

PELODNE ANALIZE PLEISTOCENSKIH SEDIMENTOV V HORJULSKI DOLINI

ŠERCELJ ALOJZ

Slovenska akademija znanosti in umetnosti, Ljubljana

Horjulsko dolino omenjajo raziskovalci bodisi v zvezi s proučevanjem Ljubljanskega barja, bodisi v zvezi z raziskavami v Polhograjskih dolomitih. Vsi avtorji ugotavljajo, da je njen nastanek v neposredni zvezi s tektoniko na Ljubljanskem barju. Tem ugotovitvam lahko brez ugovora pritrdimo, saj je dokazov za to dovolj. Po geografski legi spada torej Horjulska dolina k Polhograjskim dolomitom, genetsko pa k Ljubljanskemu barju.

Znova pa bi bilo treba kritično pregledati vprašanje kronologije in trajanja tektonskih procesov na tem območju in seveda tudi v Horjulski dolini. Dosedanji raziskovalci (Ilešič, Melik) so se pri postavljanju kronologije mogli opirati v glavnem le na ugotovljene terase in njih medsebojno korelacijo. Rezultati teh raziskav pa so seveda zanesljivi le, kolikor domnevamo, da je delovanje tektonike na tem ozemlju od terciarja dalje popolnoma prenehalo, da je bilo ozemlje skozi ves pleistocen mirno.

Ker pa je za kvartarno tektoniko (neotektoniko) po svetu (Nikolajev) pa tudi že pri nas dovolj dokazov, se je seveda pojavila potreba, da se pri interpretaciji nivojev upošteva še mlajša tektonika (Rakovec, 1946, 1956), s čimer pa se vsa kronologija erozijskih nivojev zaplete. To seveda še ne pomeni, da nameravamo spodbijati veljavnost teh ali onih starejših ugotovitev, temveč gre le za to, da bi še z druge strani osvetlili tukajšnja geološka dogajanja v kvartarju.

Po Rakovcu (cit.) se je nekako v sredi kvartarja ob istočasnem ugrezanju južnega dela Barja njegovo severno in vzhodno obrobje dvignilo, ne le relativno, temveč tudi absolutno, in s tem preusmerilo nekatere pritoke Ljubljani.

Tako je osrednji del Horjulske doline zaostal v dviganju ali se morda še nadalje ugrezal, vzhodno od Brezij, tja do Viške terase, pa se je ozemlje dvigalo ter zaprlo tudi odtok današnje Šujice. Zato je začela Šujica preplavljati ostali del doline ter ga zasipati z glino; končno pa je vse to prerasla šota, ki jo je prekrila nova plast poplavne gline.

Šotne plasti so bile v tej dolini ugotovljene že z vrtnji Glowackega v letih 1895—1896 (Rakovec, 1946), na večji površini pa so bile odkrite ob regulacijskih delih v letih 1960 in 1961.

Ker so pod vasjo Zaklanec kopali čisto novo strugo, je bilo mogoče v neposredni bližini bagra jemati vzorce šote do dna bodoče struge, ki še ni bila zalita z vodo. Tako smo lahko že leta 1960 napravili poskusne pelodne analize šotnega profila. Pelodna vsebina sicer ni bila bogata, toda zanesljivo se je izkazalo, da šota ni holocenske, temveč pleistocenske starosti in da torej nima z vrhnjo šoto na Barju nobene kronološke zveze. Ta ugotovitev je bila hkrati tudi zadosten razlog, da je vredno tamošnje sedimente natančneje proučiti.

Z denarno podporo Sekcije za arheologijo Slovenske akademije znanosti in umetnosti smo poleti 1961 napravili nekaj ročnih vrtin, da bi dobili boljši pregled nad sedimentacijo, predvsem pa vzorce za pelodne analize.

Vrtali smo v strugi in ob strugi, ker so vrhnji sedimenti, ki pokrivajo vso dolino, tako trdi in izsušeni, da je bilo z vrtalno kamero tipa Dachnowsky nemogoče predreti trdo glinasto skorjo. Debelina vrhnjih sedimentov, ki pokrivajo šoto, variira od 100 do 150 cm. Gline pa so, kolikor se je dalo videti v profilu odkopane struge, močno zaglenjene ter se po osušitvi prizmatsko krojijo v debelejša zrna. Tak material pa je po dosedanjih izkušnjah bil vedno brez peloda, ali pa je pelod vanj prinesla s površja pronicajoča voda.

Profil

- 0—150 cm Humus, zaglenjena glina,
- 150—200 cm Blatna šota (Gyttja),
- 200—300 cm Šota, prepletena s koreninicami (*Carex*),
- 300—350 cm Gyttja,
- 350—550 cm Brezkarbonatne gline.

Globlje od 550 cm se ni dalo vrtati, ker je bila glina, ki se je še nadaljevala navzdol, pretrda. Kot se je kasneje pokazalo, ni bilo zavoljo tega dosti škode, ker je že glina od 500 do 550 cm brez peloda.

Preparacija sedimentov za pelodne analize je bila opravljena po navadnih metodah: KOH za izločitev in nabrekanje pelodov ter za izluženje huminskih snovi. Za koncentracijo zrnc smo gline flotirali z $ZnCl_2$ po Zolyomiju oziroma z acetolizo šote po Erdtmanu.

Diagram

Diagram prikazuje razmeroma enotno vegetacijsko sliko, saj ne registrira nobenih radikalnih sprememb klimatskega značaja, čeprav se le dajo zaznati malenkostne oscilacije.

