

GEOLOGIJA

GEOLOGICAL
TRANSACTIONS
AND REPORTS

RAZPRAVE IN POROČILA

Ljubljana • Letnik 1965 • 8. knjiga • Volume 8.

PALEOBOTANIČNE RAZISKAVE IN ZGODOVINA LJUBLJANSKEGA BARJA

Alojz Šercelj

Z 1 sliko v prilogi

Kratka vsebina. Skoro vsi sedimenti v profilu vrtine BV-1 med Notranjimi Goricami in Podpečjo od 105 do 80 m so bili brez peloda. Od globine 80 m navzgor pa je pelod v pretežni večini plasti. Iz diagrama moremo razbrati, da so se sterilne plasti na dnu odlagale v času prvih sunkov würmske poledenitve (W I). Sledi göttweiški interstadial, nato W II, paudorfski interstadial, glavna würmska poledenitev (W III), kasni glacial in pretežni del holocena. Te ugotovitve kažejo na izredno hitrost ugrezanja barjanskega dna (100 m v skoro 50 000 letih) in s tem torej na izdatno neotektoniko, ki nam pojasni izredno seizmično ogroženost ljubljanskega prostora.

Uvod

Sedimenti Ljubljanskega barja so že desetletja zanimali ne le domače, ampak tudi tuje evropske znanstvenike, zakaj območje jugovzhodnih Alp ni le ključ za reševanje lokalnih geoloških in paleoflorističnih problemov, ki zadevajo pleistocen, temveč bo tudi našim severnejšim sosedom pojasnilo marsikatero nerešeno vprašanje.

Geologi pričakujejo, da bodo sedimenti, ki sicer izvirajo iz neposredne bližine alpskih ledenikov, toda z ozemlja, ki ni bilo nikdar pod ledom, in je bilo torej vedno pokrito s takšno ali drugačno vegetacijo, dali natančen pregled o razvoju pleistocena.

Tudi evropski botaniki upajo, da bodo v globinah Ljubljanskega barja našli potrditev domnev, da je bil ljubljanski prostor ledenodobni refugium srednjeevropskih flornih skupin.

V zadnjih letih se je raziskovalno delo paleofloristov in gozdarjev koncentriralo okrog zgodovine bukve, najvažnejšega in najimpulzivnejšega tvorca naših gozdov. Mnogostranska problematika razvoja bukovih ras in njihovih naselitvenih arealov je v glavnem še nerešena in bodo ravno ti podatki imeli odločilno veljavo pri odgovorih na to vprašanje.

Iz vsega tega pa bo naša glavna gospodarska dejavnost — gozdarstvo — dobila marsikatero koristno pobudo za nego in vzgojo gozdov.

Metodika dela

Glede na zelo različno sestavo vzorcev je bilo treba prilagoditi ves preparacijski postopek posameznim vzorcem.

Karbonate je bilo najlažje odstraniti s topljenjem v 10-odstotni solni kislini.

Silikate in kremen smo izločili s kuhanjem v koncentrirani fluoro-vodikovi kislini.

V primerih, ko je bil vzorec peščen ali je vseboval preveč kalcijevih silikatov, je bila potrebna flotacija (včasih tudi naknadna po končanem obravnavanju s HF). Le v nekaterih primerih smo to napravili z bromoformom; povečini pa je bila enako učinkovita flotacija s cinkovim kloridom, ki ima sicer to slabo lastnost, da je močno viskozen in se material v nasičeni raztopini le nerad razpusti.

S takim, sicer precej zamudnim postopkom se ločita organski in anorganski material. Organski se pri centrifugiranju dvigne na površino tekočine, ves anorganski del pa se vsede na dno epruvete.

Amorfni organski detritus, ki včasih precej moti pri mikroskopski preiskavi, smo raztapljali po Erdtmanovem postopku acetolize.

Za razbarvanje in nabrekanje vzorcev smo v vseh primerih uporabili postopek KOH po v. Postu.

Profil in njegove značilnosti

Geološki profil vrtine kaže, da so usedline zanesljivo jezerske le v bližini površja, do globine 13 m, in na nekaj mestih v globini med 50 in 80 m. Pesek, mivka in mestoma celo nezaobljen prod pa so prinesle tekoče, celo hitro tekoče vode.

Ze samo te ugotovitve so bistveno spremenile našo dosedanje predstavo o geološki preteklosti Ljubljanskega barja. Vidimo namreč, da je bilo tu pravo jezero le v mlajšem času (holocenu). V pleistocenskih hladnih dobah je bilo grezanje sicer najmočnejše, toda kompenzirala ga je močna akumulacija. Pasoviti peščeni vložki v profilu vrtine pa kažejo, da je bil ta del Barja nekajkrat jezero, povečini pa zamočvirjeno ali občasno preplavljeno polje, podobno kot današnje Cerkniško jezero.

Te ugotovitve so obetale kaj slabe rezultate pelodnih analiz, saj se pelod navadno ohrani le v jezerskih usedlinah. Toda zaradi naglega grezanja sedimenti niso bili dalj časa izpostavljeni preperevanju; zato se je pelod le ohranil v večini plasti, odpornejši celo v takih, kjer ga skoro ne bi mogli pričakovati. Gotovo pa je, da so bila nežnejša in občutljivejša pelodna zrnca zaradi delovanja oksidacijskih procesov v nekaterih plasteh uničena, kar moramo upoštevati pri interpretaciji diagrama.

Debelo zrnatih peskov in mivk seveda nismo analizirali, delno zato, ker je bilo v takem materialu komaj kaj pričakovati, največ pa zato, ker se je pri izvlačenju vrtalne cevi sipki material premešal.

Najbolj problematična je trda, zeleno siva, marmorirana glina (gley), ki vsebuje mestoma tudi zelo preperele koščke lesa, kar je jasen dokaz sočasne vegetacije. Toda pri pelodnih analizah se je ta glina pokazala kot

najsterilnejša; v njej povečini nismo našli niti zrnca peloda. Po videzu in po do sedaj splošno veljavnem mnenju naj bi bila ravno ta glina tipična jezerska usedlina. S podobnimi sterilnimi plastmi smo se že srečali pri proučevanju glin iz opekarne Lokarji pri Vodicah (D r o b n e, P a v l o v e c, Š e r c e l j, 1960).

Diagram

V diagramu so pravzaprav združeni trije delni diagrami. V prvem so prikazane vrednosti drevesnih pelodov (AP = arborum pollen); njihov seštevek je vzet kot celota (100 %). Iz drugega vidimo odstotno razmerje med drevesnim in nedrevesnim (NAP = non arborum pollen) pelodom; tu pa smo vzeli kot celoto seštevek obojih (AP + NAP = 100 %). Tretji nam predstavlja vrednosti NAP; to je celokupno število nedrevesnega peloda, vzeto kot celota (100 %).

Odstotne vrednosti iste rastlinske vrste zaporednih spektrov so zvezane s črto, mesta pa, kjer je bil pelod uničen ali material ni bil primeren za analizo, toda bi po vseh okoliščinah sodeč moral vsebovati pelod, so zvezana s prekinjeno črto; ploskve pod njo pa niso črtkane. Tako se jasno ločijo »rekonstruirane«, oziroma domnevane vrednosti od dejansko ugotovljenega stanja.

Disjunktne silhuetne diagrami smo uporabili zato, ker je najpreglednejši in ga je najlažje brati, saj moremo na njem za vsako rastlinsko vrsto posebej zasledovati potek njenega napredovanja in upadanja.

Navadno se diagram opisuje od spodaj navzgor, kar je seveda popolnoma normalno, kajti zgornja, mlajša vegetacija, je vedno le rezultanta vseh prejšnjih oblik vegetacije.

Diagram nam torej v enem pogledu prikazuje veliko število zaporednih faz (spektrov) iz preteklosti, ki izvirajo druga iz druge. Iz takih sprememb moremo razbrati splošne razvojne zakonitosti in tendence ter jih aplicirati tudi za prihodnost ter tako pospeševalno ali zaviralno vplivati na razvoj.

