična

### Morfološki opis tal:

- O1 horizont, rahel sloj bukovega listja, smrekovih iglic, odmrlih ostankov borovničevja
- Of horizont, 0 - 2 cm, plastovito stisnjeni, delno razkrojeni organski ostanki
- Ah horizont, 2 - 6 cm, rahel, drobno grudičast, s cca 10% dolomitovega in apnenčevega kamenja, sprsteninasto prhlinast, zelo gosto prekoreninjen
- Ah/(B)v horizont, 6 - 17 cm, drobljiv, drobno do srednje grudičast, s cca 10% kamenja, sprsteninast, zelo gosto prekoreninjen
- (B)v/C horizont, 17 - 25 cm, drobljiv, drobno do srednje grudičast, s cca 50% kamenja, gosto prekoreninjen
- (B)v horizont, 25 - 65 cm, drobljiv, drobno do srednje grudičast, brez skeleta, redko prekoreninjen
- C horizont, pod 65 cm, navaljeno kamenje dolomit, dolomitizirani apnenec, apnenec in pesek

### Značilnosti tal:

Tla so srednje globoka, večslojna, malo skeletoidna v površinskem delu talnega profila, zelo skeletoidna na globini 17 - 25 cm in brez skeleta na globini 25 - 65 cm, s surovim humusom. Ležijo na zelo odcednem in hladnem podtalju. Zaradi dobre sposobnosti za zadrževanje vode so sveža, v daljšem toplen in sušnem obdobju včasih tudi suha.

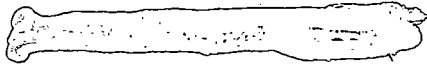
### Metoda dela

Izkop korenin na terenu. Zaradi razmeroma majhnih in mladih osebkov je bil izkop vzorcev na terenu razmeroma enostaven. Gotovo nismo zajeli celotnega koreninskega sistema vzorcev, predvsem zaradi korenin, ki so se raztezale daleč preko projekcije krošnje in se prepletale z koreninami sosednjih dreves, talne flore itn. Lažje je bilo zajeti korenine, ki so poganjale iz neposredne bližine koreninskega vratu v globino.



Koreninski pletež izbranih vzorcev smo zajeli približno v premeru 1 m okrog koreninskega vratu in zajeli s tem najmanj vso površino projekcije krošnje. Vzorec smo izkopal skupaj s pripadajočim tlom do globine, kamor je segal. Tak vzorec smo prepeljali na naš inštitut, kjer smo ga previdno izpirali s curkom vode, pri tem odstranili tla, ki so obdajale korenine vzorčnega drevesa, pa tudi korenine pritalne flore in korenine drugih dreves, ki smo jih z našim vzorcem zajeli. Izpiranje tal s korenin ni bilo enostavno, je zahtevalo veliko časa in potrpljenja. Tla so bila pri vzorcu 1 in 3 na gosto preprežena s koreninami talne flore (borovničevje, trave itn.), le pri vzorcu št. 2 je bilo teh korenin zelo malo. Pri izpiranju smo nujno izgubili veliko najdrobnejših korenin. Isto se je dogajalo tudi pri ločevanju gostega pleteža korenin talne flore in sosednjih dreves od korenin vzorca. Tako je bilo žal neizogibno, da mikromorfologije korenin nismo mogli v celoti zajeti.

#### 5.4. Rezultati (glej sledeči grafični prikaz)

Opazanja na vzorcu št. 1 

Višina osebka: 0,95 m

Premer koreninskega vratu: 3,2 cm

Starost let: 15

Sestojne razmere: vzorec predstavlja prostorastoč osebek naravnega mladja v redkem sestoju. Omejujoči faktor za rast so po vsej verjetnosti neugodne talne razmere, kjer se smrekove korenine lahko drže le v zgornji tanki humusni plasti.

Morfologija in mikromorfologija koreninskega sistema:

Za smreko značilen plitev koreninski sistem je že razločno oblikovan. Ob koreninskem vratu se korenine razraščajo šopasto, vendar se že v globini približno 15 cm razraščajo vodoravno,

ker talne razmere ne dopuščajo prodiranja v globino. V tenki talni plasti, kjer se korenine lahko razraščajo, dobimo še gost pletež korenin talne flore in sosednjih odraslih dreves. Ob koreninskem vratu korenine poganjajo poševno na vse strani in imajo tako videz podpornih korenin, ki povečujejo stabilnost drevesa ob plitvem koreninskem sistemu. Posamezne korenine se raztezajo v tleh še daleč preko projekcije krošnje. Morfologija celotnega koreninskega sistema kaže na izrazito plitvost in vodoravno razširjenost korenin. Iz korenin prvega reda, ki so hkrati nekakšne oporne korenine na plitvih tleh, poganjajo številne korenine drugega reda. Te se močno razvejujejo v zelo drobne korenine in tvorijo precej enakomeren in gost pletež drobnih korenin, ki se daleč raztezajo v plitvih tleh.

Mestoma je to razvejanje še posebno intenzivno, vendar je razvejanje v glavnem precej enakomerno in se začneja že ob samem koreninskem vratu in sega s posameznimi koreninami preko projekcije krošnje

Opažanja na vzorcu števil. 2 (izrazito skeletna tla)

Višina osebka: 0,80 m

Premer koreninskega vratu: 3,5 cm

Starost let: 27

Sestojne razmere: prostorastoč osebek na hudourniškem vršaju.

Talne flore je bilo le malo, predvsem trave.

Morfologija in mikromorfologija koreninskega sistema: Dolge in močne primarne korenine se raztezajo zelo daleč od debla in v plitvejšem sloju tal (do 30 cm), se mestoma razraščajo v močnejše sekundarne korenine. Te razmeroma debele korenine (nad 2 mm premera) so razvite zelo neenakomerno, posamezne korenine segajo tudi več metrov ali pa samo 30 cm od debla. Neposredno ob deblu je to razraščanje še posebno močno. Pri vsej neenakomernosti koreninskega sistema, ki se očitno pri-

lagaja ekstremnim talnim razmera, iz debelejših korenin na številnih mestih poganjajo gosti pleteži drobnih korenin in gosto prekoreninjajo humozna tla, ki se nahajajo v talnem skeletu. Ti pleteži so tako gosti in vključujejo delce tal, da jih pri izpiranju nikakor nismo mogli popolnoma izprati. Razvejane na te drobne korenine je zelo neenakomerno in očitno odvisno od talnih razmer. Posamezne dolge in debele korenine potekajo v tleh brez večjega razvejanja, toda na posameznih mestih se le gosto razrastejo v pletež drobnih korenin, ki najbrž niso trajnega značaja in nekaj let po svojem nastanku odmirajo. Podobno mikromorfologijo korenin smo opazili na termofilnih listavcih (beli jesen in črni gaber), tudi na ekstremno skeletnih tleh. Gosti pleteži korenin se vidijo na posnetkih kot temni madeži.

Opazanja na vzorcu števil. 3 (rjava gozdna tla na apnencu)

Višina osebka: 0,90 m

Premer koreninskega vratu: 3,6 cm

Starost let: 22

Sestojne razmere: precej prostorastoč osebek med naravnim mladjem v močno presvetljenem sestoj.

Morfologija in mikromorfologija korenin: S tem vzorcem smo namenoma izbrali za smreko ugodna ali vsaj poprečno ugodne talne oz. rastiščne razmere. Morfologija smrekovih korenin odgovarja morfologiji, ki jo najdemo na neproblematičnih rastiščih. Glavna korenina je prodrla razmeroma globoko v tla (cca 40 cm) in kaže, da se njeno prodiranje v globino ustavlja. Stranske korenine poganjajo iz koreninskega vratu in tudi iz glavne korenine. So razvite precej enakomerno in se prilagajajo tudi neenakomernim talnim razmeram na apnenčasti kamenini in na nagnjenem svetu. Razvite so predvsem v debeli humusni plasti. Večjega razvejanja korenin ni opaziti. Drobne korenine poganjajo neposredno iz debelih korenin, vendar kakšnih večjih pletežev drobnih korenin ni opaziti, ali pa pri izpiranju

nežnih drobnih korenin nismo mogli ohraniti. Gosti pleteži korenin se na posnetku tudi vidijo kot temni madeži.

## 5.5. Razprava o rezultatih

### 5.5.1. Rastišče in mikromorfologija korenin

Izbrali smo tri vzorce mladih smrek za analizo mikromorfologije korenin in sicer na treh rastiščih, ki se med seboj različno razlikujejo. Dva od teh rastišč predstavljata celo ekstremne rastiščne razmere. Ni čudno, da je tudi morfologija in mikromorfologija korenin teh treh vzorcev med seboj zelo različna. Mikromorfologija korenin, to je značilno morfologijo mlajših in najbolj aktivnih korenin teh vzorcev lahko označimo na kratko takole:

1. Psevdooglejena tla. Gosto in enakomerno razvejane korenine s številnimi drobnimi koreninami, vse v tankem sloju tal.
2. Izrazito skeletna tla. Močno razvejanje posameznih debelejših korenin na mestih, kjer je v talnem skeletu več humoznega talnega substrata.
3. Za rast smreke ugodna tla. Dolge, debelejšše korenine brez večjega razvejanja na drobne koreninice.

V standardnem delu o koreninah (Köstler et al. 1968) v najnovejšem gozdnogojitvenem standardnem delu (Mayer 1980), najdemo natančne opise morfologije koreninskega sistema in njegovega razvoja za različne drevesne vrste. Ti opisi so dobrodošli in dragoceni, vendar moramo pri tem upoštevati veliko prilagodljivost posameznih drevesnih vrst na različne talne oziroma rastiščne razmere. Ta prilagodljivost lahko v veliki meri za - krije vpliv dednosti pri oblikovanju koreninskega sistema (primerjaj Hermann 1977). Naša raziskava predstavlja le začetek dela na področji mikromorfologije korenin. Smotrno nadaljevanje raziskav lahko iščemo npr. v razširitvi začete ra-

ziskave na večje število različnih rastišč in predvsem na razna problematična rastišča in sestoje, v primerjavi morfologije in mikromorfologije koreninskega sistema različnih drevesnih vrst na istem rastišču in podobno.

#### 5.5.2. Problem jemanja vzorcev

V našem primeru smo ta problem rešili zelo enostavno tako, da smo se omejili na mlajše in manjše drevesne osebkke, izkopali skoraj ves koreninski sistem in tako brez večjih težav ocenili njegovo morfologijo in mikromorfologijo. Mikromorfološke raziskave naj bi seveda ne ostale pri teh omejitvah, lotile naj bi se tudi odraslih dreves. Izkop celotnega koreninskega sistema odraslih dreves je zelo težaven in v raziskovalni praksi komaj pride v poštev, raziskovalci se ga na razne načine izognejo (glej Böhm 1979). Pri mikromorfoloških raziskavah hočemo dobiti samo manjši, toda reprezentančni vzorec koreninskega sistema drevesa, kjer je ta korenina najbolj razvejana, aktivna in še dovolj mlada, vzamemo iz tal primerno velik vzorec korenine in njenega razvejanja skupaj z pripadajočim tlom. Tak vzorec kasneje previdno izpiramo in izluščimo iz njega drevesne korenine in jih očistimo korenin talne flore in sploh korenin drugih drevesnih in rastlinskih osebkov. Možno je tudi izpiranje koreninskega vzorca neposredno na terenu, vendar to najbrž ni vedno izvedljivo zaradi pomanjkanja primerne vodnega vira, zaradi velikih stroškov, zaradi zbitosti in kompaktnosti tal itn. Lažje je, če jemljemo vzorce iz korenin novo posekanih ali izvaljenih dreves. Seveda smo pri tem pri izbiri vzorcev vezani na taka drevesa. Od metod, ki jih navaja Böhm 1979, pride v poštev za raziskave mikromorfologije korenin jemanje vzorcev s cilindrom, ki ga zabijemo tudi do 1 m v tla in z njim potegnemo iz tal koreninski in talni vzorec. Tako lahko sistematično in brez vpliva subjektivnosti vzamemo večje število vzorcev enakomerno okoli debla drevesa. Tudi ta metoda ima svoje dobre in slabe strani in seveda popolnoma odpove v skeletnih tleh.

Pri vseh teh težavah je verjetno še najbolj priporočljivo, da se omejimo na manjša in mlajša drevesa, ki jih skoraj z vsem njihovim koreninskim sistemom razmeroma lahko dobimo iz tal. Tako tudi še ohranimo pregled nad morfolologijo celega koreninskega sistema.

Da dobimo boljšo predstavo o zahtevah, ki jih postavlja jemanje vzorcev drevesnih korenin, si predstavljajmo, da moramo vzeti vzorec za mikromorfologijo drevesne krošnje. Čeprav nam je drevesna krošnja povsod vidna in dostopna, je tako jemanje vzorcev le še dovolj težavno, vsaj pri odraslih drevesih. Pri vzorčenju koreninskega sistema je vsa zadeva še neprimerno težja.

### 5.5.3. Izgledi raziskav mikromorfologije korenin

Prednost, ki si jo ometamo od raziskav mikromorfologije korenin, je v tem, da na majhnem vzorcu koreninskega sistema spoznamo prilagojenost in prilagodljivost drevesa na dane talne razmere, ugodnost in neugodnost talnih razmer za uspevanje posameznih drevesnih vrst. Preučevanje patoloških pojavov v gozdu postaja žal vedno bolj aktualno. Pri tem se seveda ne moremo omejiti samo na nadzemni del drevesa, ampak se moramo lotiti tudi opazovanja korenin in njihove mikromorfologije.

O načinu in obsegu vzorčenja seveda še nimamo dosti jastnosti. Naša raziskava je pokazala veliko prilagodljivost smreke različnim talnim razmeram, ki se razločno kaže v mikromorfologiji korenin. Indikatorsko vrednost mikromorfologije korenin je treba še natančneje preveriti. Omejitev na mlajše in manjše drevesne osebkje nam ponuja dober izhod glede vzorčenja, vendar ne more nadomestiti raziskav na odraslih drevesih.

Mikromorfološke raziskave korenin lahko zaenkrat priporočam v sledečih primerih:

- preverjanje vzrokov slabega uspevanja gozdnih kultur in

sestojev

- preverjanje primernosti ene ali druge drevesne vrste na določenem rastišču
- preverjanje pojavov degradiranosti tal, zastrupljenosti tal zaradi onesnaženja okolja, patoloških znakov na koreninah.

#### 5.6. Povzetek

Raziskava pomeni začetek pri opazovanjih mikromorfologije korenin, to je pri podrobnejšem opazovanju posameznih delov koreninskega sistema. Pri tem je zanimiva predvsem mikromorfologija najaktivnejšega dela koreninskega sistema, ki nam kaže prilagodljivost in prilagodljivost določene drevesne vrste na dane talne oz. rastiščne razmere. Iz mikromorfologije korenin lahko sklepamo tudi pojave degradiranosti in zastrupljenosti tal, na probleme nege tal in korenin.

V tej začetni raziskavi s področja mikromorfologije korenin smo analizirali morfologijo in mikromorfologijo korenin približno 1 meter visokih smrekovih osebkov na treh izrazito različnih rastiščih: 1. mokro rastišče na psevdogleju, 2. izrazito skeletno in suho rastišče na hudourniškem grušču, 3. razmeroma ugodno rastišče na rjavih gozdnih tleh na apnenčasti podlagi. Rezultati so pokazali izrazito različno mikromorfologijo korenin. Na prvem mokrem rastišču so korenine gosto razvejane, toda le v tanki talni plasti. Na drugem rastišču tvori smreka dolge korenine, ki se na posameznih mestih na gosto razvejajo, kjer med skeletom najdejo vložke rodovitnih tal. Na razmeroma ugodnem tretjem rastišču smreka z debelejšimi koreninami prodira tudi širše in globlje v tla in pri tem je razvejanost na drobne korenine razmeroma skromna.

Raziskava se je omejila na mlajše in manjše osebke, kjer je bilo možno izkopati skoraj celotni koreninski sistem s pripada-

jočim tlo. Z izpiranjem smo vzorec korenin izluščili iz obdajajočih tal. Težavna je bila tudi odstranitev gostega koreninskega pleteža talne flore. Raziskovanja mikromorfologije korenin pri odraslih drevesih se omejujejo na njegov najbolj reprezentativni del. Jemanje vzorcev je zato zelo zahtevno. Razprava omenja možne načine jemanja vzorcev.