Iz diagrama lahko razberemo tele, delno klimatogene, delno edafogene gozdne faze:

1. Alnus-Picea,
2. Picea-Pinus,
3. Alnus-Picea,
4. Pinus-Picea,
5. Picea-Pinus.

Alnus-Picea

Na globini 500 cm se začenja diagram z zelo visoko vrednostjo (65 %) peloda jelše (*Alnus*), ki v tem spektru popolnoma dominira. Tolikšno dominantnost jelše lahko razložimo edino z domnevo, da je bila tedaj dolina zamočvirjena ter da je rasla po ravnici v neposredni bližini jelša in vrbovje (*Salix*), torej edafsko pogojena vegetacija. Okoliške griče pa naj bi bili pokrivali smreka (*Picea*), bor (*Pinus*) ter kakšna bukev (*Fagus*).

Že takšen začetek drevesne vegetacije nam je zadosten dokaz, da plasti, globlje od 500 cm, ki so sicer brez peloda, niso bile odložene v kaki izrazito hladni dobi brez vegetacije. Njihova popolna sterilnost je posledica nadaljnjega preperevanja gline, pri čemer je seveda preperel tudi ves organski material, ki je bil morda spočetka v njih. Iz tega sledi, da fazo *Alnus-Picea* lahko podaljšamo v še starejše obdobje, v niže ležeče plasti, ki so sicer prazne, ter da jo diagram registrira že prav na koncu.

Zeliščno in grmovnato vegetacijo (*NAP*), ki spremlja to fazo, zastopajo v glavnem praproti, predvsem *Athyrium* ter *Pteridium*, nadalje *Ericaceae* ter *Artemisia*; zelo značilen pa je *Rubus chamaemorus*, vrsta robidnice, ki danes ne raste več pri nas. Tako je seveda razumljivo, da dosega vrednost *NAP* skoraj 200 % *AP* (drevesne vegetacije).

Picea-Pinus

Naslednja faza sega od 475 do 425 cm in je tudi razmeroma kratkotrajna. Značilen za to fazo je precejšen upad jelše ter znaten dvig pelodne vrednosti smreke in bora, ki sta dosegla v tem času vodilno mesto med gozdnim drevjem. Le podrejeno vlogo so imele v tedanjem gozdu še breza (*Betula*), vrba, lipa (*Tilia*), hrast (*Quercus*), bukev in brest (*Ulmus*).

Nedrevesna vegetacija (*NAP*) pa je ostala še vedno enaka, namreč v glavnem praproti, vendar njena pelodna vrednost polagoma upada, kar pomeni, da se je gozd začel zgoščevati.

Alnus-Picea

Jelša znova doseže vodilni položaj, saj se mestoma dvigne njena pelodna vrednost nad 60 % *AP*. Močno pa upade bor, ki je zastopan le še z enim tipom (*diploxylo*n), torej rdeči bor. Vrednost smreke niha s precejšnjimi amplitudami, vendar je še vedno drugo vodilno drevo. Breza, ki je že tako tudi prej dosegala le neznatne vrednosti, še upade, krivulja vrbe pa začasno celo izgine iz diagrama. Ker so bor, breza in vrba kot »kriofilni elementi« vsaj do neke mere znanilci hladnega podnebja, si smemo njihov upad vsaj delno razlagati kot posledico rahlega ogrevanja ter označiti fazo *Alnus-Picea* kot relativno najtoplejše obdobje, ki ga prikazuje diagram, čeprav še vedno precej hladno.

Po drugi strani pa dokazuje isto tudi napredovanje mezofilnih listavcev, ki so prav v tej fazi dosegli maksime, čeprav neznatne. Leska (*Corylus*) je v primeri z drugimi evropskimi pokrajinami pri nas v splošnem, tu pa še posebno slabo zastopana, saj doseže vrednost največ 7 %. Lipa (*Tilia*) je le v tej fazi dosegla relativno visok odstotek (8 %), proti koncu te dobe pa popolnoma izgine iz diagrama. Hrast (*Quercus*) je s 6 % maksima zelo slabo zastopan; nasprotno pa je gaber (*Carpinus*) dosegel prav v začetku te faze

relativno visok maksimum (10 %) ter nato polagoma, toda nezadržno upadala, tako da že v naslednji fazi izgine iz diagrama.

Tudi bukev, ki je že od vsega začetka zastopana v tedanji vegetaciji, je prav v sredi te faze dosegla višek 12 % ter nato začela polagoma upadati. Maksimalna vrednost 12 % bi bila za bukev v holocenu nenavadno nizka, toda ker se je bukev začela znova uveljavljati šele ob koncu pleistocena, je ta vrednost glede na kronološki položaj profila še kar precejšnja. Jelka (*Abies*) je le sporadično zastopana, tudi macesen (*Larix*) je bil vseskozi redek.

Vrednost *NAP* je v tej fazi v splošnem narasla, največ zaradi »stelnikov«. *Pteridium* (orlova praprotnica) namreč med zeliščno vegetacijo popolnoma dominira. Tudi *Athyrium*, glistovnica, dosega znatne vrednosti. Kobulnice (*Umbelliferae*) so se posebno razbohotile ob začetku in proti koncu faze *Alnus-Picea*. Vresnice (*Ericaceae*) pa so bile posebno razširjene bolj ob začetku, kasneje njih vrednost upade. *Artemisia (borealis ?)* je posebno značilna komponenta hladne stepske flore in je zato ravno v tej fazi najslabše zastopana, pač pa so prišle druge kompozite malo bolj do veljave.

Trave (*Gramineae*) pa se v *Callunetih* in stelnikih niso mogle uveljaviti ter zato njih krivulja le polagoma narašča, ker so se mogle naseliti le na dozorevajoča tla. Tudi *Rubus chamaemorus* je sredi te faze dosegel višek in proti koncu polagoma upadel.