Razčlenitev diagrama

Diagram obsega več različnih časovnih period. Zato je primerno, da že predhodno podamo njegovo okvirno razčlenitev, ki jo bomo pri opisovanju posameznih faz skušali utemeljiti. Pri razčlenitvi se opiramo na sedaj splošno priznano kronološko razdelitev würmske poledenitve, s katero se naš diagram zelo lepo ujema:

- G Holocen
- F Kasni glacial
- E Glavna würmska poledenitev (W III)
- D Interstadial (W II/W III)
- C Krajša poledenitev (W II)
- B Veliki interstadial (W I/W II)
- A Začetna würmska poledenitev (W I)

A Glacial (W I)

Na skalni podlagi v globini 105 m imamo v vrtini razmeroma debel, skoro nezaobljen dolomitni pesek in prod, ki ga je nanesa voda iz neposredne bližine, z dolomitnega osamelca severno od tod. Od 100 do 80 metrov pa se menjavajo finejši pesek, mivka ter drobno in debelo zrnat karbonatni pesek. Posebno značilen je debelejši in nezaobljen dolomitni prodec, ki je v dobah hitrejšega ugrezanja vsakokrat naglo zapolnil nastalo udorino.

Tak material je že sam po sebi neprikladen za ohranitev peloda. Ker pa se je sedimentiral v času, ko je bila vegetacija siromašna, je toliko bolj razumljivo, da v sedimentih od dna pa vse do globine 84 m ni peloda. Šele tu se pojavijo pelodna zrnca borovca (*Pinus*) in smreke (*Picea*), kar pomeni razmeroma hladno podnebje.

Iz tega smemo sklepati, da spada ta spekter v neko ledeno dobo, zelo verjetno v konec prve würmske poledenitve (W I); še posebno smo upravičeni postaviti to domnevo, če pogledamo naslednji odsek diagrama (B), v katerem nastopi toplodobna vegetacija.

B Interstadial (W I/II)

Ta doba je čas splošne otoplitve ter začasnega, ne ravno kratkotrajnega umika ledenikov. Zato se je v vseh evropskih pokrajinah zopet naselila mezofilna listavska vegetacija.

Isto vidimo tudi iz našega diagrama, saj je težišče vegetacije na krivuljah listavcev, borova krivulja pa močno upade. Znatna nihanja borove krivulje in večkratne prekinitev krivulj listavcev bi mogli le v manjši meri pripisovati klimatskim nihanjem. Vzroke za ta pojav bomo morali iskati drugje. Zdi se, da smemo domnevati za globino 55 do 77 m razmeroma nizke pelodne vrednosti borovca, nekako od 20 do 30 %; to je namreč povprečje za srednjeevropske diagrame iz tega interstadiala.

Na nekaterih horizontih, ki sicer vsebujejo pelod, toda kažejo jasne sledove preperevanja (fosilni humus), pelodne slike nikakor ne moremo imeti za normalno. V času, ko so bile te plasti rodovitna tla, je bilo namreč preperevanje selektivno. To pomeni, da je mnogo bolj prizadelo pelod listavcev, posebno pelod gabra, jesena, javora in drugih, medtem ko se je odpornejši pelod borovca, smreke in jelke dosti bolje ohranil. Le na ta način si moremo razlagati skoro stoodstotne vrednosti borovega peloda, ki jih sredi tople periode razberemo na nekaterih nivojih diagrama. V takih primerih moramo seveda upoštevati sosednje spektre, v katerih se je pelod normalno ohranil, in po njih rekonstruirati dejansko stanje.

Na globini 78 m začne upadati borova krivulja ter znatno naraščati pelodna vrednost jelke, delno smreke in breze, kar moremo imeti za prve znake začetka tople dobe. Takoj za omenjenimi drevesnimi vrstami se že prvič pojavita tudi hrast (*Quercus*) in gaber (*Carpinus*) in za njima še drugi predstavniki mezofilne gozdne vegetacije. In res že na prvi pogled vidimo, da je ta del diagrama floristično mnogo pestrejši in bolj razgiban, kar je pač v zvezi z znatno toplejšim podnebjem.

Kot smo že omenili, kaže borova krivulja malo nenavadna nihanja, saj kar skokoma narašča in upada. Vendar lahko po določenih znakih sklepamo, da bi morala biti pri normalnih pogojih sedimentacije precej nizka, z malo večjim dvigom na globini med 61 do 57 metrov. V tem delu namreč opažamo splošni upad listavske vegetacije.

Smreka (*Picea*), ki je že v začetku te periode dosegla znatne vrednosti, je posebno v prvem delu tople dobe močno nazadovala, kar je vidno iz njene prekinjene krivulje. Šele proti koncu interstadiala so postale življenjske razmere za smreko spet ugodnejše.

Jelka (*Abies*) se je pojavila znatno kasneje, istočasno z drugimi mezofilnimi elementi, in je posebno v začetku ter proti koncu te dobe dosegla znatne vrednosti, 20 do 30 %. Tudi njena krivulja je prekinjena, toda verjetno ne iz klimatskih vzrokov. O kakršnikoli povezanosti z bukvi jo tu ne bi mogli govoriti, saj potekata liniji bukve in jelke popolnoma ločeno. Tako torej o združbi *Abieti-Fagetum*, ki je v današnjem času tako pomembna, tedaj še ni sledu.

Bukev (*Fagus*) pa je dosegla le manjšo razprostranjenost in še to za razmeroma malo časa. Videti je torej, da ni imela še niti malo današnje impulzivnosti in konkurenčne moči.

Macesen (*Larix*) je zastopan vseskozi le sporadično in z neznatnimi vrednostmi, le v prehodnih dobah nekoliko močneje, toda nikoli v izrazitih glacialih.

Breza (*Betula*) ni dosegla omembe vredne razširjenosti niti v tej topli fazi niti pred njo ali po njej. Ker je pelod breze precej odporen, smemo njeno sliko, ki jo kaže diagram, imeti za normalno.

Zelo močan dvig pelodne vrednosti breze opazimo šele v drugem delu tople dobe, kar pa nikakor ne moremo imeti izključno za znak klimatskega poslabšanja, ampak je morda tudi posledica porasta barja ali neke prehodne erozije, možno tudi požara, zaradi česar se je mogla breza, kot pionir gozdnih tal, razbohotiti na razgaljenih terenih.

Tudi jelši (*Alnus*) ni posebno ugajala ta doba, iz česar lahko sklepamo, da je bila razmeroma suha.

Leska (*Corylus*) je glede na njeno produkcijo peloda naravnost minimalno zastopana.

Brest (*Ulmus*) in lipa (*Tilia*) prav tako nista prišla do veljave in sta le v najugodnejšem času dosegla nekoliko večjo razširjenost. Ker je tudi njun pelod dokaj odporen, je njuna vrednost realna in so kakršnekoli spekulativne rekonstrukcije odveč.

Zelo značilna pa je podobnost in vzporednost krivulj hrasta (*Quercus*) in gabra (*Carpinus*). Njuni skoro neprekinjeni krivulji dosežeta zelo visoke vrednosti. Iz tega sklepamo, da sta v zadnji pleistocenski otoplitvi oba našla zelo ugodne življenjske pogoje, vsekakor mnogo ugodnejše kot v današnji dobi.

Gaber je torej starejši in morda že nazadujoči florni element; danes je v resnici mnogo manj vitalen kot mlada in prekipevala bukev.

Nekateri raziskovalci govorijo o pleistocenski združbi *Quercetum mixtum*, to je združbi hrasta, bresta in lipe, kakršno naj bi tvorila ta drevesa tudi v začetku holocena. V našem primeru vidimo, da se te linije

ne pokrivajo v celoti (tudi v holocenu so zaporedne); posebno lipa predstavlja tako neznatne vrednosti, da se zdi ta, tudi sicer umetno skonstruirana združba, v našem primeru skoro neverjetna.

Mnogo bolj harmonični sta tu liniji gabra in hrasta. Ti dve vrsti se tudi edafsko ujemata. Zato bi mogli bolj upravičeno imenovati v vsakem primeru hipotetično združbo *Quercus-Carpinetum*, podobno današnjim združbam *Quercus-Carpinetum*. Podobne vegetacijske združbe v pleistocenu predvideva tudi Horvat (1959).

Nikakor pa ne smemo prezreti kolone ob skrajnem desnem robu diagrama AP, kamor smo vnesli drevesne vrste, ki se pojavljajo le sporiadično in še to le z redkimi pelodi. Včasih so prav take drevesne vrste zelo pomembne za interpretacijo vegetacijske slike.

Tisi (*Taxus*) in brinju (*Juniperus*) ne bomo pripisovali posebne važnosti. Pač pa zasluži največjo pozornost pelod rodov *Carya*, *Tsuga* in *Vitis silvestris*. Na spodnjem horizontu je *Carya* zanesljivo določena po značilnih in zelo dobro vidnih znakih, v zgornjem pa bi mogla biti zrnca zamenjana z deformiranimi ali kako drugače spremenjenimi pelodnimi zrnici gabra.