Najnovejše zaskrbljujoče uspevanje gozda zahteva, da ne opazujemo samo nadzemne dele dreves, ampak tudi njihove korenine. Raziskava skuša najti primerne načine za obsežnejše preučevanje koreninskega dela gozdnega ekosistema z opaznanji mikromorfologije korenin.



## 6. LITERATURA

- ABDUL-HADI, Asim: Research on root-system of natural young - growth of *Pinus nigra* in Slovenian Karst. Magistrska naloga. Biotehniška fakulteta Univerze Edvarda Kardelja v Ljubljani, 1981.
- ABDUL-HADI, Asim: Life Strategies of Broadleaved Species on Extreme Sites with Respect to Their Root-System. Disertacija; Biotehniška fakulteta Univerze Edvarda Kardelja, VTOZD za gozdarstvo, Ljubljana, 1983.
- ABDUL-HADI, Asim; ZUPANČIČ, M.: Strategija življenja listavskih drevesnih vrst na zelo suhem rastišču glede na njihov koreninski sistem. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, Vol. 24, 1984, s. 65-81
- ALIKALFIĆ, F.: Izbojna snaga nekih liščara. Sarajevo 1970. Izdal Savez inženjera i tehničara šumarstva i industrije za preradu drveta (glej tudi Narodni Šumar, Sarajevo, 1971, s. 69-70).
- ATKINSON, D. et al.: Tree root systems and their mycorrhizas (Edited by Atkinson, D. et al.) The Hague Netherlands; Nijhoff/Junk 1983
- BECKER, A.: Untersuchungen zur Verjüngungsfähigkeit der Buche in bodensauren Buchenwald-Ökosystemen. Forst.-u. Holzwirt, 38, 1983, 6, 154-158.
- BEDÉNAU, M., PAGES, L.: Etude de cernes d'accroissement ligneux du système racinaire d'arbres traités en taillis. Ann. Sci. For., 41, 1984, 1, 59-68.
- BILAN, M. V.: Root system of drought hardy ecotype of loblolly pine (*Pinus taeda* L.). Wurzelökologie und ihre Anwendung, s. 543-552. Internationales Symposium, Gumpenstein, september 1982. Herausgeber: Böhm, W., Kutschera, L., Lichtenegger, E. Verlag Bundesanstalt für aplenländische Landwirtschaft, Irdring (Avstrija).

- BLASCHKE, H.: Rhizographische Untersuchungen an Feinwurzelsystemen aus verschiedenen *Abies alba* Beständen Bayerns. Eur.J.For.Path., Hamburg, Vol.11, 1981, 1-2, 81-87.
- BLASCHKE, H.: Schadbild und Ätiologie des Tannensterbens III. Das Vorkommen einer Phythophtora-Fäule an Feinwurzeln der Weissstanne (*Abies alba* Mill.) Eur.J. For.Path., Hamburg, 12, 1982, 4-5, 232-238.
- BLOCK, J.: Ermittlung der Wurzeltiefe von Kiefern und Stieleichen zur Beurteilung der möglichen Auswirkungen von Grundwasserabsenkung auf den Wald. Wurzelökologie und ihre Anwendung, s.567-576, Internationales Symposium Gumpenstein, september 1982. Herausgeber Böhm, W., Kutschera, L., Lichtenegger, E., Verlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Innsbruck (Avstrija).
- BÖHM, W.: Methods of studying root systems. Berlin, Springer V.l. 1979. Ecological Studies Vol.33, strani 188.
- BOWEN, G., THEODORU, C.: Studies on phosphate uptake by mycorrhizas. Proc.14.Congress IUFRO, Part V., Sect.24, München 1967.
- BREDBERG, C.J., WÄSTERLUND, I.: Wurzel- und Bodenschäden durch Fahrzeuge. Forstwiss.Cbl., Hamburg, 102, 1983, 2, 86 - 98.
- BÜCKING, E.: Fichten- Mykorrhizen auf Standorten der Schwäbischen Alb und ihre Beziehung zum Befall durch *Fomes annosus*. Eur.J.For.Path. Hamburg, Vol.9, 1979, 1, 1-35.
- EGLI, S.: Die Mykorrhiza und ihre vertikale Verteilung in Eichenbeständen. Schweiz.Z.Forstwes., 132, 1981, 5, 345 - 353.
- F.A.O.: Tree Planting Practices in Arid Zones. Rome 1963.

- FAYLE, D.C.F.: Radial growth in tree roots. Distribution, timing, anatomy. Fac. For. Univ. Toronto Tech. Rep. 9., Toronto 1972, 183 p.
- FAYLE, D.C.F.: Patterns of annual xylem increment. Canadian Journal of Forest Research, Ontario, 1973, Vol. 3, No. 1, p. 105-111.
- FAYLE, D.C.F.: Distribution of radial growth during the development of red pine root-systems. Canadian Journal of Forest Research. Ontario, 1975, Vol. 5, No. 4, p. 608-625.
- FINK, S.: Anatomische Untersuchungen über das Vorkommen von Spross- und Wurzelanlagen im Stammbereich von Laub- und Nadelbäumen. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 151, 1980, 9, 160-197.
- FLÜCHIGER, W., BRAUN, S.; FLÜCHIGER-KELLER, H.: Untersuchungen über Waldschäden in der Nordwest Schweiz. Schweiz. Z. Forstwes., 135, 1984, 5, 389-444.
- FRANCIET, A.: Rejeunissement et propagation végétative des ligneux. Annales de recherches sylvicoles. Association Forêt-Cellulose, Paris 1981.
- FROIDEVAUX, L.: Die Bedeutung der Hutpilze, Trüffel und ihrer Ektomykorrhizen für die Holzerzeugung. Bündnerwald, Chur, Jg. 33, 1981, 7, 301-309.
- FROIDEVAUX, L., KÄLIN, I.: Accumulation d'oxalate de calcium sur les nodules du champignon mycorrhizien *Hebeloma crustuliniforme*: Importance du phénomène pour la nutrition de l'arbre. Schweiz. U. Forstw. Zürich, 132, 1981, 5, 339-344.
- GEHRMANN, J.: Zur Entwicklung von Buchenjungepflanzen auf unterschiedlich immissionsbelasteten Standorten. Forst- u. Holzwirt, 38, 1984, 6, 150-154.

- GLATZEL, G.: Root distribution and soil water depletion in oak-hornbeam Stand (*Quercus petraea*, *Q. robur*, *Carpinus betulus*) and spruce thicket (*Picea abies*). Wurzelökologie und ihre Anwendung, S. 577-584, Internationales Symposium Gumpenstein, September 1982, Herausgeber: Böhm, W. et al., Verlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irdning (Avstrija).
- GOGALA, N.: Mikoriza - sožitje med gobo in višjo rastlino: fiziološke raziskave in njihov pomen za gozdarstvo. Gozdarski vestnik, Ljubljana, 1979, št. 1, s. 9-14.
- GÖLBL, F.: Ein Test für die Auswahl von Mikorrhiza-pilzen für bestimmte Böden und Substrate. Allg. Forstztg. Wien, Jg. 91, 1980, 7, 191-192.
- GRIME, J. P.: Plant Strategies and Vegetation Processes. John Wiley and Sons. Chicoster 1979.
- HENDERSON, R., et al.: Morphology of the structural root system of Sitka Spruce. Forestry, London, 56, 1983, 2, 121-135.
- HERMANN, R. K.: Growth and production of tree roots. Published in: The belowground ecosystem: a synthesis of plant-associated processes. J. K. Marshal, editor. Colorado State University, Fort Collins. Range Science Dep. Sci. Ser. 26, 1977.
- HILDBRAND, E. E.: Mechanisierte Holzernte und Bodenstruktur. Allg. Forstz. M-unchen, 1983, No. 42, 1031-1043.
- HOFFMANN, G.: Verlauf der Tiefendurchwurzelung und Feinwurzelbildung bei einiger Baumarten. Archiv f. Forstwesen, 15, 1966, 8, 825-856.
- HOFFMANN, G.: Beeinflussung der Wurzel- und Sprosswachstums der Robinie (*Robinia pseudoacacia* L.) durch Bodenbeheizung. Archiv f. Forstwesen, 17, 1968, 4, 431-435.

- HOFFMANN, G.: Untersuchungen über die Wachstumsrhythmik der Wurzeln von Forstgehölzen. Soz. Forstwirtschaft, Berlin, 21, 1971, 1, 18-19, 26.
- HOFFMANN, G.: Wachstumsrhythmik der Wurzeln und Sprossachsen von Forstgehölzen. Flora, Jena, 161, 1972, 303-319.
- HORVAT-MAROLT, S.: Pomlajevanje na pohorskih posekah in konkurenčne razmere v koreninskem prostoru. Gozdarski vestnik, Ljubljana, 1967, št. 1
- HORVAT-MAROLT, S.: Kakovost smrekovega mladja v subalpskem smrekovem gozdu Julijskih Alp. Zbornik gozdarstva in lesarstva, Ljubljana, 24, 1984, s. 5-64.
- HÜTTEMANN, A. et al.: Einfluss von Schadstoffen und Kalkdüngung auf die Morphologie der Wurzeln von *Fagus silvatica*. Wurzelökologie und ihre Anwendung, s. 637-652, Internationales Symposium, Gumpenstein September 1982, Herausgeber: Böhm, W. et al., Verlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irtding (Avstrija).
- KELLER, T.: Beitrag zur Kenntniss der Wurzelatmung von Koniferenjungpflanzen. Proc. 14. Congress IUFRO, München 1967, Part IV, Sect. 23.
- KELLER, Th.: Der Einfluss langandauernder SO<sub>2</sub> Begasungen auf das Wurzelwachstum der Fichte. Schweiz. Z. Forstwes. Zürich, Jg. 130, 1979, 6, 429-435.
- KERN, K. G., MOLL, W., BRAUN, H. J.: Wurzeluntersuchungen an Rein- und Mischbeständen des Hochschwarzwaldes. Allg. Forst- u. Jagdztg., 132, 1961, 18, 242-259.
- KÖSTLER, J. N., BRÜCKNER, E., BIBELRIETHER, H.: Die Wurzeln der Waldbäume. Paul Parey Verlag Hamburg und Berlin 1968, 284 str.
- KOZLOWSKI, T. T.: Growth and development of trees. Vol. II.: Cambial growth, root growth and reproductive growth. Academic Press, Inc. New York and London 1971, strani 514.

- KREUTZER, K.: Wurzelbildung junger Waldbäume an Pseudogleyböden. Forstwiss.Cbl., Hamburg, 80, 1961, 11/12, 365-392.
- LEHNHARDT, F., BRECHTEL, H.M.: Durchwurzelungs- und Schöpftiefen von Waldbeständen verschiedener Baumarten und Altersklassen bei unterschiedlichen Standortverhältnissen. Teil I. Erfahrungen aus Geländearbeiten und Ergebnisse veröffentlichter Untersuchungen. Allg.Forst-u.Jagdztg., Frankfurt, Jg.151, 1980, 6/7, 120 - 127.
- LEIBUNDGUT, H., DAFIS, S.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum von Waldbäumen. Proc.13.Congress IUFRO, Vol. 1, Part 2, Sect.23-2, Wien 1961.
- LEIBUNDGUT, H., DAFIS, S.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. Schweiz.U.Forstwes., 115, 1964, 8, 444-450.
- LEIBUNDGUT, H., DAFIS, S., RICHARD, F.: Untersuchungen über das Wurzelwachstum verschiedener Baumarten. Schweiz. z.Forstwes., 114, 1963, 11, 621-646.
- LICHT, W.: Zur Systematisierung unterirdischer Sprossachsen. Wurzelökologie und ihre Anwendung, s.14-20. Internationales Symposium, Gumpenstein september 1982. Herausgeber Böhm, W., Kutschera, L., Lichtenegger E., Verlag Bundesanstalt für alpen- und andische Landwirtschaft, Innsbruck (Avstrija).
- LISS, B., BLASCHKE, H., SCHÜTT, P.: Vergleichende Feinwurzeluntersuchungen an gesunden und erkrankten Altfichten auf zwei Standorten in Bayern. Ein Beitrag zu Waldsterbenforschung. Eur.J.For.Path., 14, 1984, 2, 90-102.
- LOKVENC, T.: Vpliv deformací korenových systémů obalených sazenic na jejich morfogenezi a rust kultur. Práce VÚHLM Jíloviště-Strnady, Vol.57, 1980, 7-23.

- LUST,N., MOHAMMEDY,M.: Regeneration of coppices. Sylva Gandavensis, No.39,1973.
- MAYER,H.: Waldbau. II.Auflage. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart-New York 1980.
- MAYER,R., HEINRICHS,H.: Gehalte von Baumwurzeln an chemischen Elementen einschliesslich Schwermetallen aus Luftverunreinigungen. Z.Pfl. ern. Bodenkde, Weinheim, Bd. 144,1981,6,637-646.
- MEYER,F.: Mykologische Beobachtungen zum Baumsterben. Allg. Forstz. München, 1984,9/10,212-228.
- MEYER,F.H.: Einfluss des Stickstoff-Faktors auf den Mykorrhizabesatz von fichtensärlinger auf einer Waldschadensfläche. Allg.Forstz., München,1985,9/10, 209 - 219.
- MLINŠEK,D.: Silvicultural Aspects of Forestry on the marginal return sites. Proceedings of the IUFRO meeting - Division I., Thessaloniki and Athens 1980.
- MÖHRING,K.: Wurzel-, Holz- und Kronenschäden sowie Vitalitätsschwund bei älteren Fichten in einem nordwestdeutschen Mittelgebirgsrevier. Ein Beitrag zur Bestandesaufnahme offensichtlicher Immissionschäden. Forstarchiv, Hannover, 54,1983,1, 8-13.
- PARVAINEN,J.: Die Wurzelentwicklung von Forstpflanzen in Pflanzgarten und am Pflanzort. Allg.Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 153,1982,9/10,166-170.
- PERSSON,H.: Fine root production, mortality and decomposition in forest ecosystems. Vegetatio, Den Haag,Vo.41, 1979,2,101-109.
- PERSSON,H.: The importance of fine roots in boreal forests. Wurzelökologie und ihre Anwendung, s.595-608, Internationales Symposium Gumpenstein, September 1982. Herausgeber: Böhm,W.et al. Verlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irtdning (Avstrija).

- PETERSON, R.L.: The Initiation and Development of Root Buds. (Objavljeno v: Torrey, J.G., Clarkson, D.T.: The Development and Function of Roots. Academic Press, London 1975).
- PINTARIĆ, K.: Revitalisierung der Waldvegetation auf dem Karst der Dinariden Jugoslawiens und die Walsbaulichen Massnahmen. Proceeding of IUFRO-Meeting, Division I., Thessaloniki and Athens 1980.
- RAUL, R.N.: Afforestation in Arid Zones. W. Junk N.V. Netherlands 1970.
- REITER, H., ALBUBILLA, M., REHFUESS, K.E.: Standortkundliche Studien zum Tannensterben: Ausbildung und Mineralstoffgehalte der Wurzeln von Weissstanne (*Abies alba* Mill.) in Abhängigkeit von Gesundheitszustand und Boden. Allg. Forst- u. Jagdztg., Frankfurt, 154, 1983, 4/5, 82-92.
- REIDACKER, A.: (Raziskave o periodičnosti rasti korenin gozdnih dreves). Annales des Sciences Forestiers, 33, 1976, No. 3, 109-138.
- RIEDACKER, A.: Gagnaire-Michard, J. (editors): Symposium: physiologie de racines et symbioses. Nancy, 11-15. Septembre 1978, Compte-rendus. Nancy, France: INRA-CNRF (1978), 502 s.
- RÜSSELL, R.S.: Plant root systems: their functions and interaction with the soil. London, Mc Graw-Hill Book Company Limited 1977, 298 s.
- SALISBURY, F.B., ROSS, C.: Plant Physiology. Wadsworth publishing Company Inc., Belmont-California 1969.
- SANTANTONIO, D., HERMANN, R.K., OVERTON, W.S.: Root biomass studies in forest ecosystems. Pedobiologia, Jena, Bd. 17, 1977, s. 1 - 31.