Pinus-Picea

Med 500 in 200 cm globine se javlja vegetacija, v kateri se znova zelo močno dvigne vrednost borovca (maksimum čez 80 %). V sestavu borove krivulje se spet pojavi tip *haploxyton*. Poleg borovca je bilo najvažnejše drevo smreka, katere pelodna vrednost dosega maksimum skoraj 40 %. Tudi breza in vrba kot termokratična elementa znova napredujeta, kar kaže njuna dvigajoča se krivulja. Tako nam že tak sestav gozda dovolj prepričljivo dokazuje nekoliko močnejšo ohladitev.

Pa tudi iz obnašanja mezofilne listavske vegetacije lahko sklepamo na ohladitev. Jelša, leska, hrast, gaber in bukev so v tem času močno nazadovale, skoraj gotovo zaradi hladnejšega podnebja.

Med zeliščno vegetacijo so v tem času najbolj napredovale trave (*Gramineae*), katerih pelodna vrednost se dvigne na 70 %, praprotni pa so ravno tedaj najmočnejše upadle. Precej se je tudi razširila *Artemisia*, kar pomeni ponovno razredčenje gozdne vegetacije ter precejšnjo razgaljenost terena.

To spremembo je mogoče le delno pripisati hladnemu valu, zakaj vidimo namreč, da so praprotni sicer močno nazadovale, njih mesto pa so polagoma prevzemale »travniške in močvirske« rastline: trave (*Gramineae*), *Artemisia* ter druge košarice (*Compositae*), nadalje šaši (*Cyperaceae*), osladi (*Filipendula*) itd. Gotovo so bile tu vmes tudi neke edafske in pedološke spremembe.

Picea-Pinus

Zadnja faza, ki jo še prikazuje diagram na globini 200—150 cm, priča, da se je podnebje znova malo izboljšalo, saj so imeli listavci nekoliko boljše pogoje za razširjenje. Napredovali so: leska, jelša, hrast in celo bukev,

zeliščna vegetacija pa postane izrazito travniška. Med redkimi pelodi sicer zasledimo tudi pelod mešinke (*Utricularia*) ter porečnika (*Alisma*), kar pomeni vsaj občasno in delno preplavljenost doline.

Najdbo spore alpske drežice (*Selaginella selaginoides*) si moremo razložiti z dejstvom, da se je v precejšnji ohladitveni fazi alpska vegetacija pomaknila znatno niže in je morda še kje ostalo kakšno izolirano rastišče z alpsko subarktično floro.

Na koncu te faze pa se znova začno dvigati krivulje bora, breze in vrbe, krivulje smreke in mezofilnih listavcev pa upadajo. Iz tega smemo sklepati, da se je ob koncu zadnje periode začelo podnebje znova ohlajati.

Potem ko smo si ogledali diagram po posameznih fazah, razčlenjen na bolj ali manj hladne klimatske periode, si predočimo še diagram kot celoto. Iz diagrama in iz prejšnjih izvajanj bomo uvideli, da prikazuje neko dokaj enotno periodo, v kateri so sicer še vedno zaznavne šibke klimatske spremembe, ki so privedle do prevladovanja zdaj borovca v hladnejših periodah, zdaj smreke in listavcev v nekoliko toplejših obdobjih. Izraz »toplejša obdobja« je treba seveda razumeti relativno, kajti ves čas, ki ga obsega diagram, je bilo podnebje razmeroma hladno.

Ker nobeden izmed sedaj znanih diagramov iz Slovenije ni poseben podoben pravkar opisanemu, je kakršnakoli direktna korelacija nemogoča. Največjo, sicer samo zunanjo podobnost lahko ugotovimo z diagramom iz Doline Triglavskih jezer (Šercelj, 1961). Tudi tam sta namreč skozi ves holocen dominirala smreka in bor, listavci pa so imeli enako nizke vrednosti kot tu.

Podobne edafske razmere holocenskega gozda pri Triglavskih jezerih in pleistocenskega v Horjulski dolini nam vendarle dovoljujejo sklep, da so bile tudi klimatske razmere precej podobne. To naj pomeni, da je bilo v Horjulski dolini ob času, ko je rasel opisani gozd, približno podobno podnebje, kakršno je bilo pri nas v holocenu na višini od 1700 m navzgor. Ta ugotovitev je seveda pomembna pri določanju kronološkega položaja profila in se bomo morali še k njej povrniti.

Toda klimatska slika je le ena izmed osnov za kronologijo in bo treba dodati še nekaj podrobnosti k vegetacijski sliki sami.

Največjo pozornost vzbuja krivulja borovca, ki se v obeh borovih viških razcepi v dvojno krivuljo. Tedaj se namreč pridruži navadnemu borovcu (*diploxylon* tipa) še tip *haploxylon*; zadnji sicer ne dosega niti 10 % vrednosti, vendar pa spremlja navadni borovec v neprekinjeni liniji.

Tip *diploxylon* lahko pripada enemu od obeh naših borovcev: *Pinus silvestris* ali *P. montana*, manj verjetno *P. nigra*. Čeprav so sicer nekateri avtorji (cf. Erdtman, 1953) skušali poiskati diagnostično važne razlike med temi vrstami, jih mlajši avtorji nimajo za toliko zanesljive, da bi jih mogli brez pomislekov aplicirati pri rutinskem delu (Beug, 1961).

Pomembnejši pa je pelod tipa *haploxylon*, ki se po Beugu (cit.) edini dá zanesljivo izločiti med drugimi vrstami borovega peloda. V paleofloristični palinološki literaturi velja forma *haploxylon* za arhaični, terciarni tip, in naj bi se plasti, v katerih se ta pelod najde, že zato uvrstile v starejši pleistocen. Tako vsaj velja za zahodnoevropske diagrame. Toda za naše

pokrajine imamo že dovolj argumentov, da na to pravilo gledamo z nekimi pridržki.