Tsuga in *Carya* sta značilni rastlini prehodnega obdobja iz terciara v kvartar, ki sta po Gamsu (1935) izumrli v Evropi že pred riško ali vsaj v času riške poledenitve. Kompleksne gozdne združbe pa sta tvorili le v tegelenskem interglacialu, to je na prehodu iz pliocena v pleistocen.

Za naše ozemlje je dokazano, da je imela *Carya* še v günškomindelem interglacialu enako vlogo v gozdni vegetaciji kot jo ima danes bukev (Šercelj, 1961). Še celo v mindelskem interstadialu je bila *Tsuga* pri nas vodilni iglavec (Šercelj, Grimšičar, 1960).

Zeliščni del diagrama (NAP) kaže na začetku in na koncu interstadiala višje vrednosti pelodov tipa *Artemisia* in praproti.

Značilno je, da se ob koncu toplega obdobja pojavi najprej *Ephedra*, sicer zelo redka, toda značilna rastlinica preglacialnih ali kasnoglacialnih obdobj, kmalu za njo pa še *Selaginella*, ki nakazuje dejanski začetek naslednje glaciacije.

C Glacial (W II)

Že na globini 54 m upade vsa mezofilna listavska vegetacija: brest, gaber, leska, jelša in hrast, bukev in lipa pa že davno prej. Namesto teh se močno uveljavi bor in se njegova krivulja spet povzpne na visoke vrednosti. Tudi med NAP so poleg značilnih indikatorjev ledenodobnih razmer, kot so *Selaginella* in *Ephedra*, znanilke ohlajajočega se podnebja *Artemisia*, *Chenopodiaceae*, *Gramineae* ter *Myrica*. Njihove krivulje se namreč ravno v tem času močneje dvignejo.

Toda to naj bi bil le začetek druge würmske poledenitve, o njenem poteku pa nimamo podatkov, ker se žal v sedimentih iz te dobe pelod ni ohranil. Zato seveda ne izvemo iz diagrama prav ničesar o klimatskih razmerah te kratkotrajne poledenitve.

D Interstadial (W II/III)

Med sterilne peščene plasti se v globini med 44 in 42 m vključuje plast, ki vsebuje precej močno preperelih organskih snovi. Zdi se, da gre tu za močvirske sedimente, ki pa so bili že podvrženi pedogenetskimi procesom. Pelod je sicer tudi tu slabo ohranjen, vendar nam je omogočil rekonstrukcijo precej značilne vegetacijske slike.

Rastlinstvo te, razmeroma najkrajše tople periode, nikakor ni bilo »ledenodobno«, saj se je tedaj poleg bora in breze, smreke in jelke pojavila še vrsta mezofilnih listavcev: jelša, hrast, lipa, gaber, jesen, javor in celo bukev.

Zeliščno vegetacijo pa v glavnem zastopajo trave (*Gramineae*), košarice (*Compositae*), lobodike (*Chenopodiaceae*), klinčnice (*Caryophyllaceae*), kobuljnice (*Umbelliferae*), praprotnice in celo trpotec (*Plantago*).

Toda to je le rudimentna slika vegetacije krajšega obdobja, kajti zaradi sterilnosti sosednjih plasti ne moremo ugotoviti, ali je bila vegetacija prej in pozneje še bohotnejša in pestrejša.

E Glacial (W III)

Kdaj se je končal interstadial in kdaj je nastopila ponovna poledenitev, iz diagrama ne moremo videti. Spet je namreč prekinjen zaradi sterilnih plasti.

Ko pa se na globini 38 m le pojavi vegetacija, je ta popolnoma hladnodobna: bor (*Pinus*) in vrba (*Salix*). Tema dvema se kasneje pridruži še breza, ki doseže vrednosti nad 20 %, kar so obenem tudi najvišje vrednosti, ki jih je breza sploh dosegla. Macesen se vseskozi pojavlja le sporadično. Najkasneje pa vstopi v diagram jelša, sprva najbrž *Alnus viridis*.

Vsa drevesna vegetacija, ki jo kaže diagram od globine 38 do 18 m, je izrazito hladnodobna, po čemer lahko sklepamo na mrzlo podnebje, na glacial.

Še bolj prepričljivo dokazujejo glacialno obdobje nekateri predstavniki zeliščne vegetacije. *Selaginella selaginoides* se takoj v začetku te periode pojavi z visokimi vrednostmi in se neprekinjeno obdrži vse do kasnega glaciala. Tudi bližino gozdne meje nakazuje *Selaginella*, kar se popolnoma ujema s splošnim mnenjem, da je bila v Alpah v zadnji poledenitveni dobi gozdna meja za vsaj 1200 m nižje, kot je danes.

Ephedra, ki se natančno v istem času kot *Selaginella* pojavlja sicer le sporadično, je še značilnejši element pokrajin s pionirskimi hladnodobnimi gozdiči. Beug (1957) označuje efedro kot sicer redkega, toda zelo značilnega predstavnika kasnoglacialne vegetacije v Nemškem sredogorju na višinah od 600 do 800 m. Glede na zemljepisni položaj in nadmorsko višino se zdi, da bi lahko vzporejali tamkajšnje kasnoglacialne razmere z razmerami v pleniglacialu W III pri nas. To mnenje potrjuje tudi precejšnja sorodnost naše vegetacije iz viška poledenitve s tamkajšnjo kasnoglacialno.

Vidimo torej, da so v času, ko so srednjo Evropo, kolikor je ni bilo pod ledom, pokrivala brezgozdne tundre, jugovzhodno obrobje Alp pa so poraščali borovi in brezovi gozdiči.

Diagram kaže še neko drugo značilnost. Znano je, da dosega vrednosti NAP tako v času tunder kot v času brezovih in borovih gozdičev v srednjeevropskih diagramih večstokratne vrednosti AP. Take vegetacijske razmere so značilne za tundro ali grmovnato tundro. V vseh naših diagramih, in tudi v tem, pa dosega NAP v najhladnejših periodah komaj 40 % celotne pelodne vrednosti. To se pravi, da ne doseže v razmerju do AP niti 100 %. V tem primeru torej ne moremo govoriti o tundri, kvečjemu o »gozdni tundri« (Büdel, 1951; Frenzel, 1960), najverjetneje pa bi to bila tajgi podobna gozdna formacija, kajti ravno za tajgo je značilna tako skromna zeliščna vegetacija.

Kasni glacial in holocen

Kot začetek holocena velja dogovorno čas bipartitije skandinavskega ledenika, ki je obenem tudi doba trajnejšega izboljšanja klimatskih razmer. Zato bomo morali ločiti vegetacijski periodi (F, G), ki ju kaže diagram v zgornjem delu, na hladnodobno — kasnoglacialno ter toplodobno — holocensko.

F Kasni glacial

Začetek obdobja, ki ga dobro poznamo iz srednje in severne Evrope, in ki je vsaj sprva čas brezdrevesnih tunder, bi mogli na našem diagramu postaviti v globino 17 do 18 m. Tu namreč opazimo bistveno spremembo v sedimentaciji, pa tudi vegetacija nam nakazuje začetek nove dobe.

To je sicer še vedno čas brezovih in borovih gozdov, toda že opažamo nekaj bistveno novega: spet se začenja pojavljati toplodobna listavska vegetacija, ki smo jo že dvakrat prej zasledili v interstadialnih obdobjih.

Tedanje borove gozdove sta v glavnem sestavljala dva borovca: Slabše in v ledenih dobah erodirane površine je poraščal rdeči bor (*Pinus silvestris*), morebitna barja tudi planinski bor (*Pinus mugo*), globlja in boljša tla pa je verjetno zasedel cemprin (*Pinus cembra*). Tak sklep nam dovoljuje diagram, saj dosega pelod navadnega borovca in cemprina zelo visoke vrednosti. Neomejeno gospodstvo bora je trajalo z manjšima presledkoma ves čas do konca te dobe, to je do začetka holocena.

Vodilni gozdni združbi borovcev se je kmalu pridružila tudi smreka, z borom pa sta si že prej delili prostor tudi breza in vrba. Njihov pelod namreč doseže prav v tem času razmeroma visok odstotni delež.

Vrba je poraščala obvodne, močvirne predele, breza pa je gotovo našla dovolj razgaljenih in erodiranih zemljišč. Tudi jelša se je že močno vrasla v to vegetacijo in moramo dopuščati poleg grmičaste zelene jelše (*Alnus viridis*) tudi že drevesnate vrste (*Alnus incana* in *A. glutinosa*).

Značilni grm hladnih severnih barij, na katerih še danes dobro uspeva, je *Myrica*. Njen pelod dobimo pri nas skoro v vseh sedimentih iz kasnega glaciala, toda danes je v naših krajih ni več.