- SAUER, I.: Wurzeldeformationen und-erkrankungen der Fichte nach der Winkelpflanzung. Allg. Forstztg., Wien, 95, 1984, 2, 47-49.
- SCHIER, G.A.: Physiological Research on Adventitious Shoot Development in Aspen Roots. Intermountain Forest and Range Experiment Station, General Technical Report, INT-107, U.S.A. 1981.
- SCHMIDT-VOGT, H.: Wachstum und Wurzelentwicklung von Schwarzerlen verschiedener Herkunft. Allg. Forst. u. Jagdztg., 142, 1971, 6, 149 - 159.
- SCHÜTT, P., SUMMERER, H.: Waldsterbenssymptome an Buche. Forstwiss. Cbl., Hamburg, 102, 1983, 3, 201-206.
- SCHÜTT, P. et al.: Erste Ergebnisse einer botanischen Inventur des "Fichtensterbens". Forstwiss. Cbl., Hamburg, 102, 1983, 3, 158-166.
- STIENEN, H., BARCKBAUSEN, R., SCHAUB, H., BAUCH, J.: Mikroskopische und röntgenenergie-dispersive Untersuchungen an Feinwurzeln gesunder und erkrankten Fichten *Picea abies* (L.) Karst. verschiedener Standorte. Forstwiss. Cbl., 103, 1984, 4/5, 262-274.
- ŠAFAR, J.: Uzgajanje šuma. Zagreb 1963.
- TACON, E. le : La mycorrhization contrôlée et ses possibilités d'application. Les progrès réalisés aux Etats-Unis. Rev. for. Franc., Nancy, 30, 1978, 5, 353-362.
- The Highest Agricultural Council, Research and Arrangement Office: "Water-Shade Management and Soil Protection in Iraq). Study No. 9-2. Baghdad 1978 (v arabšćini).
- TORREY, J.G., CLARSON, D.T.: The Development and Functions of Roots. Academic Press Inc., London 1975.

- TURNER, H., STREULE, A.: Wurzelwachstum und Sprossentwicklung junger Koniferen im Klimastress der alpinen Waldgrenze, mit Berücksichtigung von Mikroklima, Photosynthese und Stoffproduktion. Wurzelökologie und ihre Anwendung, s.617-636, Internationales Symposium, Gumpenstein September 1982. Herausgeber: Böhm et al., Verlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irdning (Avstrija).
- ULRICH, B., MATZER, E.: Ökosystemare Wirkungsketten beim Eald- und Baumsterben. Forst -u. Holzwirt, 38, 1983, 18, 468-474.
- ULRICH, B., PIROUZPANAH, D., MURACH, D.: Beziehungen zwischen Bodenversauerung und Wurzelentwicklung von Fichten mit unterschiedlich starken Schadenssymptomen. Forstarchiv, 55, 1984, 4, 127-134.
- VOGT, K. et al: Effects of stand development and site quality on the amount of fine root growth occurring in the forest floors of douglas-fir stands. Wurzelökologie und ihre Anwendung, s.585-594, Internationales Symposium, Sumpenstein, September 1982. Herausgeber: Böhm, W. et al. Verlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irdning (Avstrija).
- VOGT, K., GRIER, C.C.: The effect of fine root input into organic matter and nutrient dynamics in the forest floors of subalpine Abies amabilis stands. Wurzelökologie und ihre Anwendung, s.609-616, Internationales Symposium, Gumpenstein September 1982. Herausgeber: Böhm, W. et al., Verlag Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft, Irdning (Avstrija).
- VOLNA, M., MAUER, O.: Mechanomorfózy korenového systému obalených smrkových sazenic a jeho další vývoj po sadbe. Lesn. Praha R.27, 1981, 2, 119-136.

## 7. P R I L O G A

Analiza vzorcev korenin hrasta puhavca (*Quercus pubescens* Willd.)

Shematski prikazi presekov korenin

LEGENDA



temno rjavo do črno obarvani les ( truhnoba )



svetlo rjavo obarvani les



rumeno obarvani les

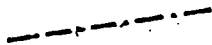


normalno obarvani les

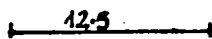
letnice ( shematsko )



rovi hrastovega kozlička ( Cerambyx cerdo )



smer štetja -

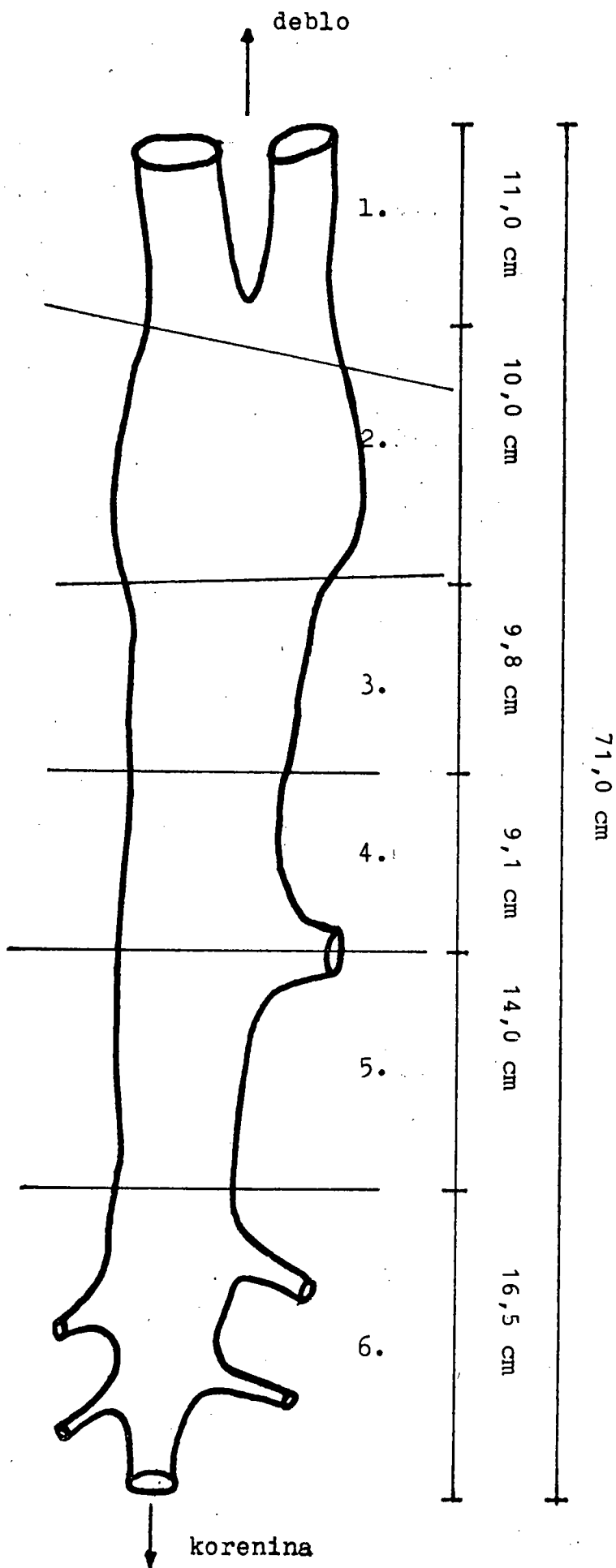


velikost ( cm )

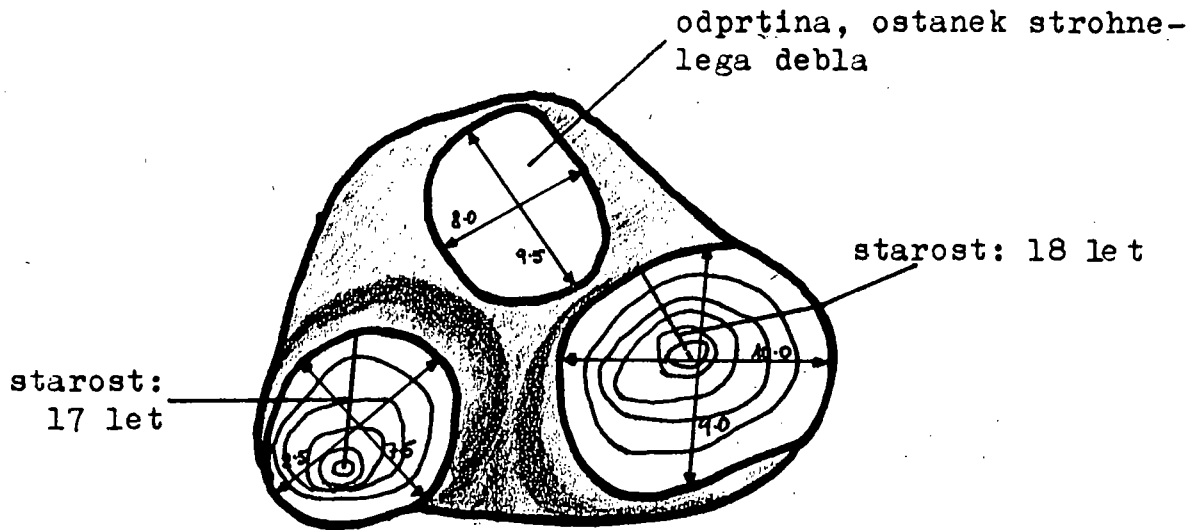
I. VZOREC

Vzdolžni prerez korenin ,  
položaj prerezov ,ter  
velikost odrezkov.

Glavna korenina se  
nadaljuje še 92 em  
v dolžino.

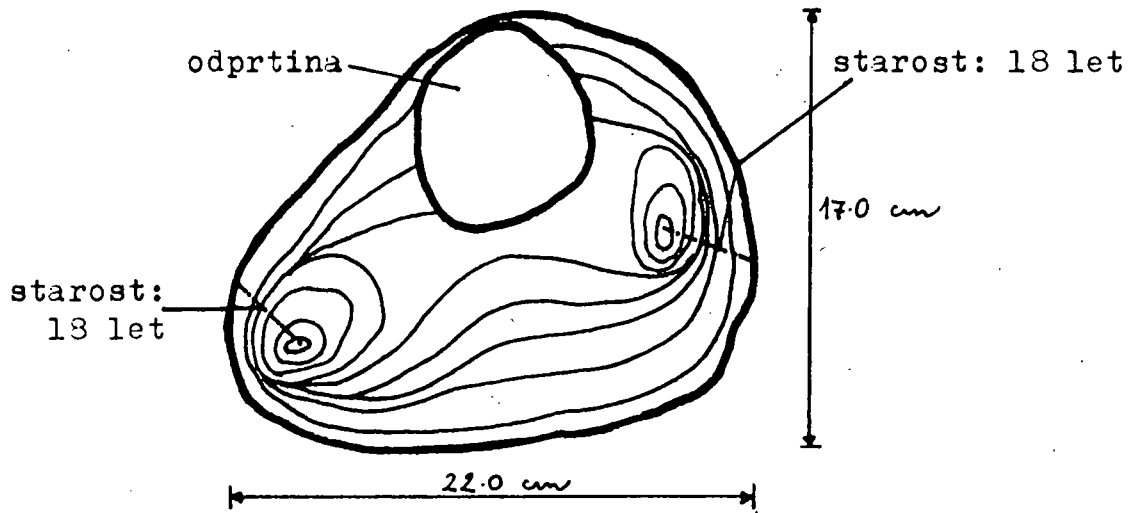


1. odrezek - zgornji prečni prerez

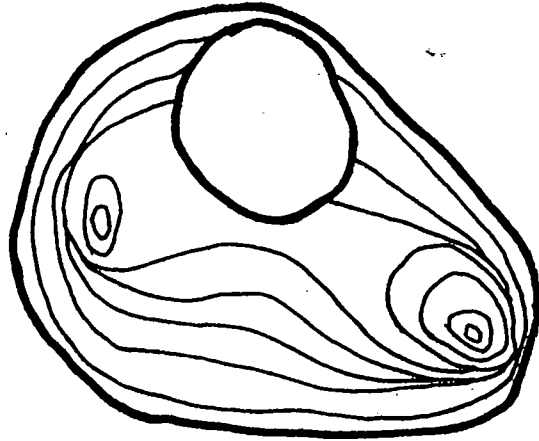


Opomba: izgleda, da so bila tri debla; eno je propadlo in strohnelo.

- spodnji prečni prerez



2. odrezek - zgornji prečni prerez



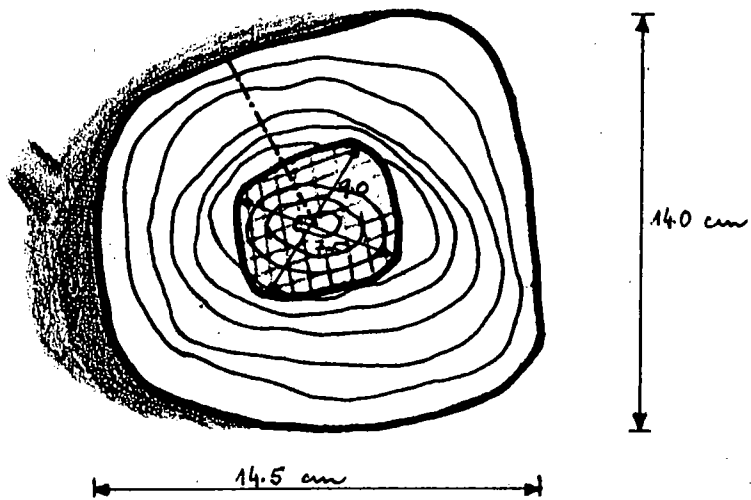
- spodnji prečni prerez

Osrednji del je poškodovan zaradi trohnobe.

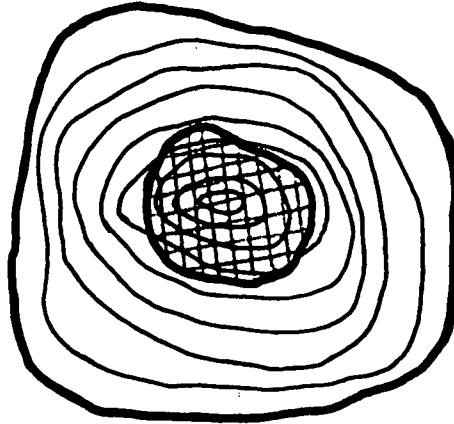
Starost: - od središča do roba trohnobe 16 let

- od roba trohnobe do lubja: 14 let

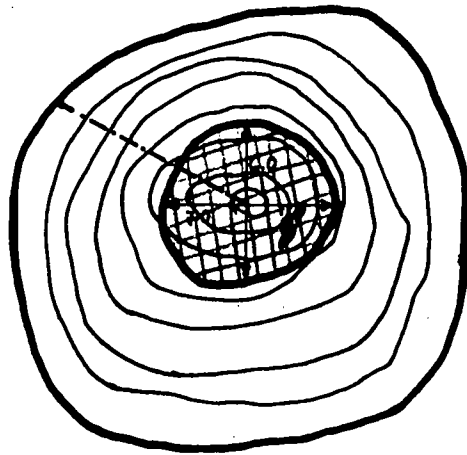
skupaj: 30 let



3. odrezek - zgornji prečni prerez



- spodnji prečni prerez



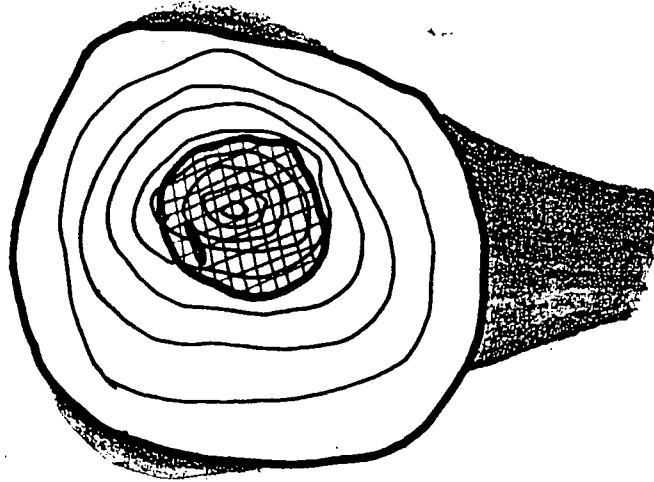
12.5 cm

13.5 cm

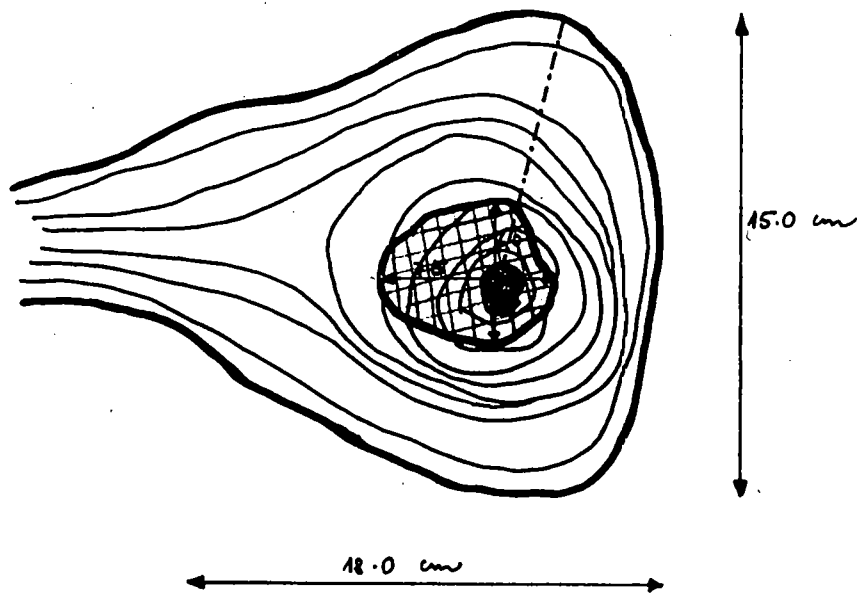
Starost: - od središča do roba trohnobe 19 let  
- od roba trohnobe do lubja: 18 let  
skupaj 37 let