V vseh naših resnično arhaičnih florah iz kvartarja: v Zalogu pri Novem mestu (Šercelj, 1961), na Ljubljanskem barju pri Viču (Šercelj, Grimšičar, 1960), in še bolj v Bukovici pri Ilirski Bistrici (v obdelavi) nahajamo skupno s pelodom »*haploxyton*« še druge terciarne oziroma tegeleske elemente: *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Zelkova*, *Sciadopitys*, *Podocarpus*, še najdlje pa se je ohranila *Tsuga*; v tem diagramu pa ni sledu o kateremkoli izmed navedenih elementov.

Podobne razmere ugotavljata Marchesoni (1960) in Paganelli (1962) za fosilne flore v Padski nižini. Tu naj bi se bil borovec tipa *haploxyton* ohranil vse do mindelsko-riškega interglaciala (Paganelli, 1961, 1962). Oba primerjata to vegetacijo z današnjo kolhijsko ter sklemeta po skupnih flornih elementih, da se je areal kolhijske vegetacijske regije v srednjem in še v mlajšem pleistocenu (riško-würmskem interstadialu) raztezal tja v osrčje Padske nižine (Marchesoni, 1960).

Ta sklep je tudi odločilno vplival na prepričanje obeh raziskovalcev severnoitalijanske starokvartarne flore, da je bil njihov staropleistocenski borovec tipa *haploxyton* — *Pinus peuce*, to je današnji balkanski bor (molika). Le-ta je tudi na Balkanu le še relik, ki se je ohranil le še na izoliranih rastiščih v južni Makedoniji, severni Grčiji in zahodni Bolgariji.

Pelod tipa *haploxyton* najdemo tudi v severnoitalijskih kot holandskih in nemških fosilnih florah vedno v sestavu mediokratične vegetacije. Zato je seveda Marchesonijev in Paganellijev sklep, da utegne pelod izhajati od *Pinus peuce*, upravičen, posebno še, ker verjetno tudi danes raste v podobnih klimatskih in ekoloških razmerah, kakršne domneva Paganelli za vegetacije starejšega in srednjega pleistocena v Italiji.

Čisto drugače pa je z našim diagramom. Predstavlja namreč terminokratično vegetacijo, v katere sestav so se mogli le v neznatni meri vključiti mezofilni elementi. Pa še v tej razmeroma hladnodobni vegetaciji se pelod *haploxyton* pojavlja le v ekstremnih terminokratičnih fazah, to je ob časih relativno najmočnejših ohladitev. Že samo to dejstvo izključuje verjetnost, da bi v našem primeru bil tip *haploxyton* identičen s *Pinus peuce*, pa čeprav je bilo to na ozemlju, ki je današnjim arealom *P. peuce* še bližje. Tudi ni izključeno; da je bil tedanji areal *P. peuce* dosti večji in je segal vse do obrobja Alp. Tudi starost ne bi bila ovira, kajti umik vseh staropleistocenskih elementov je potekal od zahoda proti vzhodu tako, da so najprej izginili na zahodu in najkasneje proti vzhodu Evrope (Šercelj, 1961, Paganelli, 1962). Kljub vsem tem popolnoma stvarnim pomislekom, je verjetnost za *P. peuce* minimalna.

Poleg tega ni to edini diagram z našega ozemlja, v katerem je kot redni element zastopan tip *haploxyton*. Diagram vrtine na Barju iz leta 1959 kaže posebno v kasnoglacialnih obdobjih stalno primes tega peloda (Šercelj, v tisku). Tudi postglacialni sedimenti z Malega polja v Triglavskem pogorju (v obdelavi) vsebujejo poleg normalnega borovega peloda tudi zrna tipa *haploxyton*. Vsekakor drži, da je moč pelod *haploxyton* najti pri nas še v mnogo mlajših sedimentih, kot so mindelsko-riški, ko se je po Paganelliju (cit.) umaknil iz severne Italije proti vzhodu. Če pa tu najdemo pelod tega tipa v popolnoma drugačnem sestavu terminokratične vegetacije,

in to v mnogo kasnejših obdobjih, je jasno, da ne moremo več računati s *Pinus peuce*.

Prav gotovo gre v teh primerih za *Pinus cembra*, cemprin (limbar), ki prav tako še danes raste v sicer disjunktnem arealu v tirolskih Alpah, v Karpatih ter v Rusiji od Urala do Bajkala. (Ruskega, ki se sicer nekoliko razlikuje od evropskega, imajo nekateri za ločeno raso, drugi pa kar za posebno vrsto, *Pinus sibirica*.)

Nedvomno pa je bil cemprin še do nedavnega tudi v Alpah dosti bolj razširjen. Najstarejše najdbe z našega ozemlja je oglje *Pinus cembra* v Potočki zijalki (Brodar, 1958). Nadalje sta bila ugotovljena oglje in ožgan les *P. cembra* v Keverdru na Lubniku, kar je dokaz, da je še tudi v holocenu (subboreal) rasel po naših Alpah. Isto dokazujejo tudi pelodne analize!

Da se je v Alpah njegov areal skrčil na območje doline Cembra šele nedavno, najlepše dokazujejo rezultati pelodnih analiz z Waadtländskih Alp, severno od Ženevskega jezera. Tam sta na nekem barju, na višini gozdne meje (ca. 2000 m) ugotovila P. in M. Villaret-von Rocho w (1958) konstantno nastopanje peloda *Pinus cembra* od boreala vse do subatlantika. To je do sedaj najzahodnejše nahajališče tega izrazito »vzhodnega elementa«!

Tako je torej upravičen sklep, da tudi v našem diagramu ugotovljeni pelod tipa *haploxyylon* v sestavu terminokratične vegetacije ne izhaja od arhaičnega *Pinus peuce*, temveč od »alpskega« *Pinus cembra*, in da so torej tudi sedimenti Horjulske doline na vsak način mlajši od mindelsko-riškega interglaciala.