Že v začetku te dobe se le prehodno pojavijo v diagramu tudi leska, brest, hrast, lipa ter celo bukev in gaber. Res sicer nobeno od teh dreves ne dosega visokih pelodnih vrednosti, niti ni nobeno uspevalo dolgo časa, vendar že njihova prisotnost zanesljivo dokazuje začasno izboljšanje podnebja.

Toda kmalu spet prevlada bor in doseže skoro 100-odstotne pelodne vrednosti, kar je znak, da so listavci ponovno izginili od tod.

Vendar je ta popolna borova dominacija trajala le malo časa, kajti znova in še v večjem obsegu so se spet pojavile prejšnje mezofilne vrste. Leska in brest sta dosegla že precejšnje vrednosti in še višje hrast.

Ob ponovnem, toda mnogo šibkejšem in zadnjem vzponu borovca in breze so bili mezofilni listavci v svoji ekspanziji sicer nekoliko ovirani ali so celo nazadovali, toda ne za dolgo.

Kmalu so spet nezadržno prevladali listavski gozdovi, sedaj predvsem bukev, bor pa je bil že v začetku tople holocenske dobe popolnoma izrinjen.

Taka slika je za ocenjevanje podnebnih razmer zelo pomembna. Vidimo, da je bilo podnebje vse prej kot subarktično, in da so bile otoplitve, toda tudi ohladike, precej močne.

Toplotna nihanja se tudi zelo lepo odražajo iz diagrama zelišč (NAP). Za viške poledenitvenih period tako značilna *Selaginella* prav lepo sledi obema viškoma borovca tudi v tem času in tudi vmesno toplo obdobje razločno registrira s tem, da njena vrednost močno upade.

Take vegetacijske spremembe: pojavljanje in izginjanje listavcev, so gotovo posledica klimatskih in ne edafskih sprememb.

Po vsem tem se zdi upravičena domneva, da sta zadnja dva viška borove krivulje odsev kasnoglacialnih hladnih sunkov, mlajšega in starejšega drias. Prvi toplodobni listavci pa naj bi se pojavili v ustreznih interstadialih, ki bi ju mogli vzporejati z böllinškim oziroma allerödskim interstadialom.

G Holocen

Na Ljubljanskem barju imamo precej zanesljivo časovno merilo za določanje meje med pleistocenom in holocenom. To je začetek sedimentacije jezerske krede. V vseh vrtnah na Barju je namreč mogoče opaziti jasno mejo med finimi glinastimi sedimenti kasnoglacialnega obdobja ter začetkom usedanja krede, ko se je voda začela ogrevati in se je zavaljo tega izločal iz prenasočene raztopine kalcijev karbonat. Pa tudi bujno se razvijajoče rastlinstvo, posebno alge, je odvezemalo vodi ogljikovo kislino ter s tem učinek kemičnega procesa usedanja karbonatov znatno povečalo še z biološkim delovanjem.

Tudi pelodna vsebina gline kaže na vegetacijo hladnega obdobja, v kredi pa že takoj v začetku prevlada toplodobna vegetacija. Tako se torej klimatološki podatki vegetacijske slike, ki je v tem pogledu gotovo odločujoča, in sedimentacijske razmere popolnoma ujemajo.

Ce bi kdo pričakoval podoben začetek in razvoj holocenske vegetacije, kot ga poznamo iz srednjeevropskih diagramov, bi zaman iskal v intervalu

med borovo-brezovo in bukovo fazo še fazo leskovih in fazo mešanih hrastovih gozdov.

Diagram jasno kaže, da med obema glavnima fazama ni bil mogoč razvoj teh dveh, drugod sicer tako izrazitih gozdnih faz. Leska, ki je nastopila že v kasnem glacialu, pa se nato zaradi ponovne ohlavitve spet umaknila, je dosegla v prehodnem času komaj 40 %.

V isto kratko periodo, še nekoliko pred lesko, se stiska tudi QM, ki se je prav tako pojavil že davno prej. V tej formaciji je brest prednjačil po času in razširjenosti, pa tudi lipa je že tedaj ob sicer navidezno nizkih vrednostih dosegla višek; pri lipi je namreč treba upoštevati njeno majhno pelodno produkcijo. Hrast je sicer tudi nastopil že v kasnem glacialu, toda maksimuma še niti v tej fazi ni dosegel, kajti povsod se vidi, da je sprva zastajal za obema partnerjema, predvsem za brestom.

Smreka, ki je že prej dosegla nekoliko večje pelodne vrednosti, je prav v tem prehodnem času znatno upadla.

V zelo močnem upadanju so tudi trije predstavniki kriofilne vegetacije: bor, breza in vrba. Bor je doslej popolnoma dominiral, sedaj pa je najmočnejše upadel, saj je od skoro stoo odstotnih vrednosti, ki jih je dosegel še v kasnem glacialu, padla njegova pelodna vrednost pod 10 %. Tudi breza je z že sicer nizkih vrednosti padla na le nekaj odstotkov, vrba pa je skoro popolnoma izginila.

Iz teh nasprotujočih si razvojnih tendenc — naglega in dokončnega upada vseh kriofilnih elementov, ob istočasnem močnem uveljavljanju mezofilnega in termofilnega rastlinstva — je dopusten nedvomen sklep: to je prehodni čas iz hladne v toplo dobo, prehod iz pleistocena v holocen.

Pojavlja se sicer ugovor, da je v vseh srednjeevropskih diagramih meja med kasnim glacialom in postglacialom po eni strani ter upad borovih in brezovih gozdov po drugi strani časovno premaknjena, da so se namreč borovi gozdovi tamkaj v preborealu šele začeli razvijati in so v borealu dosegli višek. Toda pozabiti ne smemo, da so tamkajšnje pokrajine pokrivalo tundre še v mlajšem driasu, in so jih šele v preborealu poselile združbe borovca in breze.

Drevesne vrste, ki so se bile v glacialu umaknile daleč proti evropskemu jugu, se gotovo niso mogle takoj vrniti v še nedavno zaledenele severnejše pokrajine, čeprav so se tudi tam klimatski pogoji že izboljšali. Tjakaj se je torej moralo vse rastlinstvo priseljevati z juga šele postopoma, ena rastlinska vrsta za drugo (prim. Firbas, 1923, Bertsch, 1940, Zeuner, 1952), medtem pa sta breza in bor opravila svojo pionirsko nalogo.

Naše ozemlje pa so skozi ves glacial poraščali borovi gozdovi in je bila zato možna takojšnja naselitev listavskih gozdov, kakor hitro so iz refugijev v neposredni bližini prišli prvi semenjaki in so izboljšane klimatske razmere dovoljevale razvoj mezofilnega gozda.

Posamezne razvojne stopnje vegetacije se navadno označujejo po vodilni floristični skupini. Vsi evropski diagrami kažejo, da so se gozdne faze razvijale v razmeroma dolgih časovnih zaporedjih in so res tipično razvite (Bertsch, 1943, Firbas, 1949).

Kot smo že omenili, sta se pri nas dve značilni srednjeevropski gozdni fazi, leskova in QM, komaj za kratek čas vrinili med kasnoglacialno borovo in holocensko bukovo fazo. Glede na dejstvo, da nam ne le ta, ampak tudi vsi drugi diagrami z našega ozemlja prepričljivo dokazujejo popolno dominacijo od konca borove faze skozi vse časovne periode, lahko po vsej pravici označimo ta čas kot bukovo fazo.

Res je sicer, da se ta oznaka postavlja prvič za tako zgodnja obdobja; doslej res še ni noben diagram kazal tako ranega in tako bohotnega nastopa buke. Kot je v prejšnji dobi borovec ves čas obvladoval gozdno vegetacijo, tako je sedaj postala bukev neomejeni gospodar gozdov, in to neprekinjeno od boreala do subatlantika. Edini enakopravni partner, ki se je z njo celo povezal v gozdno združbo *Abieti-Fagetum*, in je tudi v atlantiku znatno napredoval, je bila jelka.

Vse druge tvorce naših gozdov je bukev izrinila že kmalu v začetku holocena in so se verjetno morali umakniti na položaje in kraje, ki za bukev niso bili prikladni, kamor torej konkurenčna moč buke ni segla.

Od vseh drevesnih krivulj sta gotovo najznačilnejši borova in bukova; borova zaradi nenadnega in močnega padca, bukova pa ravno obratno — zaradi naglega dviga.