4. odrezek - zgornji prečni prerez

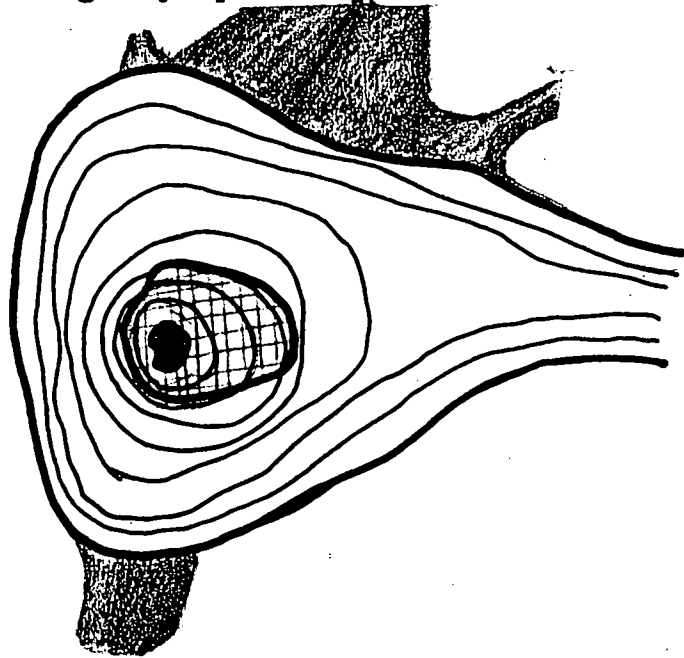


- spodnji prečni prerez



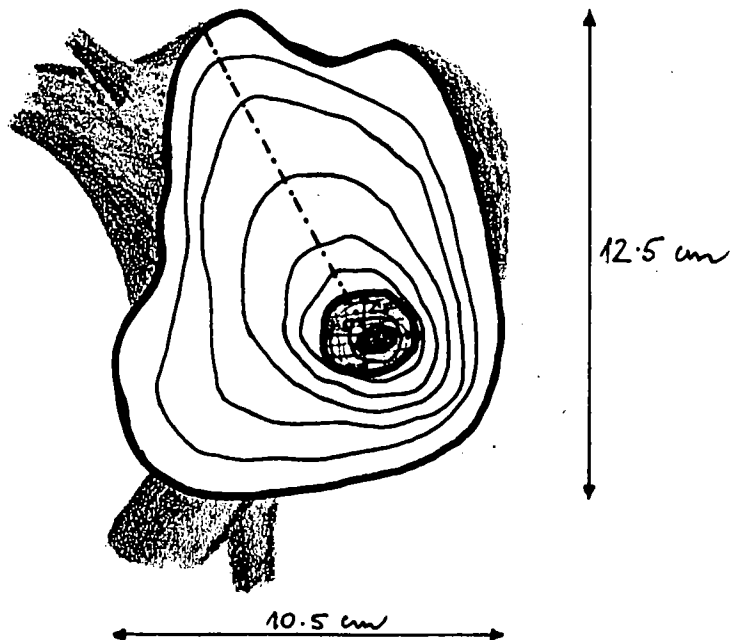
Starost: od središča do roba trohnobe 13 let  
od roba trohnobe do lubja: 19 let  
skupaj: 32 let

5. odrezek - zgornji prečni prerez

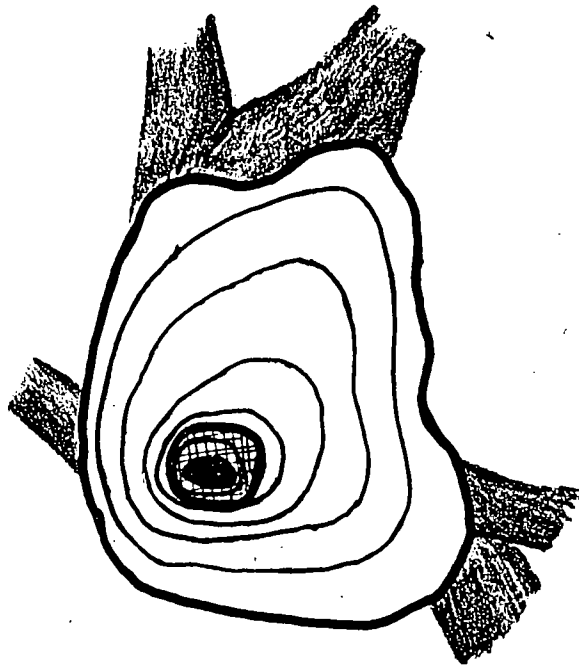


- spodnji prečni prerez

Starost: 31 let

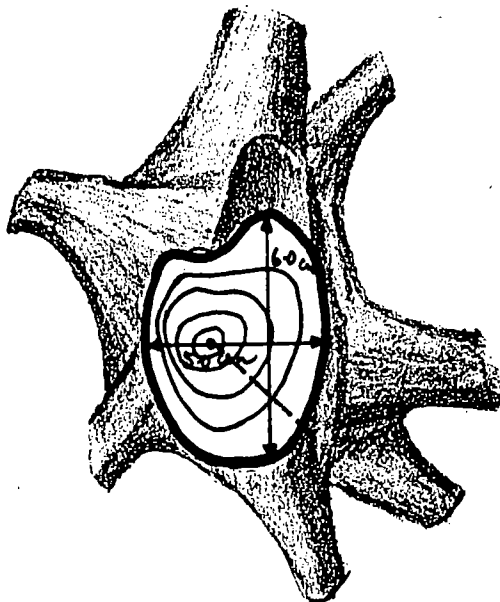


6. odrezek - zgornji prečni prerez



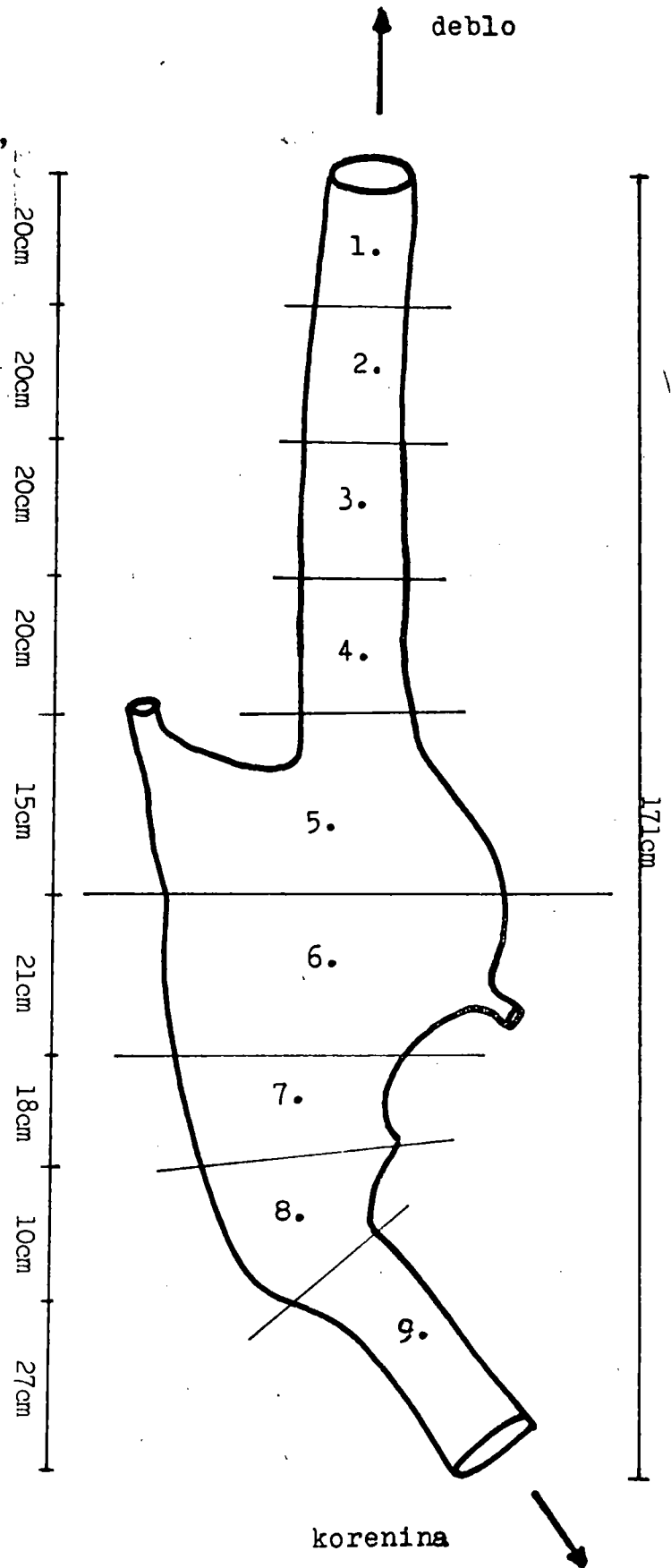
- spodnji prečni prerez

Starost: 27 let



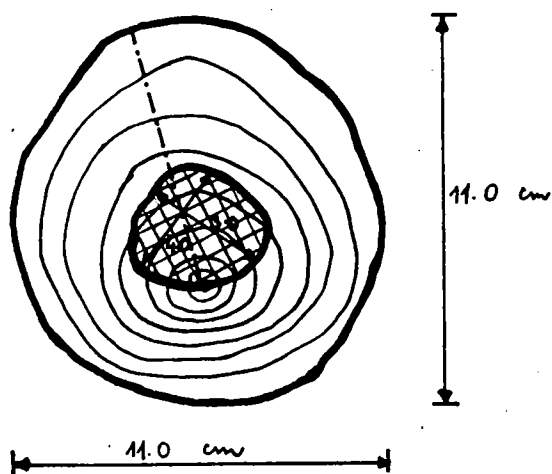
## II. VZOREC

Vzdolžni prerez korenin,  
položaj prerezov ter  
velikost odrezkov.

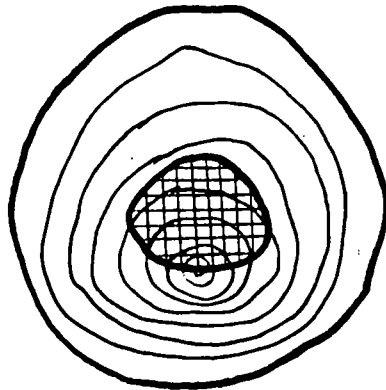


1. odrezek

- spodnji prečni prerez
- Starost :
- od središča do roba trohnobe 17 let
  - od roba trohnobe do lubja 23 let
  - skupaj 40 let

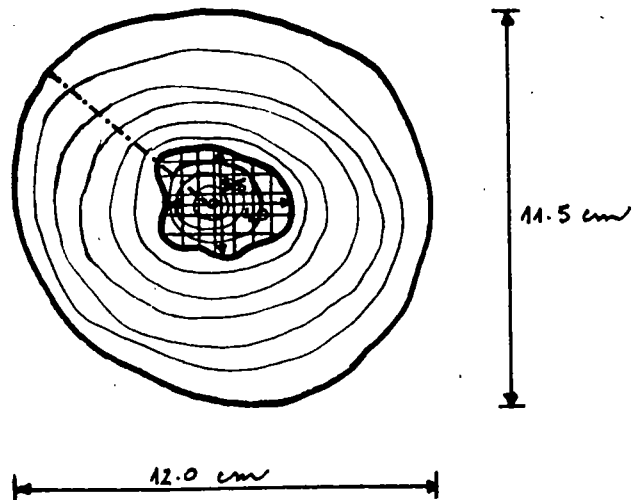


2. odrezek - zgornji prečni prerez

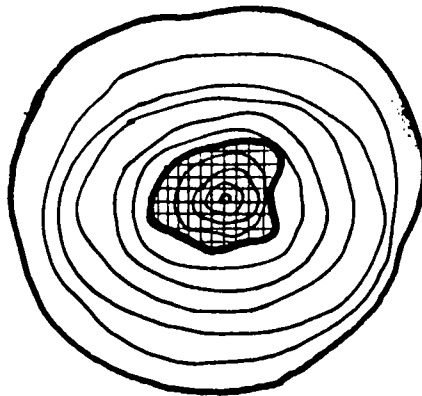


- spodnji prečni prerez

Starost : - od središča do roba trohnobe 12 let  
- od roba trohnobe do lubja 28 let  
skupaj 40 let

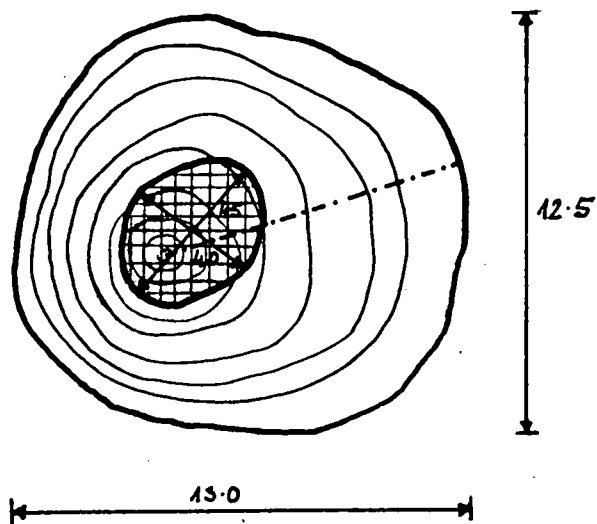


3. odrezek - zgornji prečni prerez

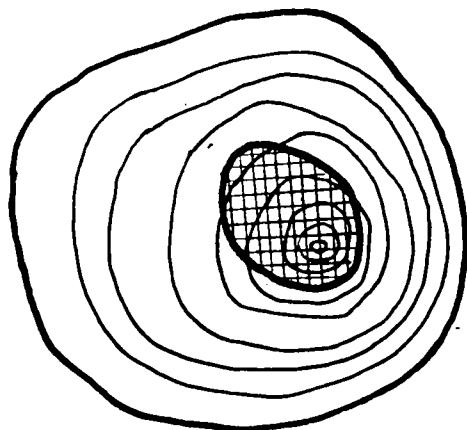


- spodnji prečni prerez

Starost ; - od središča do roba trohnobe 18 let  
- od roba trohnobe do lubja 23 let  
skupaj 41 let