Marchesoni (1959) je podal podrobnejšo karakteristiko ekoloških zahtev *Pinus cembra* in navaja: najtoplejši mesec 9–14° C, najhladnejši –10° C; padavin manj kot 1500 mm, od vseh v vegetacijski dobi vsaj 400 mm; prenese kasne spomladanske mrazove. Na podlagi teh karakteristik ga označuje kot »izrazito alpsko drevo«.

Kronološki položaj profila

Če upoštevamo ugotovitev, da je nastopanje peloda tipa *haploxyylon* možno v alpskem prostoru vse do danes, odpade s tem tudi vprašanje, kako da ni v pelodnem spektru še drugih spremljevalnih elementov: *Tsuga*, *Carya*, *Pterocarya* itd. Prav tako ni več problema, kako vskladiti skupno nastopanje bukve in »arhaičnega« tipa borovca. Za bukev je namreč znano, da je bila od terciarja dalje skozi ves starejši in srednji pleistocen zelo redka in se v diagramih pojavlja le sporadično. V severni Italiji se nekoliko močneje razvila že v riško-würmskem, to je zadnjem interglacialu (Lona, pismeno), za naše kraje pa je ugotovljena nekoliko večja razširjenost bukve za göttweiški interglacial (Šercelj, v tisku). S pravo silovitostjo se je bukev razbohotila v Evropi šele v geološki sedanjosti (holocenu).

S to ugotovitvijo smo nadalje omejili starost profila na največ riško-würmski interglacial ali na katerega od würmskih interstadialov. Glede na precejšnjo terminokratičnost vegetacije je izključen tudi R/W interglacial oziroma vsaj njegov osrednji del. Po vsej verjetnosti ostane torej le še kateri

würmski interstadial, saj tudi prikazana vegetacija najbolj ustreza interstadialnim razmeram. Veliki (göttweiški) interstadial bi izključili, ker vsaj v glavnem poznamo tedanjo vegetacijo iz diagrama na Ljubljanskem barju. Tu namreč prevladuje *Querceto-Carpinetum*, saj dosega *Carpinus* v najtoplejši fazi čez 50 % pelodne vrednosti dreves, *Quercus* pa celo več kot 42 %. Pa še sedimenti so precej različni: na Barju imamo iz tega časa večinoma karbonatne usedline kot kreda, apneno blato, apneni gyttja, tu pa so mineralne usedline vseskozi glinaste in brez karbonatov. Vidimo torej, da tudi sedimentacija kaže na znatne klimatske razlike ter lahko iz tega sklepamo, da tudi göttweiški interstadial (vsaj osrednji del) ne pride v poštev za korelacijo z diagramom iz Horjulske doline.

Paudorfski interstadial, ki ga sicer tudi registrira diagram z Ljubljanskega barja, pa je vsekakor prekratek (trajal je le ca. 1000 let), da bi se mogle dogoditi spremembe, kakršne prikazuje diagram. In tudi v sedimentih bi se morale poznati tako radikalne klimatske spremembe, kot je prehod W II v interstadial ter še bolj prehod le-tega v W III. In ravno takih sprememb ni mogoče nikjer zaslediti v našem profilu! To je zadosten dokaz, da so bile plasti celotnega preiskanega profila sedimentirane v precej enakomernem hladnem obdobju, da pa tudi pred to periodo ni bilo bistveno drugače. Ker pa sta bila W II in še bolj W III, to je poledenitvena sunka, pred paudorfskim interstadialom in po njem zelo močna, lahko precej zanesljivo izključimo tudi ta interstadial.

Ostane torej le še W I s svojima dvema šibkima otoplitvama oziroma s tremi. Celotni stadial W I je bil po Grossu (1958) šele nekak uvod v würmsko poledenitev in od vseh treh še najmanj glacialen, toda tudi njegove otoplitvene oscilacije niso bile izdatne. Od vseh poledenitvenih period v würmu izkazuje torej ravno W I najmanjša klimatska kolebanja (Gross, cit.) in je torej že apriorno treba pričakovati najmanj radikalnih sprememb v sedimentaciji in vegetaciji. In isto značilnost smo ugotovili tudi za diagram in profil iz Horjulske doline!

Podobnost klimatskih in vegetacijskih razmer, ki jih razberemo iz diagrama, z onimi, kakršne domnevajo kvartarologi za začetne stadije würma — po eni strani, ter precejšnja diskrepanca diagrama z drugimi würmskimi interstadialnimi obdobji — po drugi strani, sta precej močna argumenta, da uvrstimo diagram ravno v W I.

Takšno uvrstitev podkrepljuje tudi konstantna prisotnost grmiča *Rubus chamaemorus*, robidnice, ki je bila dokaj pogosta ob koncu R/W interglaciala ter v zgodnjih stadijih würmske poledenitve, danes pa uspeva le še v Krkonoših.

Po vsem tem smemo sklepati, da prikazuje diagram vegetacijo najstarejšega würma, morda enega (ali več) njegovih šibkih interstadialov, opisani profil pa uvrstimo v W I.

Če bi končno hoteli iskati še paralele s paleolitskimi najdbami na našem ozemlju, bi po doslej znanih podatkih naš diagram najlaže priključili III horizontu Betalovega spodmola (Brodar, 1955). Tamkaj je sicer le še delno zastopana mezofilna flora (*Populus*, *Tilia*, *Quercus*, *Carpinus*, *Ulmus*, poleg *Pinus* in *Picea*), favna pa je že hladnodobna, alpska. Zato avtor izrecno opozarja na začetne znake nastopajoče hladne periode.