Bor je doslej ostal na vrednostih 5 do 10 % skozi ves postglacial, znak, da se je komaj še kje našel zanj kak prostor. Šele tik pod vrhom diagrama, to je v času, ko se že začenja čutiti človekov vpliv, se začne borova krivulja spet dvigati. Toda ta dvig nima nič skupnega s klimatskimi spremembami, ki naj bi bile nastopile v subatlantiku. Človek je namreč s požigalništvom začel uničevati prav klimaksne gozdove na najboljših tleh in s tem ustvarjal pogoje za ponovno naseljevanje gozdnih pionirjev: breze in bora. Tu je torej treba iskati vzroke dviga borove (in brezove) krivulje na vrhu diagrama, in je to le odsev porasta edafo-genih, ne pa klimatogenih brezovih in borovih gozdov.

Tudi smreki, ki se je pojavila že v začetku kasnega glaciala, so, kot je videti, najbolj ugajale klimatske razmere ob koncu pleistocena in v začetku holocena. V času bukove dominacije pa se ni mogla več obdržati na enakih pozicijah in zato ostaja njena krivulja ves čas na vrednosti pod 10 %. Verjetno pa so nizke vrednosti smrekovega peloda tudi v zvezi z njeno ekološko karakteristiko, saj jo Firbas (1949) označuje kot borealno-kontinentalno-montano drevo. Zato seveda neposredna okolica jezera, ki je kot velik toplotni rezervoar gotovo ustvarjalo ravno nasprotno mikroklimatske razmere, ni bila zanj ugodna.

Breza je dosegla prav v kasnem glacialu največjo razširjenost, toda jo je toplodobna holocenska vegetacija takoj izrinila in se v diagramu pojavlja skozi ves holocen le še sporadično. Vzrok tolikšnega nazadovanja je prav gotovo njena heliofilnost ter majhna konkurenčna sposobnost, enako kot pri boru.

Proti vrhu diagrama pa se njena krivulja spet pojavi v strnjeni in dvigajoči se liniji, kar smemo imeti za znak, da je dobila malo več možnosti za razširjenje. Delno je to bil začetek rasti barja, kjer naj bi se bila naselila *Betula pubescens*, delno pa so naselitev breze omogočile iz raznih vzrokov razgaljene gozdne površine.

Jelša, ki je bila tu že v kasnem glaciale, je bila najbrž sprva zastopana v glavnem po vrstah *Alnus vidiris* in *A. incana*, v holocenu pa je verjetno prevladala *A. glutinosa*, ki je dobila dovolj prostora ob zamočvirjenem jezerskem obrežju.

Vendar so odstotne pelodne vrednosti jelše zelo nizke, če upoštevamo njeno pelodno produktivnost ter poleg tega še neposredno bližino sedimentacijskega območja v jezeru. Uveljavljala se je le počasi in nekako v atlantiku dosegla višek, nato ponovno upadla, se le za malo časa spet dvignila in do časa, ob katerem se diagram konča, znova močno upadla.

Leska, ki v večini srednjeevropskih diagramov nastopa kot samostojen gozdni edifikator, je morala pri nas ostati le skromna gozdna spodrast sprva borovih, kasneje pa hrastovih gozdov. To je za dosedanje predstave o razvoju srednjeevropske vegetacije nekaj nenavadnega.

Toda tako nizke pelodne vrednosti leske niso tu izjema, temveč opazamo ta pojav v vseh naših diagramih.

Brest, lipa in hrast so v evropskih pokrajinah severno od Alp nastopili kot naravni nasledniki leskove faze v atlantiku. Južno od Alp (Severna Italija) in v Panonski nižini (Madžarska) se je *Quercetum mixtum* uveljavil celo že prej, najbrž v borealu, torej istočasno kot pri nas bukev in z enako silovitostjo: takoj v začetku je dosegel višek razvoja in nato polagoma upadal (L o n a, 1957, Z o l y o m i, 1953).

V našem diagramu sicer res opazimo, da so se vsi trije elementi *QM* pojavili prav tako že zelo zgodaj, še pred holocenom, toda do samostojne gozdne faze se niso povzpeli.

Prva vstopita v diagram lipa in hrast, šele kasneje brest. V drugih diagramih iz tega obdobja (npr. pri Bevkah) vstopijo krivulje vseh treh drevesnih vrst istočasno v diagram in doseže ravno brest sprva največjo vrednost, tu pa vstopa brestova krivulja nekoliko kasneje od ostalih dveh.

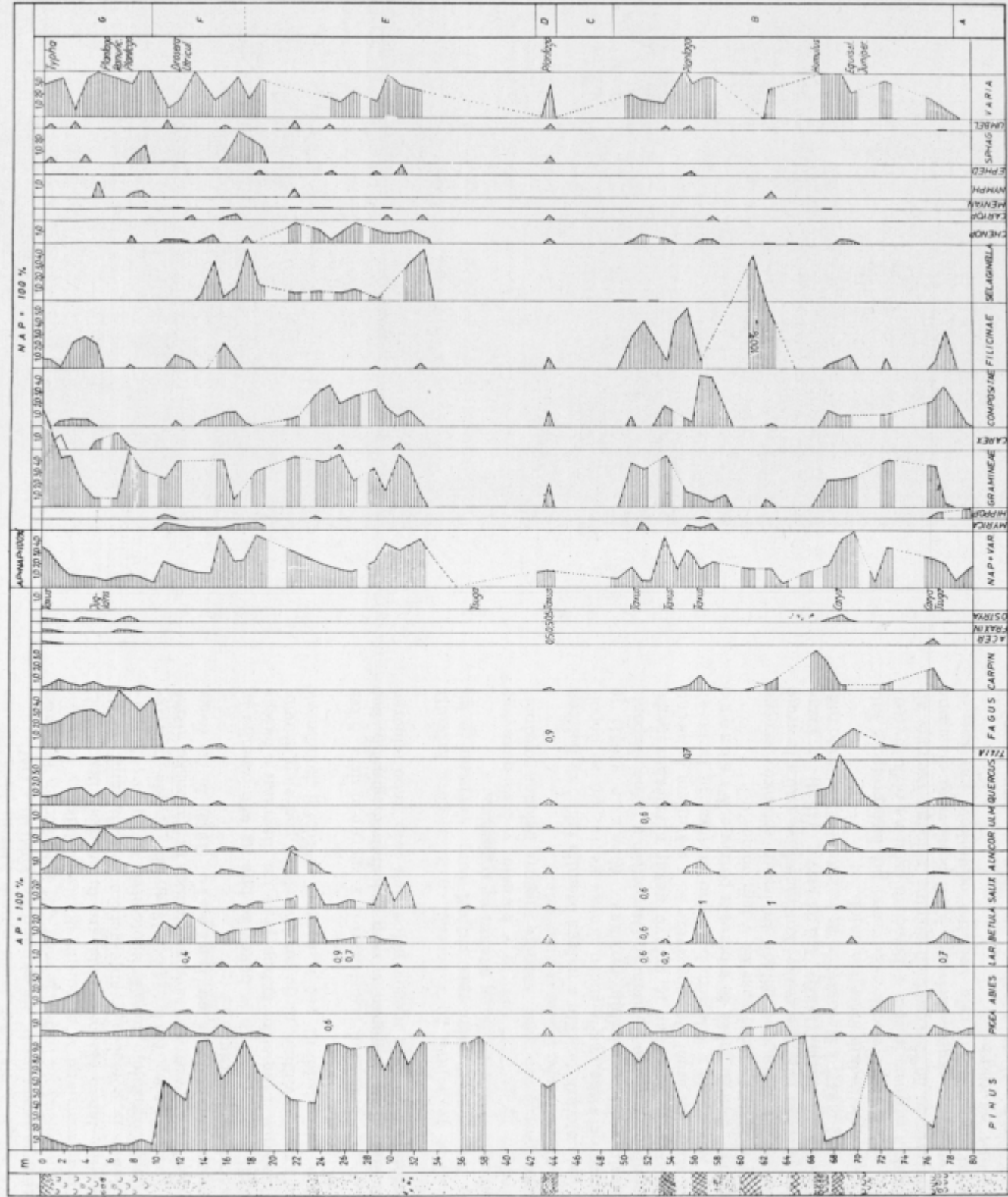
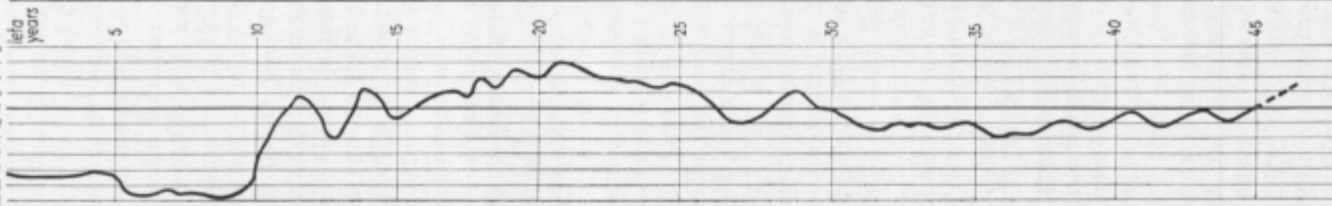
Pelodna vrednost lipe je ostala vseskozi zelo nizka. To je gotovo v veliki meri treba pripisati dejstvu, da lipa ni anemofilno drevo in je zato slab producent peloda.