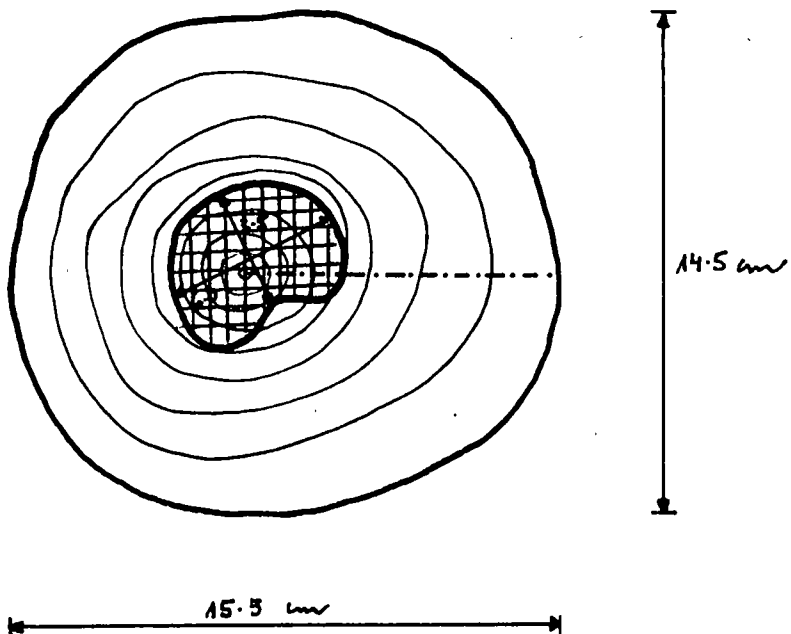


4. odrezek - zgornji prečni prerez



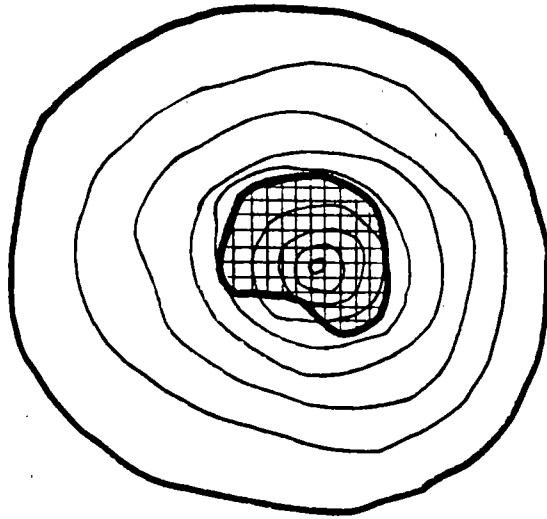
- spodnji prečni prerez

Starost : - od središča do roba trohnobe 20 let  
- od roba trohnobe do lubja 21 let  
skupaj 41 let