Ker pripada III. horizont Betalovega spodmola v glavnem interglacialu R/W, in bi njegov vrhnji del utegnil segati že v W I (Brodar, cit.), je zelo verjetno, da naš diagram delno ustreza vrhnjemu delu III. horizonta, delno pa je diagram njegovo nadaljevanje. Na to bi še posebno kazale razmeroma visoke vrednosti peloda lipe v obeh primerih, kar je sicer redka koincidenca.

Geološka povezava z Barjem

Že v uvodu smo navedli mnenje, da je nastanek Horjulske doline v tesni zvezi z ugrezanjem Ljubljanskega barja. Ker imamo vsaj za južni del Barja že nekaj geoloških podatkov, bo vsekakor koristno primerjati, koliko se rezultati ujemajo, in če se dá res dokazati tako tesna povezava geoloških dogajanj.

Za južni del Barja danes že vemo, da se je ugreznil (ali znova ugreznil) šele v würmski dobi. To so pokazale pelodne analize prve vrtine iz leta 1959 med Notranjimi goricami in Podpečjo. Vrtina je dosegla skalno dno na globini 107 m. Na globini od 107 do 80 m se starost sedimentov ni dala določiti, ker so brez peloda (grušči!). Glavnina sedimentov, od 80 m navzgor, pa se je usedala šele od začetka göttweiškega interstadiala dalje, enakomerno vse do danes. Zdi se, da veljajo podobne razmere tudi za profil druge vrtine med Črno vasjo in Igom, ki pa še ni preiskana. Vsekakor pa drži, da se je del Barja južno od osamelcev ugreznil mnogo kasneje kot severni.

Preiskani sedimenti v Horjulski dolini, to je del profila med 150 cm in 450 cm globine, naj bi torej bili sočasni s plastmi, ki ležijo na Barju v globini med 80 in 107 m; ali z vsemi, ali z manjšim delom, se za to vrtino ne bo dalo ugotoviti, morda bo to ugodneje pri drugi vrtini.

Ker nismo z ročnim vrtanjem dosegli dna Horjulske doline, ne moremo za sedaj ničesar povedati, kdaj se je le-ta začela grezati: ali je to bilo tudi šele v začetku würma, ali je bila kotlina že prej formirana in se je grezanje tedaj le mirno nadaljevalo, ostane nerešeno vprašanje vse dotle, dokler ne bomo prišli z vrtino do dna. Gotovo pa je, da se (vsaj pelodonosni) sedimenti končajo navzgor že v prvem würmskem stadialu, kar pomeni, da se je ugrezanje končalo že tedaj. Iz katerega časa pa so poplavne glin, ki prekrivajo šoto, je tudi negotovo, ker so brez peloda.

Na podlagi tega bi lahko Rakovčeva izvajanja (1946) precizirali takole: Ugrezajoča se Horjulska dolina in dvigajoče se obrobje Polhograjskih dolomitov sta povzročala zaustavljanje Šujice v tej dolini. Kdaj naj bi se ta proces začel, ni mogoče ugotoviti, končal pa se je, po analizah sodeč, v začetku würma. Tedaj si je Šujica vrezala odtok skozi prej dvignjeno ozko dolino mimo današnjih Brezij in Dobrove, kajti od tedaj dalje se sedimenti niso več odlagali v omembe vredni debelini, razen če seveda ni Šujica naknadno odplavila morebitnih kasnejših odkladnin; toda če bi bilo tako, bi morali ostati za njimi vsaj sledovi v terasah.

Iz tega bi se dalo vsaj posredno sklepati, da se je vzhodni del, vključno Viške terase, dvignil vsaj v riško-würmskem interglacialu, to se pravi skoro istočasno ali malo pred začetkom grezanja južnega dela Barja. Da bi se bilo to zgodilo pred tem časom, je malo verjetno, saj bi se bil tako mehki material, kot so glin, na Viškem Brdu, v tako dolgem času gotovo odplavil

in teren izravnal do konglomeratne podlage. S tem je podan še en dokaz, da je Viška terasa tektonsko dvignjena in da ni erozijski ostanek sedimentov, ki bi se bili odložili na tej višini. Komaj 1 kilometer južneje so namreč mindelski sedimenti v globini 14—20 m pod sedanjo barsko površino!

Opisani pelodni diagram nam je sicer pripomogel k dataciji pomembnih geoloških dogodkov na stičišču Barja in Polhograjskih dolomitov in s tem prispeval k poznavanju geneze tega ozemlja. Vendar bi bilo treba za popolno razčiščenje problematike začetkov grezanja napraviti še nekaj preiskav v Horjulski dolini in v območju Viške terase.