Brestova krivulja narašča le polagoma in doseže šele ob času bukovega viška vrednost nad 10 ‰, nato pa za dalj časa upade in se šele proti vrhu diagrama spet nekoliko dvigne.

Hrast se je sicer počasneje uveljavljal, toda njegova krivulja kaže, da ga niti bukev niti drugo drevje ni moglo kaj dosti prizadeti, saj ostaja večinoma na vrednostih nad 10 ‰.

Bukev, ki se je že v kasnem glaciale pojavljala sporadično, je skozi ves holocen popolnoma dominirala nad ostalo gozdno vegetacijo in je zato oznaka »bukova faza« res upravičena. Že takoj v začetku svojega nastopa v borealu dosega njena krivulja 40 ‰, po manjšem vmesnem upadu pa se povzpne še više in kmalu doseže 50 ‰. Takega stanja pa ne kaže le ta diagram, temveč doseže bukev tudi v drugih diagramih že v začetku holocena take in še višje vrednosti, ponekod celo nad 60 ‰.

Takoj po prvem višku je začela bukev upadati in se ji je v vedno večjem obsegu pridružila jelka, katere krivulja dosega v diagramu višek skoraj 40 ‰. To subfazo izrazitih bukovih-jelovih gozdov bi verjetno



Pelodni diagram vrtnine BV-1 med Notranjimi goricami in Podpečjo na Ljubljanskem Barju

Pollen diagram from the bore hole profile BV-1 between Notranje gorice and Podpeč villages on Ljubljana Moor

lahko postavili že v atlantik. Skladni potek njunih krivulj kaže, da sta ostali tudi poslej tesneje povezani in sta skupno konkurirali s QM.

Če se sedaj ozremo nazaj na razmerje med QM v Padski in Panonski nižini ter bukovimi formacijami v osrednjih gorstvih Balkana in jugovzhodnega obrobja Alp, lahko sklepamo, da gre tu za dve vikariirajoči gozdni formaciji: Bukev je porasla osrednje gorske dele Balkana vse do obronkov Alp, kar lepo dokazujejo novejša ugotovitve (Gigov, Milovanović, 1960 in Gigov, Nikolić, 1959), ter seveda tudi rezultati raziskav v Sloveniji. Prostrane ravnine Padske in Panonske nižine pa naj bi bile domena QM, oziroma po Horvatu (1959) že od vsega začetka združb *Quercus-Carpinetuma*.

Gaber je nastopil šele v času, ko je bukev že bila na tem ozemlju in se tudi že močno razširila. Tako sliko kažejo prav vsi diagrami z našega ozemlja. Iz njegove krivulje vidimo, da je ostal vseskozi podrejen drugim gozdnim formacijam, niti sledu ni več o njegovi nekdanji bohotnosti v göttweiskem interstadialu.

Pelod rodu *Acer* je v diagramu registriran le v zgornjem delu. Sicer pa je javor že navadno slabo zastopan v vseh pelodnih diagramih, ker je pač slab producent peloda in je njegov pelod tudi zelo slabo odporen proti preperevanju.

Jesen (*Fraxinus*) se je pojavil že v borealu, nato njegova krivulja izgine iz diagrama ter se proti vrhu spet vključi vanj. Verjetno je bil v tem presledku precej zreduciran, da ga analiza ne registrira.

Črni gaber (*Ostrya*) je nastopil tudi že v borealu, v času bukovega viška, in sicer z najvišjimi vrednostmi; kasneje njegova pelodna vrednost polagoma upada, tako da občasno izgine iz diagrama.

Tudi v drugih palinoloških profilih z našega ozemlja lahko za holocen ugotavljamo zelo zgodnje viške razširjenosti črnega gabra, kar se popolnoma ujema z rezultati fitosocioloških raziskav. Wraber (1961) je opisal izolirano termofilno združbo *Cytisantho-Ostryetum* z južno eksponiranih pobočij Bohinjske kotline, kar je gotovo nekaj nepričakovanega, toda obenem dokaz, da je bil areal *Ostryon* zveze še v starejšem holocenu obsežnejši, in naj bi se bil šele v mlajšem holocenu pretrgal in razkosal. Višek pelodnih vrednosti črnega gabra že v borealu potrjuje W r a b r o v o domnevo, da se je ta združba že tedaj naselila v tem območju.

Po Firbasu (1949) so najdbe peloda in lesnih ostankov črnega gabra celo v južnem obrobju Alp zelo redke; kot zanesljive citira le svoje ugotovitve z Ljubljanskega barja (1923), Lüdijske (1944) iz južne Švice, Sarntheimove (1947) s Koroške, in še nekatere. Tako bodo tudi sedanje ugotovitve dopolnilo redkih starejših najdb.

NAP — zeliščni pelod, ki je včasih zelo važen pri interpretaciji klimatskih in vegetacijskih razmer, je tudi v holocenu ostal na nizkih vrednostih, saj nikoli ne preseže 50 % vrednosti celotne pelodne vsebine, ali 100 % AP. Res je sicer, da se skupna krivulja NAP proti vrhu diagrama dviga, toda vrednosti nad 100 ali celo več 100 odstotkov, kakršne so drugod normalne, nikjer ne doseže.

Krivulja trav (*Gramineae*) se posebno na vrhu diagrama močno vzpne. To nam daje slutiti, da smo v času, ko se že očituje človekov vpliv

na gozdove. Povečanje odstotka peloda trav in pri drevesni vegetaciji bora in breze kaže, da je človek že uničeval gozd. To pa se je začelo s kovinsko dobo, kmalu po času mostiščarjev, proti koncu subboreala.

Nekako v tem času je sedimentacija krede v tedanjem jezeru prenehala in se je jezero spreminjalo v barje, ki ga je začela preraščati šota. Ta pojav je bil, kot je videti, po vsem barju istočasen, namreč v času mostiščarske kulture, kar bi kazalo tudi na to, da se je jezerska gladina naglo znižala.

Eden od možnih vzrokov bi bila izredno sušna perioda ob koncu bronaste dobe, ki naj bi bila po Paretu (1948) celo povzročila precejšnje selitve tedanjih ljudstev in njihov umik k vodam. Vendar pelodne analize ne registrirajo kakih posebno katastrofalnih sprememb v vegetaciji. Delno zato ne, ker se kratkotrajnejše klimatske spremembe niso mogle takoj odraziti tudi v trajnejši gozdni vegetaciji, delno pa ne zato, ker izvirajo vsi podatki iz jezerskih usedlin; bližina jezera pa je gotovo omilila morebitne večje škode na gozdni vegetaciji vsaj v bližnji okolici.

Drug možen vzrok znižanja vodne gladine tedanjega jezera, ki ga omenja tudi Melik (1954), bi utegnili biti posledica nenadnega znižanja odtočnega nivoja, ki se je bil morda zaradi bujnega vodnega rastlinja zarastel, pa ga je voda znova predrla. Seveda ne smemo izključevati tudi najmlajše tektonike, za katero posebno prepričevalno govori ravno debelina tega profila.

S tem časom se torej končuje naš diagram; nadaljnji razvoj vegetacije je možno zasledovati iz nekaterih drugih diagramov, ki se nanašajo na dobo po usahnitvi jezera (Firbas, 1923, Šercelj, 1955).

Utemeljitev kronologije

Nobenega dvoma ni, da nakazuje v diagramu prikazani floristični razvoj dve različni časovni periodi: del holocena in del pleistocena, in sicer le würmsko poledenitev.

Razčlenitev holocenskega dela diagrama je možna že na podlagi dosedanjih pelodnih raziskav pri nas in še bolj pri naših sosedih, posebno v Nemčiji. Ob tem je treba poudariti, da se horizontiranje diagramov npr. v Nemčiji in drugih srednjeevropskih pokrajinah ne ujema z našim in se tudi ne more ujemati. Če namreč priznavamo dejstvo, da se je srednjeevropska vegetacija naseljevala v postglacialni dobi iz svojih refugijev na sever prav skozi naše ozemlje, potem moramo tudi priznati, da je prišla najprej do tu, in šele kasneje npr. v srednjo Nemčijo. Iz tega razloga se seveda nismo oprijeli Firbasovih pelodnih horizontov.