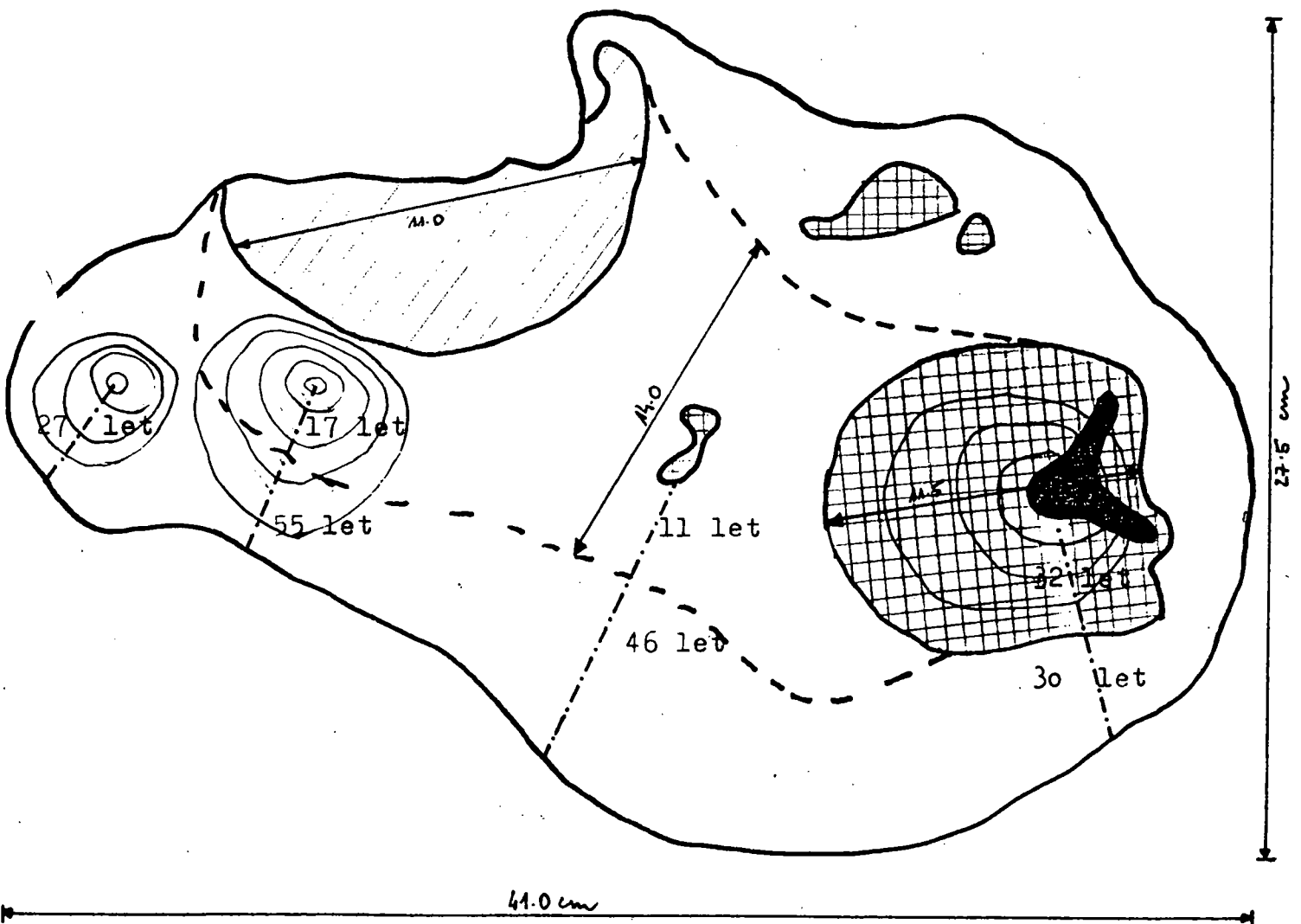




5. odrezek - zgornji prečni prerez

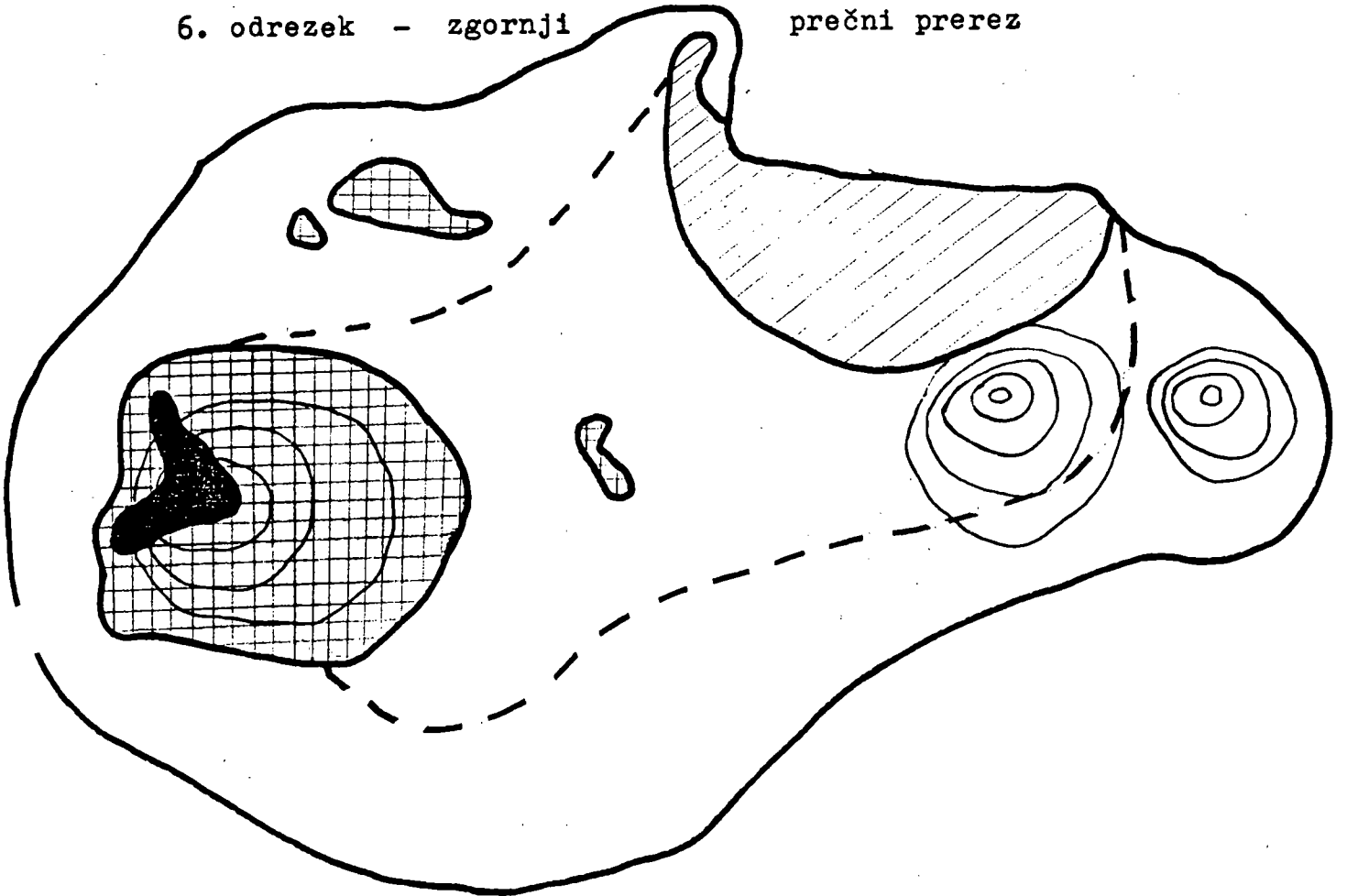


- spodnji prečni prerez



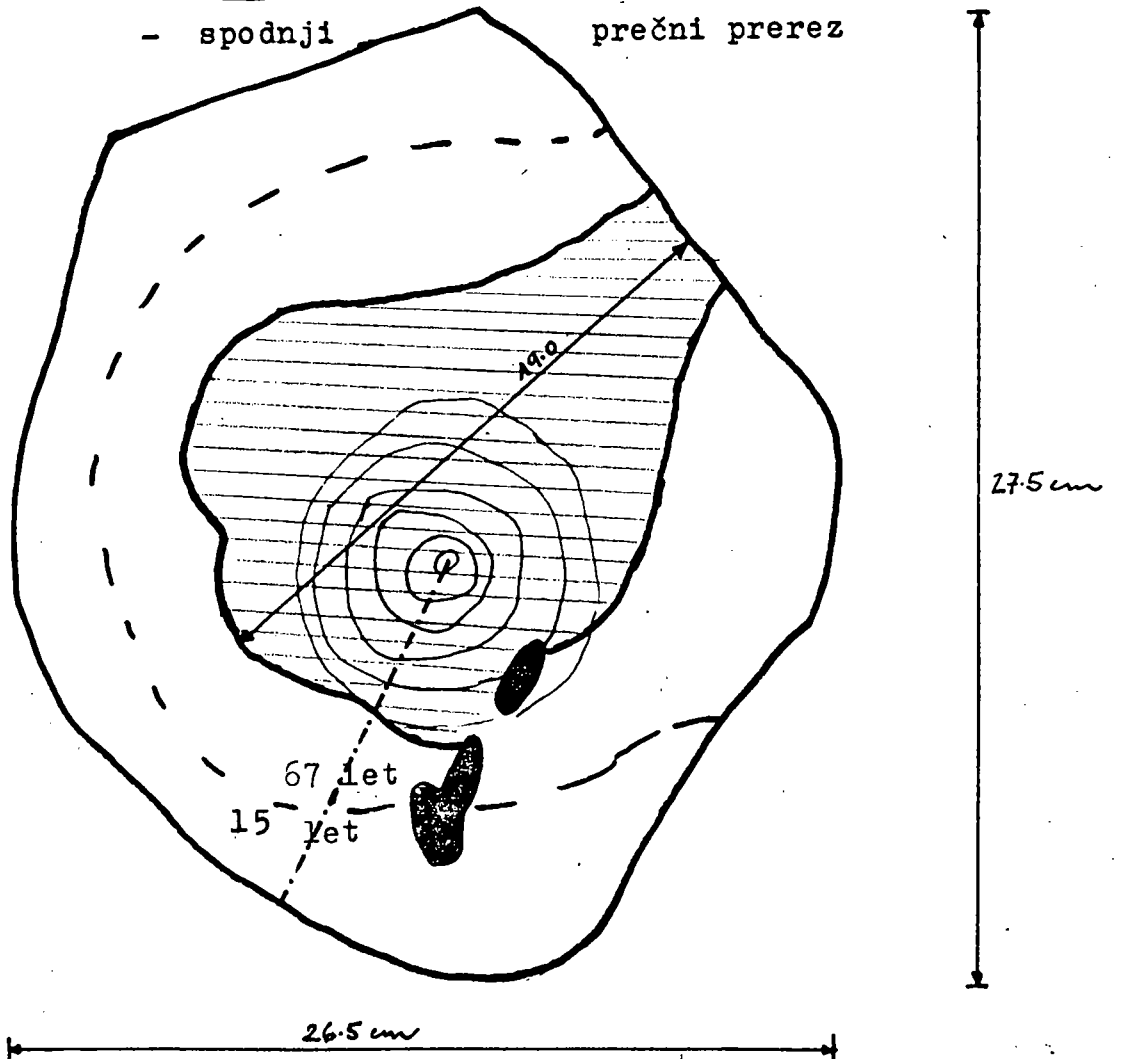
6. odrezek - zgornji

prečni prerez

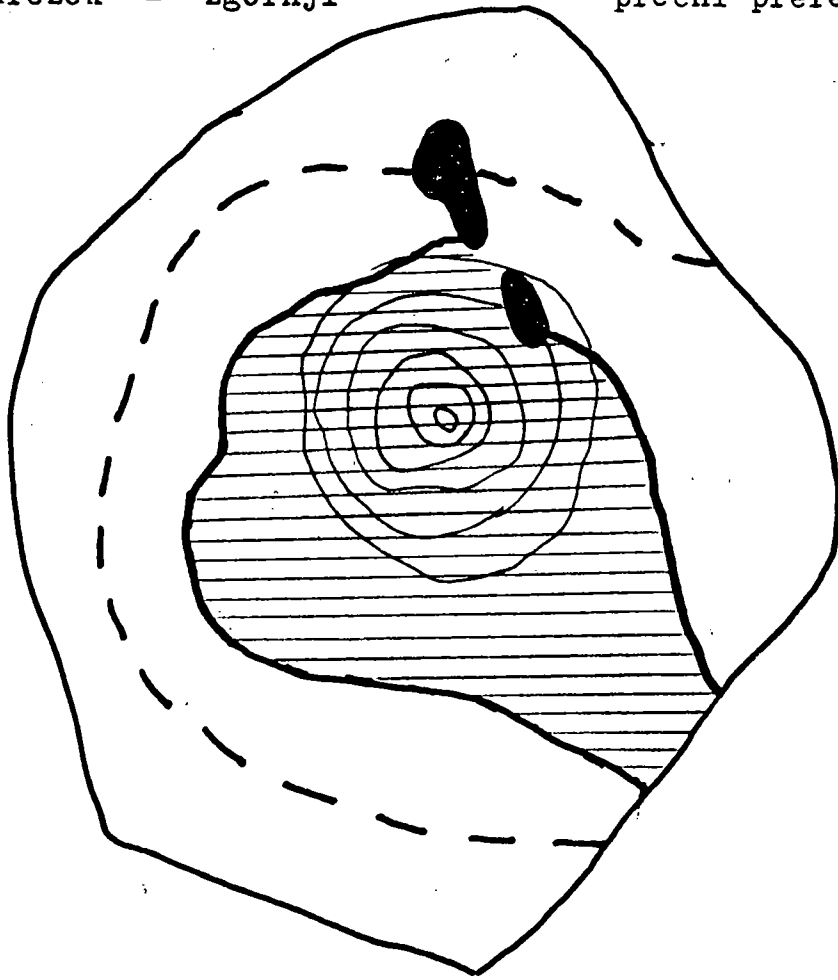


- spodnji

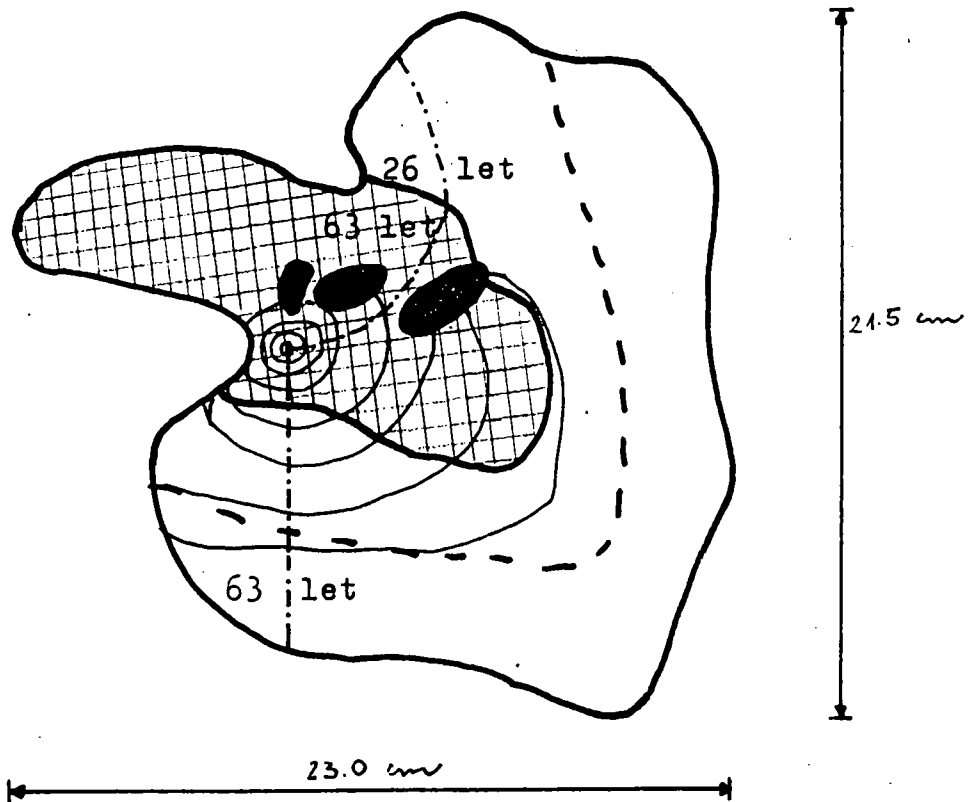
prečni prerez



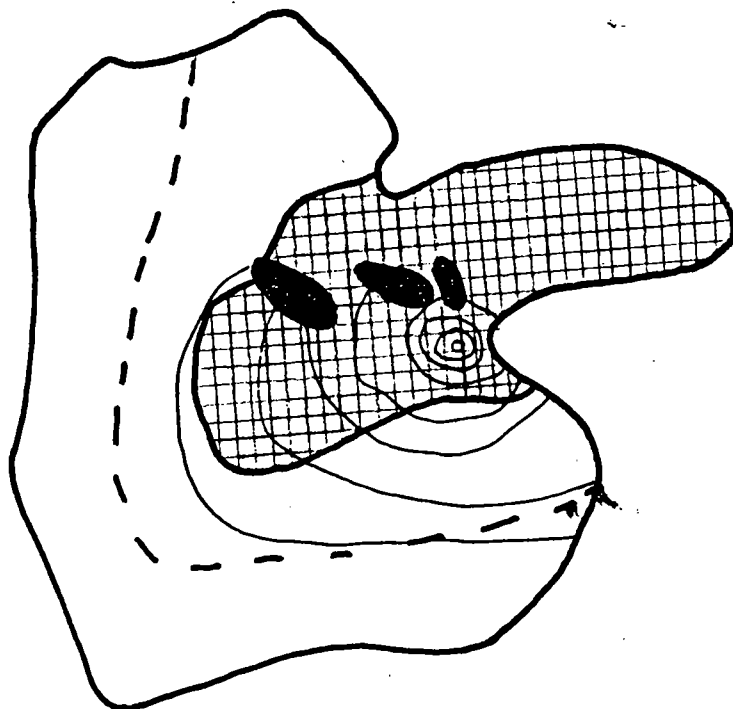
7. odrezek - zgornji prečni prerez



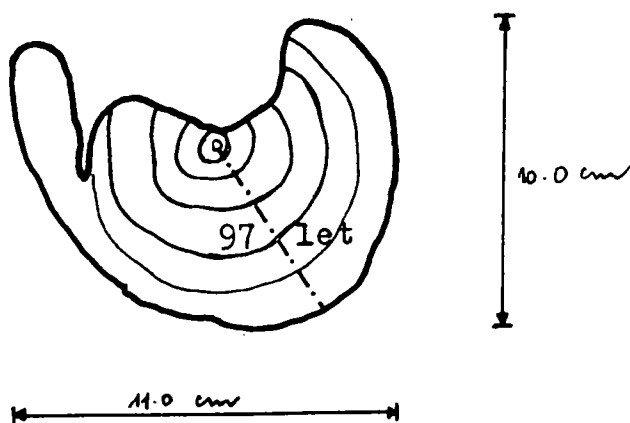
- spodnji prečni prerez



8. odrezek - zgornji prečni prerez

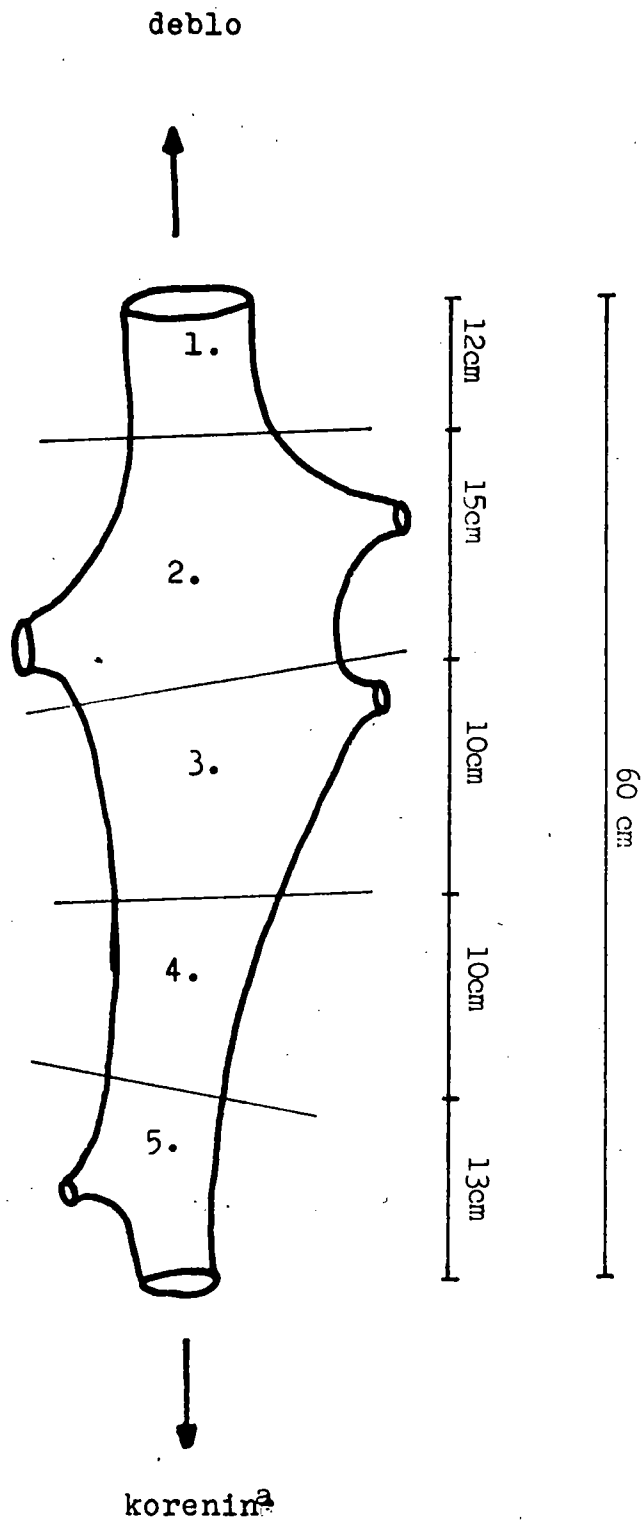


- spodnji prečni prerez

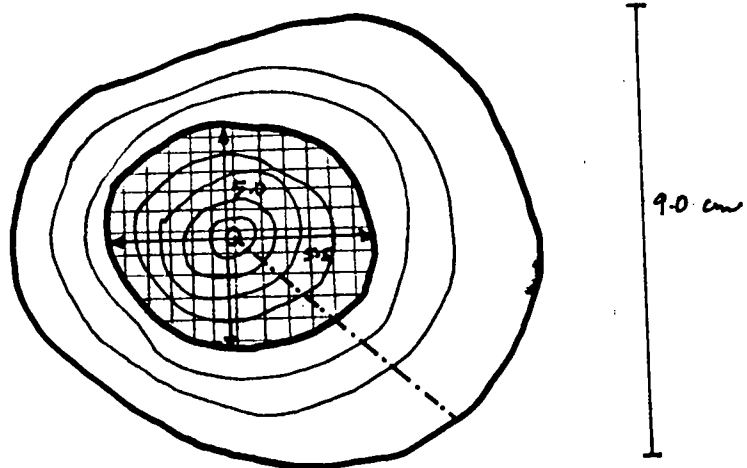


III VZOREC

Vzdolžni prerez korenin,  
položaj prerezov ter  
velikost odrezkov.

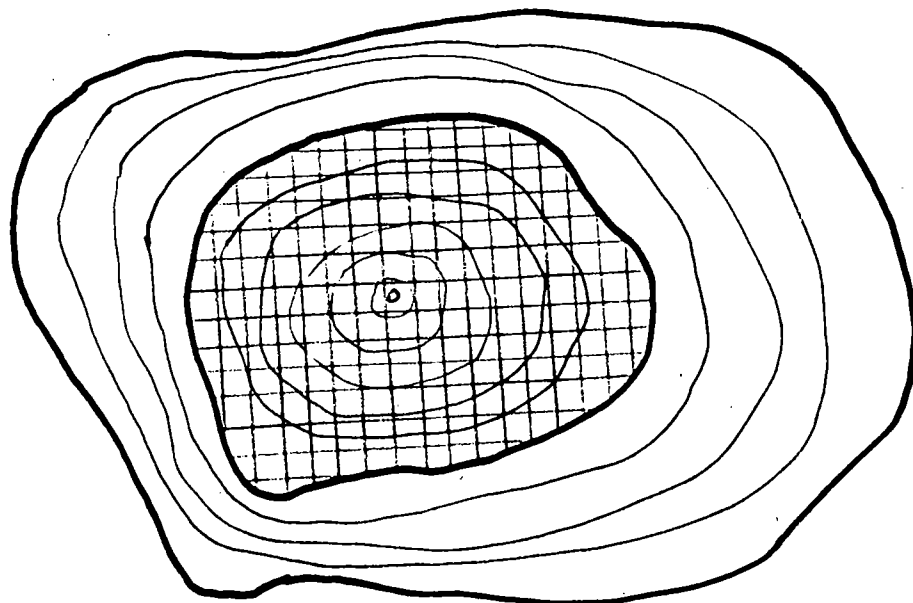


1. odrezek - zgornji prečni prerez

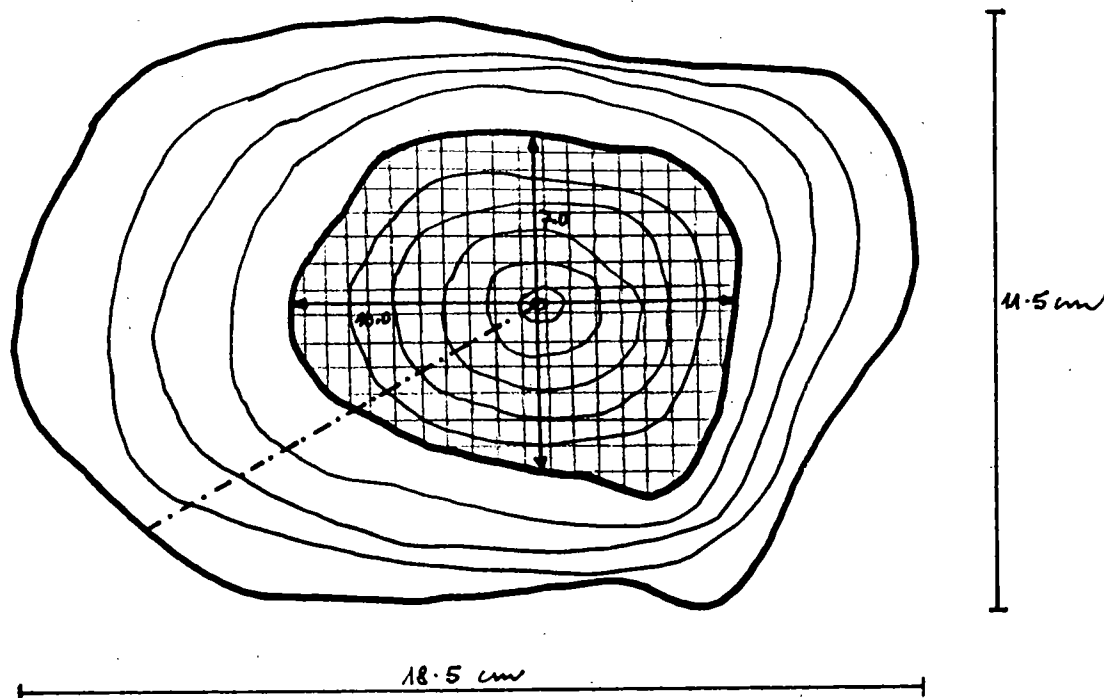


Starost:	- od središča do roba trohnobe	13 let
	- od roba trohnobe do lubja	21 let
	- skupaj	34 let