Literatura

- Andersen Sv. Th., 1961, Vegetation and its Environment in Denmark in the Early Weichselian Glacial. Danm. Geol. Unders. II, 75. Kobenhavn.
- Beg H. J., 1961, Leitfaden der Pollenbestimmung, 1. Lief. Stuttgart.
- Brodar S., 1958, Das Paläolithikum in Jugoslawien. Quartär I. Berlin.
- Brodar S., 1955, Ein Beitrag zum Karstpaläolithikum im Nordwesten Jugoslawiens. Actes IV^{me} Congr. Intern. Quatern. Rome-Pise.
- Erdtman G., 1954, An Introduction to Pollen Analysis. Waltham, Mass, USA.
- Gross H., 1959, Zur Frage der Gliederung und Chronologie der letzten Eiszeit (Würm oder Weichsel) in Mitteleuropa. Forschungen und Fortschritte, 53/11. Berlin.
- Marchesoni V., 1959, Il Cembro l'albero più espressivamente alpino. Natura Alpina, 4. Trento.
- Marchesoni V., 1960, Lineamenti paleobotanici dell'Interglaciale Riss-Würm nella Pianura Padana. Nuovo. Giorn. Bot. Ital., n. s., LXVII. Firenze.
- Paganelli A., 1961, Il graduale impoverimento della flora forestale del Quaternario della Pianura Padana. N. Giorn. Bot. Ital., n. s., LXVIII. Firenze.
- Paganelli A., 1961, Lineamenti paleobotanici del Pleistocene inferiore nel territorio Umbro-Marchigiano. Arch. Bot. Biogeogr. It., XXXVII. Forlì.
- Paganelli A., Solazzi A., 1962, Analisi pollinica sul deposito pleistocenico di Pietrafitta (Umbria). Rendic. Ist. Sci. Univ. Camerino, III/1. Camerino.
- Rakovec J., 1946, Razvoj poročja v Polhograjskih dolomitih. Zbornik Prir. društva 4. Ljubljana.
- Rakovec I., 1955, Zgodovina Ljubljane I. Ljubljana.
- Šercelj A., Grimšičar A., 1960, Iz ledenodobne zgodovine naših gozdov. Zur Geschichte der pleistozänen Wälder in Slowenien. Gozd. vestn. XVIII. Ljubljana.
- Šercelj A., 1961, Razvoj in propad gozda v Dolini Triglavskih jezer. Die Entwicklung und der Rückgang des Waldes im Tale der Triglaver-Seen. Gozdarski vestnik XIX. Ljubljana.
- Šercelj A., 1961, Staropleistocenska vegetacija v Zalogu pri Novem mestu. The Lower Pleistocene Vegetation from Zalog near Novo mesto. Razprave IV. razr. SAZU VI. Ljubljana.
- Šercelj A., Vrtanja na Ljubljanskem barju leta 1959. Paleobotanični del (v tisku).
- Villaret P., M. Villaret — von Rochow, 1958, Das Pollendiagramm eines Waldgrenzmoores in den Waadtländer Alpen. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, H. 55. Zürich.

SUMMARY

The Pollen Analyses of the Pleistocene Sediments from the Horjul Valley

The origin of the Horjul valley has been brought by scholars into connection with the tectonics of the Ljubljana Moor (Rakovec, 1946, 1956). The sediments that had been deposited in this valley may therefore help us in our efforts to solve the problems round the Ljubljana Moor.

As early as in 1895, during drillings that were made at that time in this area, the peat was established among the sediments in the Horjul valley; in the years 1960 and 1961, during the regulation works in the valley, the peat was discovered in several places in a comparatively broad profile. Because of this discovery research was started in the valley by means of hand drilling in order to establish by way of pollen analyses the time of the sinking in of the valley and to find the correlation to the tectonics of the Ljubljana Moor. The approximate position of the drilling hole is $14^{\circ} 19' E$ and $46^{\circ} 1' N$; its altitude above the sea level 332 m.

The profile

- 0 to 150 cm humus, gleyfied clay,
- 150 to 200 cm Gyttja,
- 200 to 300 cm peat with thickly interwoven stalks (*Carex*),
- 300 to 350 cm Gyttja,
- 350 to 550 cm clay without carbonate.

It was impossible to continue our hand drilling to a greater depth because of the hardness of the clay which increasingly grew the deeper we reached. The clay situated deeper than 500 cm does not contain any pollen, nevertheless we can find even here particles of the conveying elements of the fern.

The pollen analyses of the profile of one drilling hole have been made and the results can be seen in the diagram. The latter shows a rather uniform vegetation of a more or less terminocratic type. The following partly climatogenous, partly edaphogenous forest phases can be distinguished in the diagram:

1. *Alnus-Picea*,
2. *Picea-Pinus*,
3. *Alnus-Picea*,
4. *Pinus-Picea*,
5. *Picea-Pinus*.

The Phase *Alnus-Picea*

The lowest spectrum, at a depth of 500 cm, shows an exceptionally rich growth of the *Alnus* (alder tree) which appears together with the *Picea* (spruce), *Pinus* (pine tree), *Salix* (willow), and the *Fagus* (beech tree).

The ferns prevail completely among the NAP with their typical representatives *Artemisia* and *Rubus chamaemorus*.

This phase apparently represents the end of a previous warmer phase.

The Phase *Picea-Pinus*

The *Alnus* retrogrades considerably and is replaced by *Picea* and *Pinus*. An inferior role only is played by *Betula* (birch tree), *Salix*, *Tilia* (linden tree), *Quercus* (oak), *Fagus*, and *Ulmus* (elm tree).

The NAP still consists mainly of ferns, yet the percentage value of the NAP is decreasing which indicates an increasing density of the forest.

The Phase *Alnus-Picea*

The *Alnus* again obtains its leading position reaching occasionally in the diagram up to 60 % while at the same time the pollen value of the *Pinus* decreases strongly. The *Picea* remains a frequently occurring tree while temporarily the *Salix* and the *Betula* even disappear from the diagram. Thus the cryophyllous element shows a general decline while at the same time a progress can be observed of the mesophyllous foliage trees: *Corylus* (hazel tree), *Tilia*, *Quercus*, and particularly *Carpinus* (white beech) (— 10 %) and *Fagus* (12 %). With full right we can place such a development into a somewhat warmer period.

Among the NAP the ferns are again prevailing (*Petridium*, *Athyrium*). The Ericaceae and *Umbelliferae* are frequent. The *Rubus chamaemorus* had also at that time reached its maximum.

The Phase *Pinus-Picea*

Typical of this phase is a renewed progress of the terminocratic elements: the *Pinus*, *Betula*, *Salix*; and the retrogression of the mesophyllous foliage trees.

In the NAP the highest value is now reached by the *Gramineae* (70 %) and by the *Artemisia* as well as by other *Compositae* and *Filipendula*. This justifies us to conclude that during this phase the density of the forest was decreased.