Težava glede glavnega, to je pleistocenskega dela diagrama pa je v tem, da imamo pred seboj prvi würmski diagram iz naših krajev; iz severnjaških pokrajin pa ga ni in ga niti ne moremo pričakovati, kajti bile so ob časih poledenitev pod ledom ali pa so bile porasle kvečjemu z brezgozdnimi tundrami. Od tam poznamo torej le med seboj ločene interglacialne in interstadialne pleistocenske profile.

Zato se celotna evropska kronologija würmskih poledenitvenih faz naslanja v glavnem le na geološke ter paleopedološke podatke in v pre-

cejšnji meri na prazgodovino človeka in njegovih kultur, manj pa na ugotovitve paleobotaničnih preiskav, ki bi bile sicer zelo dragocene.

Ker je Gross (1958) na podlagi do tedaj znanega gradiva podal precej podrobno členitev würmske dobe ter k temu še temperaturno krivuljo, ki se po poteku, časovnem razmerju in vseh bistvenih elementih presegnetljivo ujema z našim diagramom, smo se oprijeli njegove razčlenitve, čeprav seveda ne smemo popolnoma zanikati možnosti drugačne interpretacije. Woldstedtova krivulja (1960) je v bistvu podobna Grossovi, zato ne bomo navajali obeh.

Če priznavamo neprekinjeno odlaganje sedimentov, nosilcev v diagramu prikazane vegetacije — za daljše prekinitve ali erozijo ni nobenega dokaza — potem bomo posamezne faze uvrstili tako, kot kaže 1. tabela.

1. tabela

Po Grossu (1958)		Oznake		Začetek*	Faze diagr.	
		nove	stare			
Holocen				10 000 let	G	
Glavni würm	Kasni würm	Mlajši drias	Wh ₃	Kasni glacial	12 000	F
		Alleröd				
		Starejši drias				
		Bölling				
	Najstarejši drias	15 000				
Daniglacial	17 000					
	Maksimum poledenitve	Wh ₂	W III	25 000	E	
	Paudorfski interstadial	Wh _{1/2}	WII/WII	26 000	D	
	2. poledenitvena faza	Wh ₁	WII	29 000	C	
Göttweiški interstadial (— Aurignaški presledek)		Wv/h	WI/WII	44 000	B	
Stari würm s tremi stadiali in dvema interstadialoma		Wv	WI	53 000	A	

Meja med holocenom in kasnim glacialom se zdi precej trdno določena s spremembo sedimentacije: takoj ob začetku tople dobe se je začela usedati jezerska kreda in je tako meja med glino in kreda približna meja med holocenom in pleistocenom. Take razmere so ugotovljene tudi v drugih profilih z Barja. Če priznamo princip sedimentacije krede, kot ga pojmuje limnologija (Ruttner, 1952), potem ne moremo zanikati, da se je začel iz jezerske vode, bogate s $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, izločati sekundarni kalcijev karbonat takoj, ko se je dovolj ogreela.

* Absolutna starost v letih, določena v glavnem na podlagi analiz C₁₄. Danes se nekateri znanstveniki spet ogrevajo za večjo starost würma. Toda, četudi bi se to pokazalo za resnično, nikakor ne bi porušilo same razčlenitve, le posamezne dobe bi se proporcionalno raztegnile.

Z definitivnim začetkom sedimentacije krede pa sovpada tudi dokončna prevlada mezofilnega listavskega gozda in takoj za tem bukve.

Začetek holocena je na podlagi dosti mlajšega diagrama z Ljubljanskega barja tudi Firbas (1923) že istovetil z začetkom bukove krivulje. To je seveda večina znanstvenikov doslej brez ugovorov priznala (Zeuner, 1952).

Tudi profila iz Klane na Hrvaškem in z Livanjskega polja, (Gigov, Nikolić, 1959) kažeta podobne razmere.

Na Kopaoniku v Srbiji pa je nastopila bukev celo nekoliko prej, v preborealu (Gigov, Milovanović, 1960). Prehod iz pleistocena v holocen je tu določen tudi z analizo mikroflоре (diatomej).

Vendar ne smemo načelno zavračati še drugega mnenja, da bi namreč začetek holocena morali pomakniti nekoliko navzdol, v manjšo otoplitveno periodo pred končnim upadom borove krivulje. S tem bi pa zašli v težave, kako razložiti ponovni močni porast borovih in brezovih gozdov v najtoplejši dobi. K dokončni odločitvi nam bodo pomagale analize C₁₄.

Temperaturna krivulja ob robu diagrama kaže toplotne razmere za tale obdobja: (letnice seveda ne gre jemati do številke natančno):

od	0 do 10 000 let	— holocen (G)
od	10 000 do 17 000 let	— kasni glacial (F)
od	17 000 do 29 000 let	W II — W III (C, D, E)
od	29 000 do 44 000 let	— Göttweiški interstadial (B)
od	55 000 do ? let	— W I (A)

Vse periode, v katerih prekorači krivulja julijsko izotermo 10° C navzdol, predstavljajo stadiale, dvig nad 10° C pa pomeni interstadialno obdobje, ko je mogla uspevati gozdna vegetacija. Prirejena je sicer za srednjo Nemčijo, vendar to ni ovira, da je ne bi aplicirali tudi za naše kraje, seveda s primerno korekturo. Po Firbasu poteka namreč današnja polarna gozdna meja po črti, na kateri dosega temperatura dnevni povpreček vsaj 10° C in to 60 do 70 dni na leto.

Če primerjamo julijsko temperaturno povprečje Ljubljane za zadnjih 100 let, ki znaša 19,7° C (Manohin, 1952), ter julijsko povprečje v srednji Evropi (Münster: 17,3, Warszawa s kontinentalnejšim podnebjem pa 18,7° C), nekako 18° C (Gross sam jemlje kraje s povprečjem 19° C), potem bomo morali korigirati krivuljo za naše kraje vsaj za 1° C. Januarske povprečke pa bi morali po karti Gorczyńskiego (Schwarzbach, 1961), korigirati celo najmanj za 4° C.

Nekako pred 10 000 leti se temperaturna krivulja močno dvigne. Ta dvig bi v našem diagramu lahko korelirali s strmim vzponom bukove in istočasnim naglim padcem borove krivulje. To naj bi bila torej meja pleistocen : holocen.

Kasni glacial, to je čas med 10 000 in 17 000 leti, bomo obravnavali kot celoto. Karakterizirata ga dve znatni ohladitvi: v mlajši naj bi bila padla povprečna julijska temperatura skoro na 10°, v starejši pa celo na 8° C. Ti dve ohladitvi predstavljata mlajši in starejši drias, torej dva stadiala. Dva vmesna temperaturna dviga pa naj pomenita oba interstadiala, allerödski in böllinški. Čeprav ju poznamo v glavnem iz severa

Evrope, vendar dopušča Charlesworth (1957) njuno manifestiranje tudi v Alpah.

Če sedaj skušamo vzporejati temperaturno krivuljo in naš diagram, bomo sicer za naše kraje korigirali povprečne julijske temperature za 1 do 2° C navzgor (zimске celo za več); že to nam dovoljuje sklep, da je bila v mlajšem driasu meja približno 600 m nad ravnico Ljubljanske kotline, upoštevajoč negativni temperaturni gradient 0,5° C za 100 m višinske razlike (Schwarzbach, 1961). To stanje nakazuje dobro opazni dvig borove in brezove krivulje; toda še vedno so uspevali tu ne le borovi gozdovi, ampak so se obdržali tudi nekateri listavci.

Nekako pred 12 000 leti doseže Grossova temperaturna krivulja vrednosti 15°, torej pri nas skoro 17°. To je znana allerödská otoplitev. Celo v severni Nemčiji je ta interstadial dopuščal razvoj brezovih gozdov. V Nemškem sredogorju so segali ti gozdiči do 800 m (Beug, 1957). Isto je ugotovil A. Bertsch (1961) za jugovzhodno Nemčijo.

Tudi iz Tirolskih Alp pri Salzburgu so znani (na višini 811 m) allerödski brezovi in borovi gozdiči (Zagwijn, 1952). Diagram iz Roggendorfa ob Donavi, ki kaže že celo mezofilne elemente: *Corylus*, *Alnus*, *Tilia* in *Ulmus*, je Brandtner (1949) uvrstil v göttweiški interstadial. Po analizah C₁₄ (Felgenhauer, Fink, de Vries, 1959) pa se je pokazalo, da je allerödski.