- spodnji prečni prerez

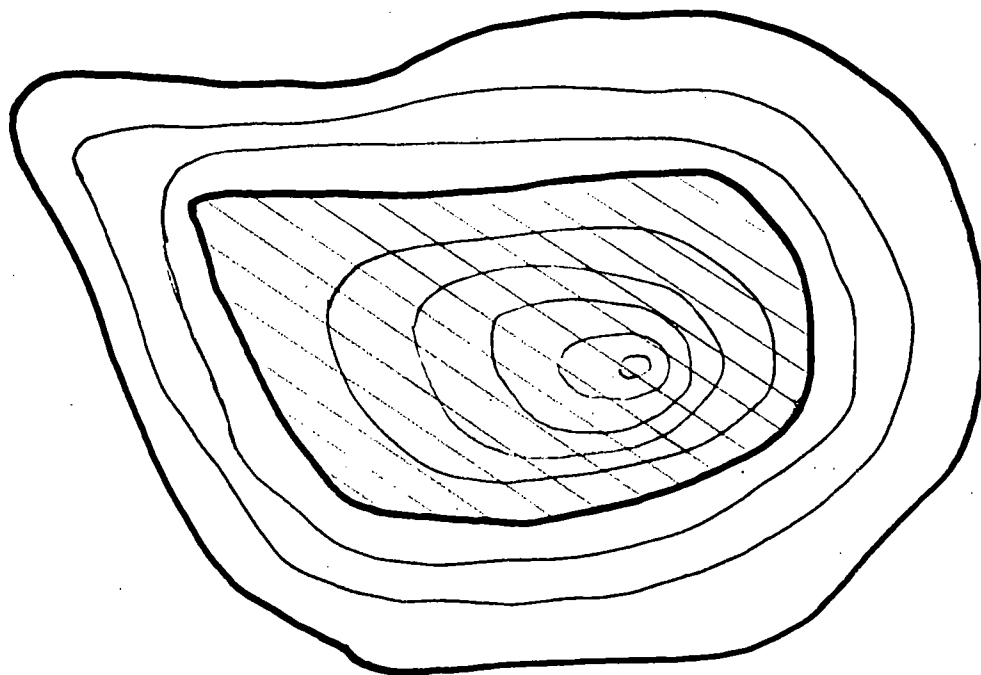


2. odrezek - zgornji prečni prerez

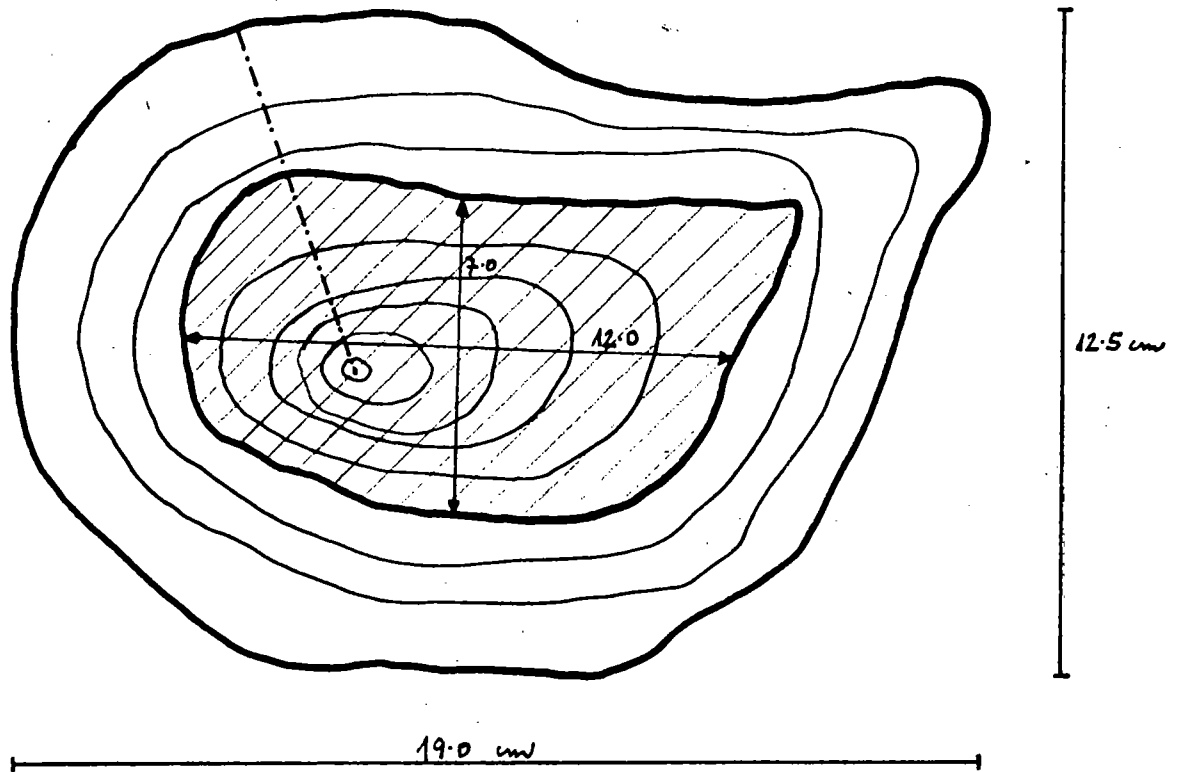


Starost:	- od središča do roba trohnobe	20 let
	- od roba trohnobe do lubja	17 let
	- skupaj	37 let

- spodnji prečni prerez

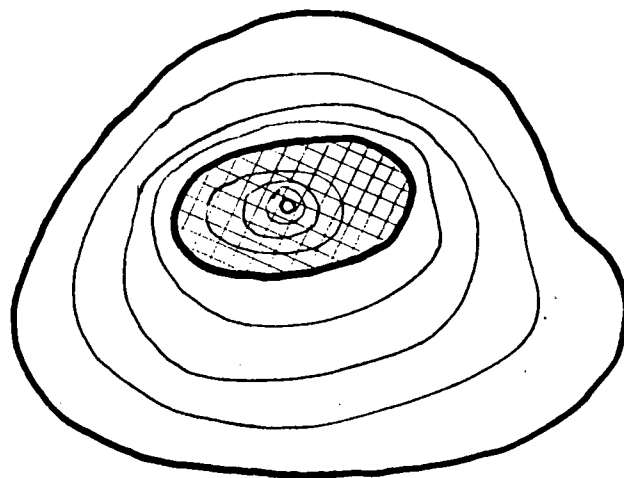


3. odrezek - zgornji prečni prerez



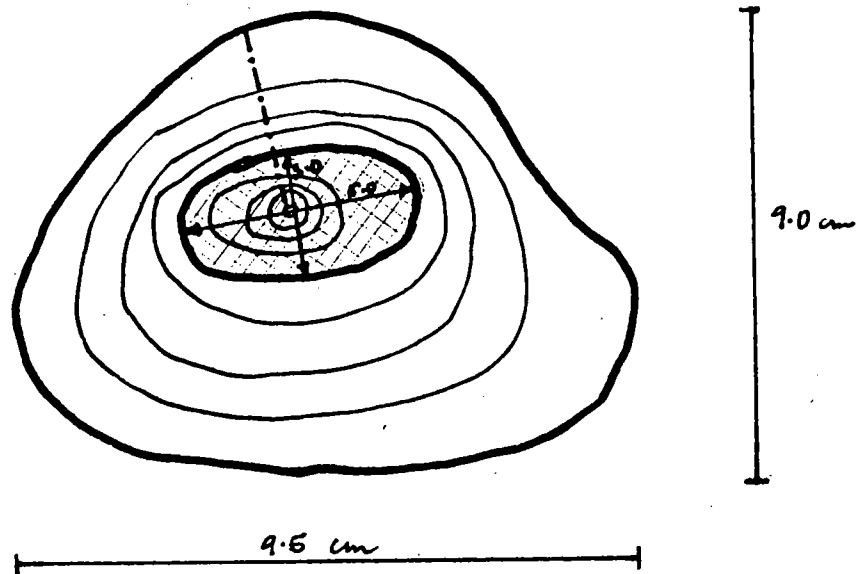
Starost: - od središča do roba trohnobe	25 let
od roba trohnobe do lubja	20 let
- skupaj	45 let

- spodnji prečni prerez



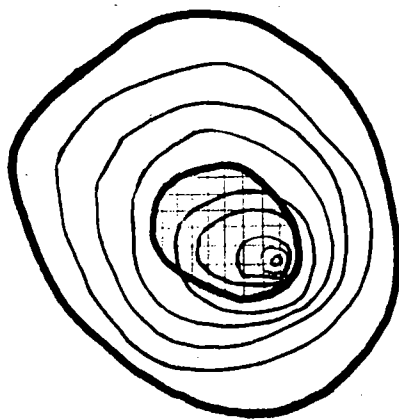


4. odrezek - zgornji prečni prerez

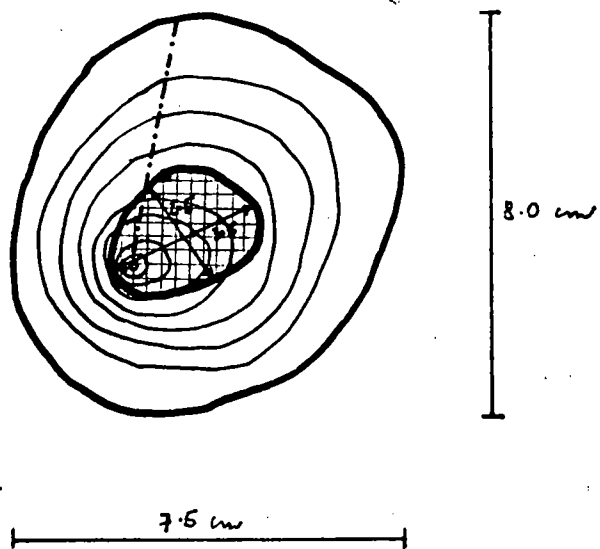


Starost:	- od središča do roba trohnobe	26 let
	- od roba trohnobe do lubja	30 let
	- skupaj	56 let

- spodnji prečni prerez



5. odrezek - zgornji prečni prerez

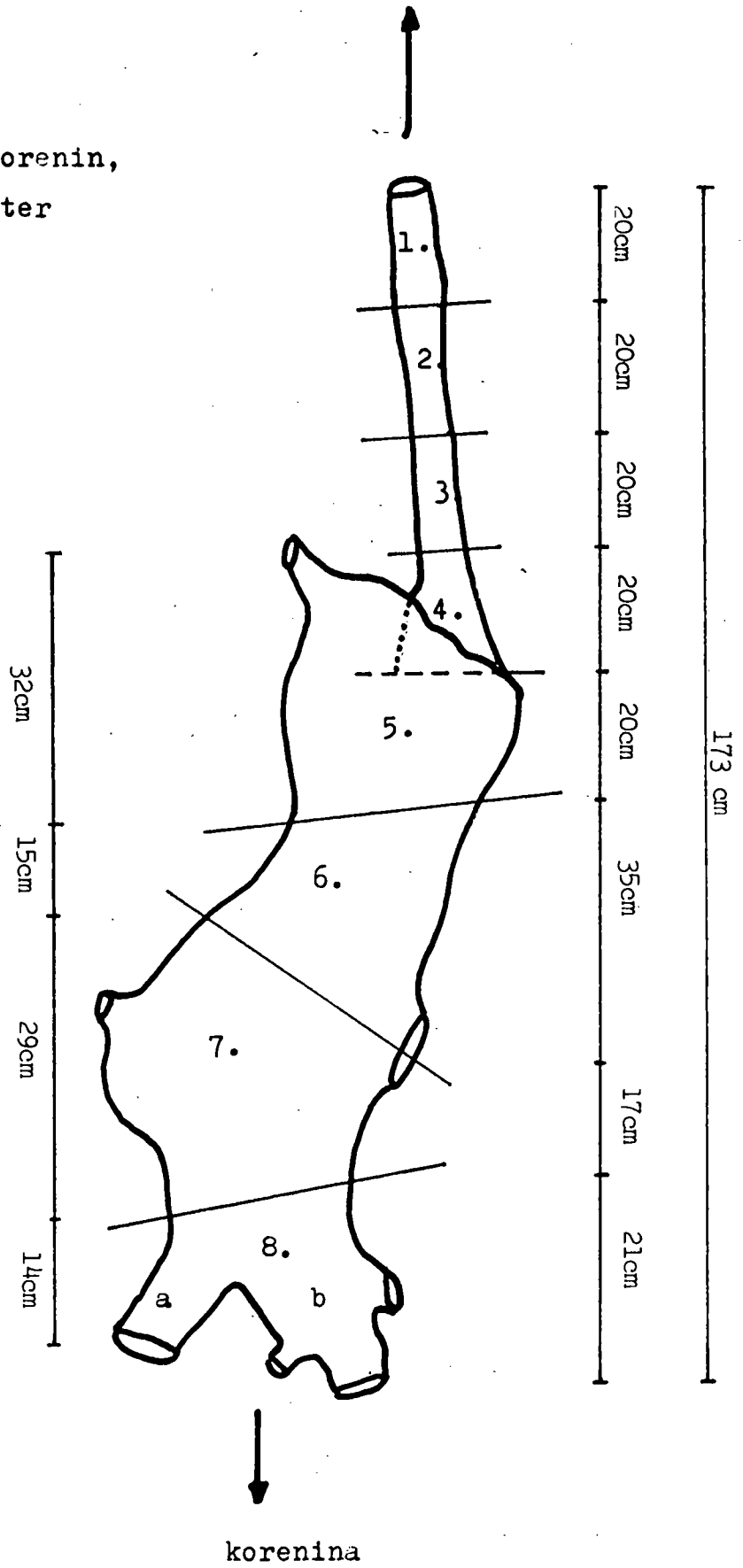


Starost:	- od središča do roba trohnobe	26 let
	- od robotrohnobe do lubja	29 let
	- skupaj	55 let

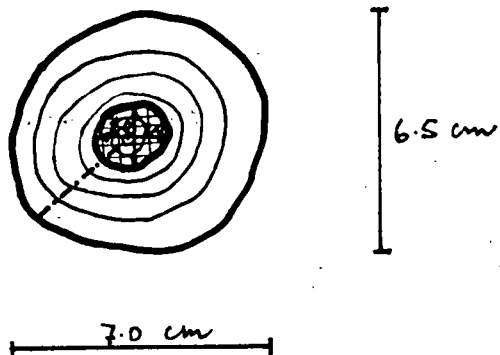
deblo

IV. VZOREC

Vzdolžni prerez korenin,  
položaj prerezov ter  
velikost odrezkov

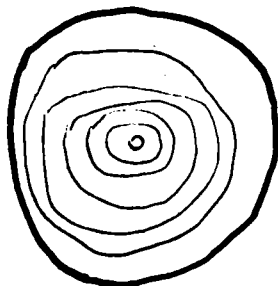


1. odrezek - zgornji prečni prerez

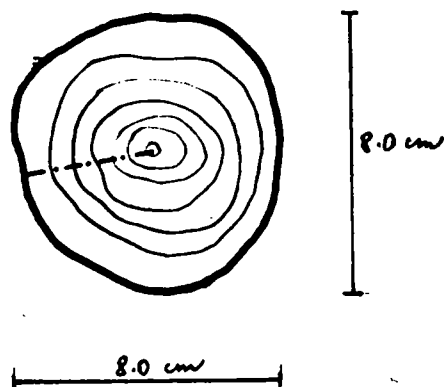


Starost:	- od središča do roba trohnobe	12 let
	- od roba trohnobe do lubja	28 let
	- skupaj	40 let