The Phase *Picea-Pinus*

The last phase shows a slight change in its vegetation in the direction to the mesophylly and thus it indicates a slight improvement of the climate which, however, lasted for a brief period only: the renewed increase of the terminocratic elements that can be observed towards the end of the diagram points to a new colder climate.

The diagram here described cannot be compared directly with any other diagram that has been known so far from Slovenia. The greatest similarity may perhaps be found in the diagram from the plateau of the Triglav Lakes (Sercelj, 1961). This shows that the vegetation here described from the Horjul valley had grown under climatic conditions similar to those that existed during the Holocene in the Alps at an altitude from 1700 m upwards. This fact already proves that the vegetation here described cannot go back to anything but to the Pleistocene Age.

Nevertheless this identification of the climatic conditions alone is still too broad a frame and it is therefore necessary to investigate particularly those individual elements of vegetation that may enable us to make a more precise estimation of its age.

The *Pinus* of the type *haploxylon* is certainly the most characteristic element among the vegetation here described during the periods of the most intensive decrease of the temperature. At the first sight its emergence seems to be unusual: the type *haploxylon* is usually considered an archaic, Tertiary type which had disappeared from the western Europe already during the Günz-Mindel Interglacial, and in northern Italy not earlier than during the Mindel-Riss Interglacial (Paganelli, 1961, 1962).

Marchesoni (1959) and Paganelli (cit.) attribute the pollen of the type *haploxylon* to the Balkan pine tree *Pinus peuce*, within the group of the Colchian

vegetation whose area had still reached, according to their opinion, into the northern Italy during the Middle Pleistocene. The *Pinus* of the type *haploxyton* had here appeared always together with the mediocratic flora and in company with other archaic elements as are, e.g., *Carya*, *Pterocarya*, *Juglans*, *Zelkova*, *Sciadopitys*, *Tsuga*, and others.

All these elements, however, cannot be found in our diagram and for this reason we cannot have here the *Pinus peuce*; another reason which disproves its existence in our case is the fact that the type *haploxyton* appears only during the colder phases. We are therefore justified to take into consideration the possibility that our profile could be younger than the Mindel-Riss Interglacial.

As a matter of fact, in Slovenia the pollen of the type *haploxyton* has also been found in the Würmian, late glacial, or even Holocene sediments: in the Pleistocene profile from the drilled hole from the Ljubljana Moor (Serčelj, in print), from Malo polje (Holocene), and in the Triglav mountain region (in study). It thus appears always under extreme climatic conditions. The pollen of the type *haploxyton* has also been found in the Holocene sediments (from the Boreal to the sub-Atlantic) in a moor at a height of 2000 m in the Waadtland Alps near the Lake Geneva by P. and Margita Villaret-von Rochow (1958): they attribute it to the cembra pine-*Pinus cembra*.

In all the cases here quoted we can therefore reliably identify the tree as *Pinus cembra*, and by no means as the *Pinus peuce*.

From Slovenia the macroscopic remains of the *Pinus cembra* have also been known. The charred remains of this pine have been found in the cave Potočka zijalka and the burnt wood of the *Pinus cembra* has even been discovered in the neolithic settlement Kevdrec on the Lubnik Mountain.

Thus during the younger Holocene the area covered with the *Pinus cembra* was in the Alps considerably larger than it is to-day: it can therefore justly be considered as a typical Alpine element (Marchesoni, 1959).

The Chronological Situation of the Profile

In this way the facts here established make possible a considerably younger age of the profile than the age the pollen *haploxyton* would require. Since the vegetation shown in the diagram can neither be of the Holocene nor of an Interglacial type we could place it into a not too cold stage. Yet neither the Göttweiss nor the Paudorfian Interstadial can come into consideration, the vegetation of these periods being partly known from the drilled holes in the Ljubljana Moor.

It is therefore most probable that our profile belongs into the initial stage of the Würm glaciation (W I) which was the least „glacial“ period and which shows a few slight warmer oscillations (Gross, 1959). Our profile could even be a continuation of the IIIrd horizon from the cave Betalov spodmol (Brodar, 1955). In the latter the mesophyllous flora continues only to be partly represented: the *Populus*, *Tilia*, *Quercus*, *Carpinus*, *Ulnus*, as well as the *Picea* and *Pinus*; yet the fauna is distinctly Alpine. The author therefore particularly emphasises the first indications of an approaching colder period.

A considerable similarity of vegetation can be found in the diagram by Andersen (1961) for the initial stages of the last glaciation (h—W₁—W₂ of Andersen's phases). Quite naturally this is only a similarity in the phases of the vegetation: in the same work its author himself emphasises that the changes of

vegetation do not take place immediately after the changes of the climate had taken place and that for this reason the same types of vegetation must not necessarily be synchronous. We can therefore consider the vegetation which is placed by Andersen into the horizon h (the end of the Eemian Interglacial) to be in our country considerably younger. This supposition is well confirmed by the conditions observed in the IIIrd horizon from the cave Betalov spodmol where the mesophyllous flora still continues to appear together with the Alpine fauna.

An attempted correlation has been made with the sediments and geologic changes that had taken place in the neighbouring Ljubljana Moor area. The sediments described in the present article from the Horjul valley could be compared with the strata that appear at a depth from 80—105 m in the drilled hole in the Ljubljana Moor bored near the village of Notranje gorice (Šerceelj, in print).

It is believed that the rising of the Vič terrace which goes back to the Mindel stage, had taken place a little earlier, i. e., during the R/W Interglacial. The rising of the area east from here had namely caused the deposition of the sediments here investigated whose pollen content has now given us an approximate picture of the vegetation that had existed in Slovenia during the oldest part of the Würm.