- spodnji prečni prerez

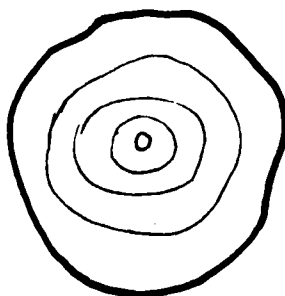


2. odrezek - zgornji prečni prerez

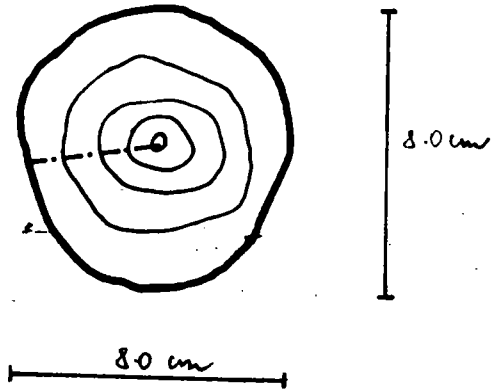


Starost: 42 let

- spodnji prečni prerez

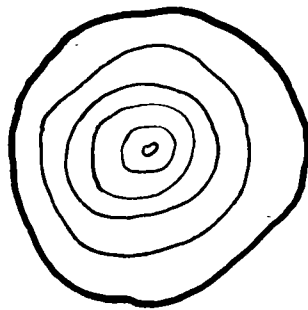


3. odrezek - zgornji prečni prerez

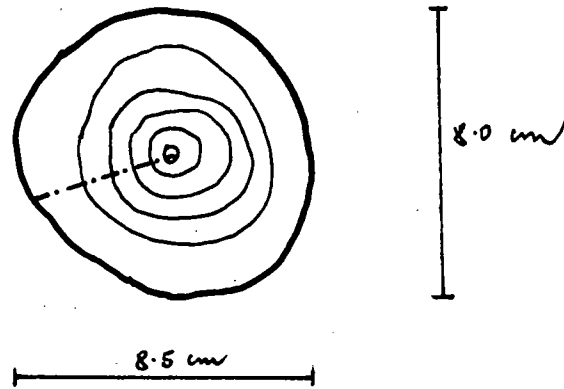


Starost : 42 let

- spodnji prečni prerez

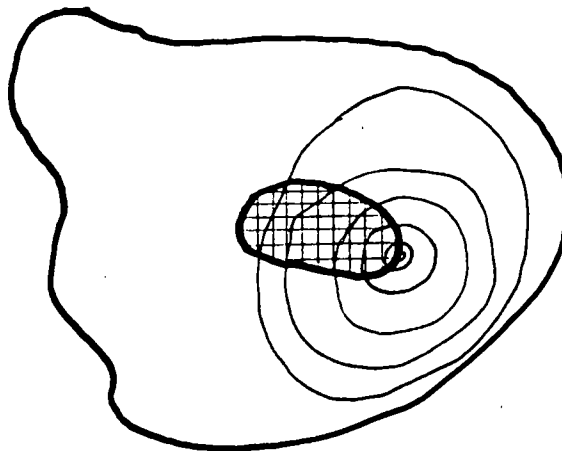


4. odrezek - zgornji prečni prerez

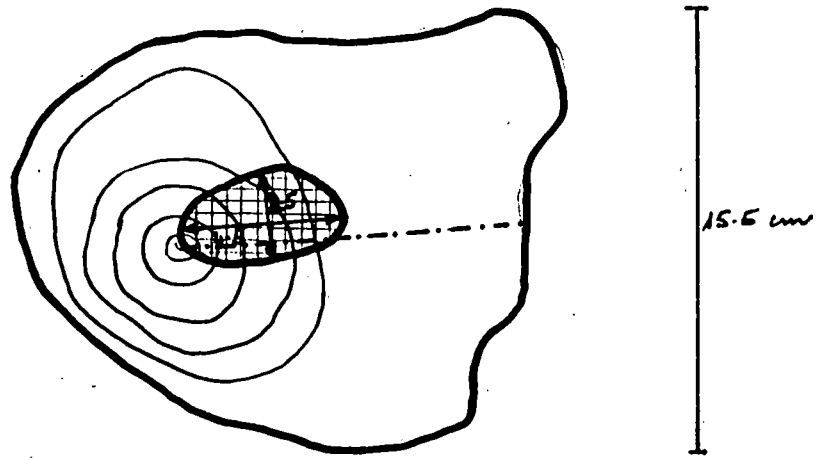


Starost ; 45 let

- spodnji prečni prerez



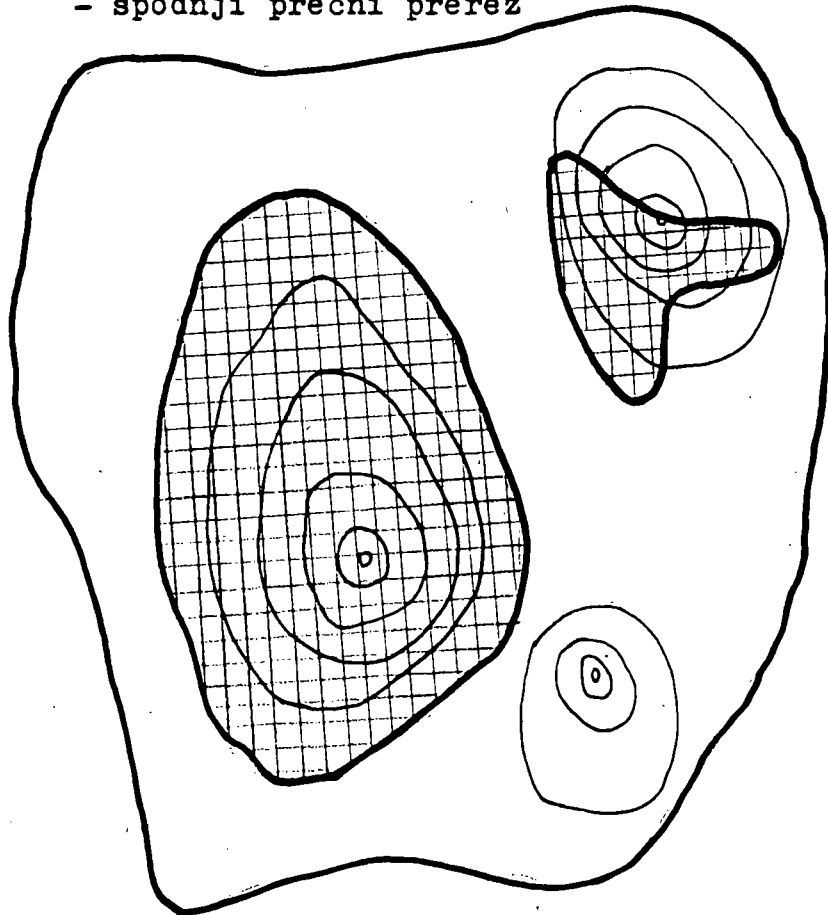
5. odrezek - zgornji prečni prerez



18.0 cm

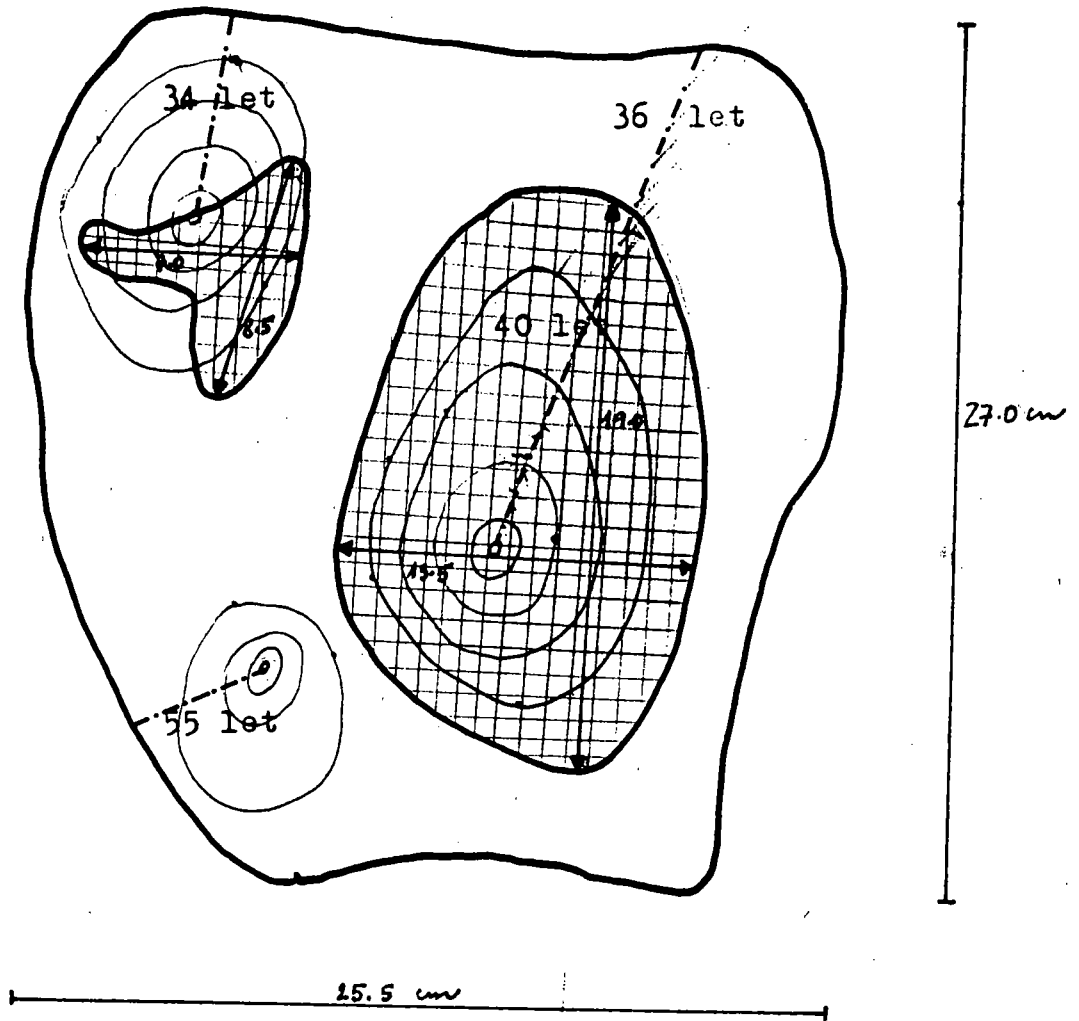
Starost: -od središča do roba trohnobe 22 let  
-od roba trohnobe do lubja 20 let  
-skupaj 42 let

- spodnji prečni prerez

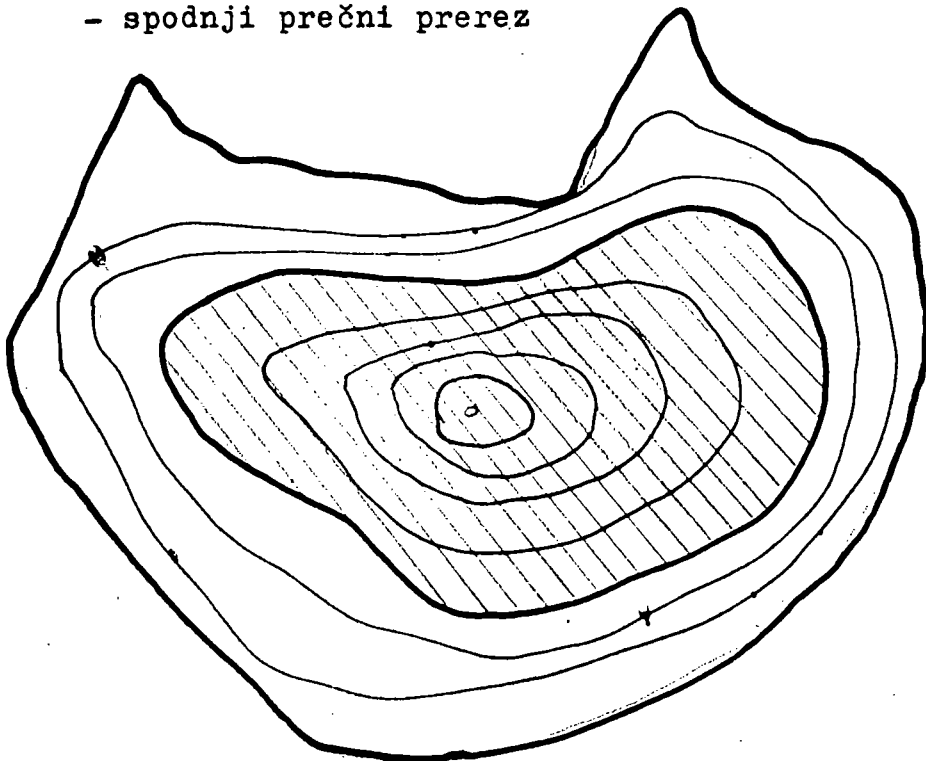




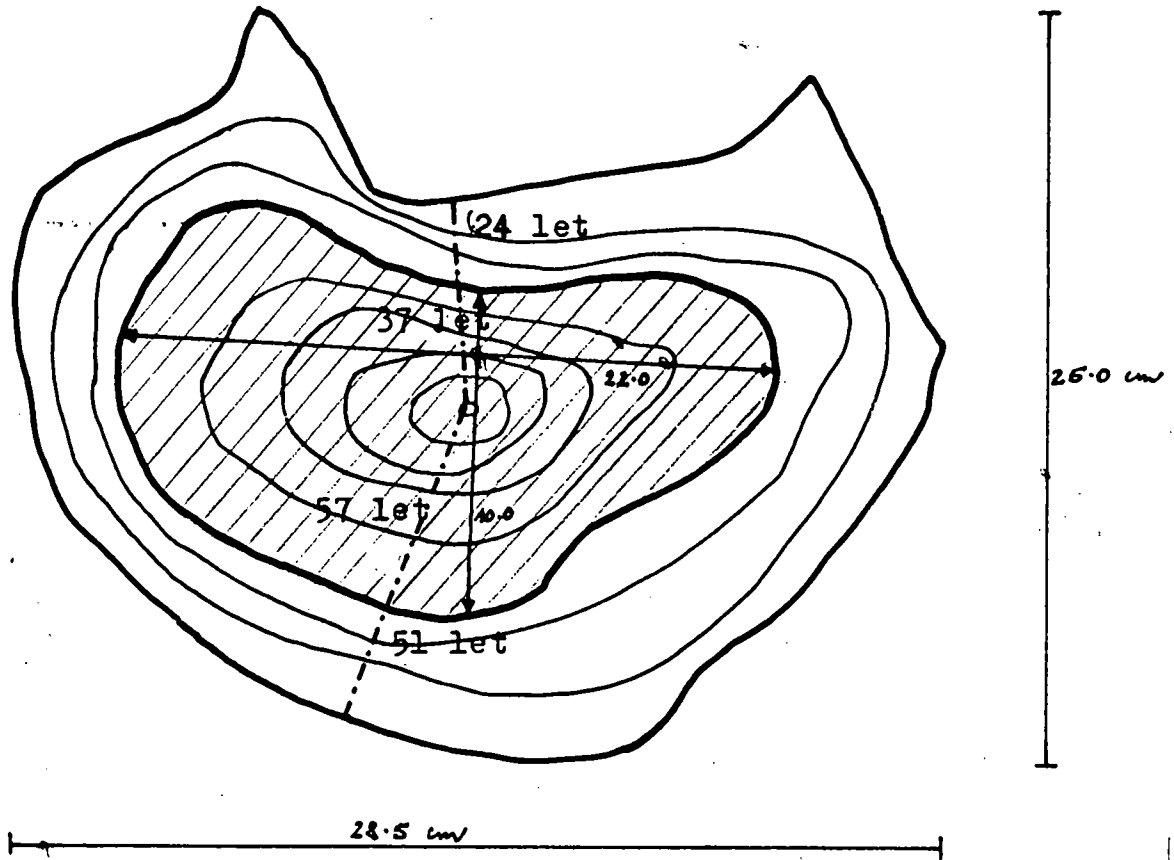
6. odrezek - zgornji prečni prerez



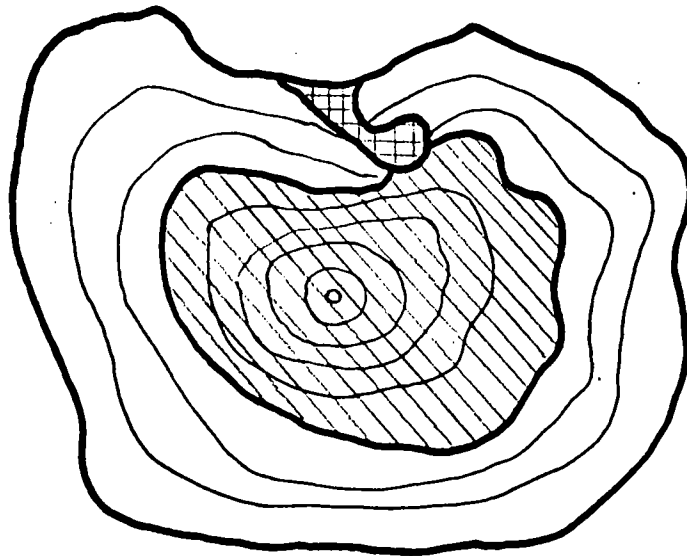
- spodnji prečni prerez



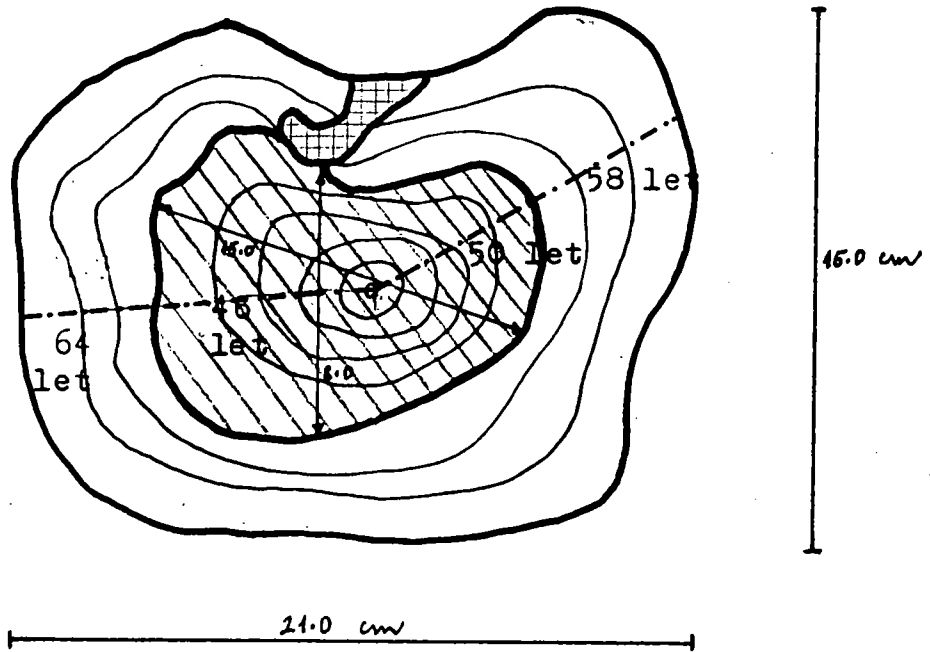
7. odrezek - zgornji prečni prerez



- spodnji prečni prerez



8. odrezek - zgornji prečni prerez



- spodnji prečni prerez