Cisto normalno je torej, da se je tudi v Ljubljanski kotlini z razmehoma majhno nadmorsko višino in južno lego že v tem času nekoliko močnejše, čeprav začasno, uveljavila mezofilna gozdna vegetacija.

Pred allerödsko otoplitvijo pa se temperaturna krivulja giblje zelo nizko, že pod kritično temperaturo 10°. Tudi po diagramu je bila vegetacija izključno borova, le 2 odstotka predstavlja smreka. To dokazuje, da je bila ohladitev zelo ostra. Gre torej za starejši drias, ohladitev, ki je v srednji Evropi imela popolnoma tundrsko obeležje, pri nas pa je znižala gozdno mejo do dna Ljubljanske kotline.

Še en manjši dvig temperature je opazen pred to ohladitvijo, ko naj bi se dvignila temperatura na 12°, pri nas pa morda na 14°. To naj bi bil böllinški interstadial. Tudi naš diagram kaže upad borove in brezove krivulje, pa tudi prvi mezofilni listavci so se pojavili v tej kratki otoplitvi.

Med 17 000 in 25 000 leti se temperaturna krivulja s precejšnjim nihanjem giblje le na desni strani; najnižja julijska temperatura naj bi bila 5° C, pri nas torej največ 7°, kar pomeni, da naj bi bila v času najhujše poledenitve gozdna meja še niže kot v Ljubljanski kotlini. Toda pri tem le ne smemo shematično prenašati temperaturnega gradienta na naše kraje, ampak moramo upoštevati še druge faktorje, ki gotovo niso bili nepomembni za tedanje podnebje pri nas. Povprečna januarska temperatura je v vzhodnoalpskem predgorju (Charlesworth, 1957) znašala v času zadnje poledenitve -13,7° C, povprečna julijska pa od 11 do 12° C (cf. karto, št. 212, 213).

Na take razmere kaže tudi vegetacija, saj so med drevesnimi vrstami zastopani izrazito kriofilni elementi. Nenavadne pa so izredno nizke vred-

nosti NAP, in to v vseh diagramih, ki sežejo v ta čas. Take razmere so namreč značilne za tajgo, v kateri je kljub redki poraslosti z drevesno vegetacijo izredno malo nedrevesnega rastja. Take razmere bi torej utegnile biti tik pred tundro, ki naj bi prevladovala v vsej srednji Evropi.

Med 25 000 in 26 000 leti kaže temperaturna krivulja manjši in kratkotrajnejši dvig do 13° C, torej znatno šibkejši kot allerödski in nekoliko močnejši kot böllinški. Tudi naš diagram registrira na globini 42 do 44 m upad borove krivulje, istočasno pa se pojavijo skoro vsi običajni mezofilni listavci, kar pomeni toplo dobo. Ker pa so se listavci pojavili le za malo časa, ne kaže to na kaj večjo razširjenost, kar je obenem tudi dokaz za manjšo in šibkejšo toplotno dobo.

To naj bi bil torej šibkejši, po Grossu le 1.000 let trajajoči paudorfski interstadial, v diagramu faza D.

Čas od 26 000 do 29 000 let je glede na krivuljo hladna doba, pa tudi diagram kaže isto (faza C).

V razdobju od 29 000 do 44 000 let se temperaturna krivulja giblje veseskozi nad 10° C, kar je zopet znak interstadialnih razmer. To je bil göttweiški (aurignaški) interstadial, dolg po minimalnih Grossovih cenitvah 15 000, po maksimalnih (Vértes, 1955) pa kar 30 000 let.

Temperaturi povpreček, ki ga kaže krivulja, sicer res ni dosegel niti 14° C, pri nas torej malo nad 15°, toda vendarle je bilo to dovolj, da so se za dalj časa razvili skromnejši listavski gozdovi.

Tudi vegetacija, vidna z diagrama med 50 in 80 m globine, kaže podobne razmere: le malo mezofilnih listavcev; edino hrast in gaber sta dosegla precejšnje vrednosti, bukev pa zelo malo. Znatna nihanja borove krivulje seveda niso le posledica klimatskih razmer, čeprav moramo dopuščati precej višje vrednosti borove krivulje, kot jih poznamo v holocenu, morda približno take kot v allerödu.

Iz te dobe imamo za primerjavo diagrame tudi iz sicer zaledenelih delov Evrope; posebno na Poljskem so po zaslugi Szaferja morda najtemeljiteje preiskali pleistocensko floro. Aurignaški profil s Krpatov (Birkenmajer, Šrodoň, 1960) je še revnejši z mezofilno floro, pač pa bogatejši s smrekjo; borovec dominira seveda tudi tam.

Od 80 m globine navzdol so skoro vsi sedimenti brez peloda; zato o njih ni mogoče trditi nič zanesljivega. Vendar je glede na grobost odloženega materiala mogoče sklepati, da se je teren tedaj zelo hitro pogrezal, in da torej vse te plasti niso starejše od würmskih. To se zdi še posebno upravičeno, ker je na globini 84 m ugotovljena iglavska vegetacija (*Pinus*, *Picea*).

Ce bi namreč bila v tem času kaka faza daljšega mirovanja, bi gotovo morali biti v sedimentih neki sledovi interstadialnih ali interglacialnih pedogenetskih procesov.

Temperaturna krivulja za dobo pred 44 000 leti, to je v prvem delu würmske poledenitve W I, se giblje pod 10° C. S tem sta podana zanesljiva paralela in kronološki položaj teh sicer sterilnih sedimentov.

Tektonika

Za bodoče gospodarstvo Barja in razumevanje seizmičnih pojavov v ljubljanskem prostoru je poznavanje tektonike izrednega pomena. Rakovec je zbral doslej znane ugotovitve ter podal (1955) pregled tektonike za vso Slovenijo in še posebno za ljubljansko okolico. Prav tam obravnava tudi najmlajšo tektoniko (neotektoniko) predvsem v zvezi s potresi, ki so po zgodovinskih podatkih močneje prizadeli Ljubljano v letih 1000, 1340, 1348, 1509, 1511 in 1895. Prišel je do prepričanja, da so dislokacije tega ožjega območja odločilne pri potresih v Ljubljani.

Toda ravno z Barja doslej ni bilo zanesljivih podatkov o tem, kdaj naj bi se bile barske grude začele ugrezati, in kako so se ugrezale. V tem pogledu je dala vrtnina dragocen podatek: Del Barja, kjer je bila izvedena vrtnina, se je začel pogrezati (ali ponovno ugrezati) in naglo zasipati šele v würmski poledenitveni periodi, morda celo ob koncu starejšega würma (W I), tik pred göttweiskim interstadialom, pred pribl. 50 000 leti. Začetno grezanje je bilo namreč najhitrejše in zato razmeroma kratkotrajno. Tako intenzivno ugrezanje bi lahko primerjali z ugrezanjem Padske nižine: pri Padovi so sedimenti mlajšega driasia v globini 26 do 30 m, od 54 do 107 m pa interglacial Riss-Würm (Marchesoni, Paganelli, 1960). Pri Ca Marcozzi v delti reke Po pa so na globini od 182 do 522 m šele mindelskoriški sedimenti (Paganelli, 1961).

To pomeni, da se je barska gmota ob borovniškem tektonskem jarku morala v 50 000 do 70 000 letih znižati najmanj za 100 m, ali povprečno za 1 do 2 metra v 1000 letih. Toda to je bil le rob, za sredino lahko domnevamo še večje ugrezanje in temu tudi ustrezno večjo hitrost grezanja.

Ker pa pogrezanje zelo verjetno ni potekalo in tudi danes ne poteka enakomerno, si moremo predstavljati, da so se tektonski premiki dogajali le občasno, toda so bili tedaj izdatnejši in so jih spremljali močni potresi.

Tako bi torej ob barskih dislokacijskih črtah lahko iskali verjetni hypocenter nekdanjih in prihodnjih ljubljanskih potresov, ki pa jih seveda ni mogoče predvideti.

Vsekakor pa kaže ugotovitev, da je zahodna barska gruda v fazi intenzivnega recentnega in subrecentnega grezanja, tudi na precejšnjo potresno ogroženost tega terena. Kako je v tem pogledu z vzhodnim delom Barja, ki naj bi se bil pričel grezati že ob koncu terciara, bo pokazala prihodnja vrtnina v tem delu Barja.

Jezerska kreda, šota in barjansko gospodarstvo

Jezerska kreda je že sedaj zelo pogosten, in ne bo dolgo, ko bo prevladujoč vrhnji sediment, s katerim se bo moral človek na Barju neposredno spoprijeti.

Šota, ki sedaj kot preproga leži na kredni, je dobro vezan rastlinski pletež, ki prenaša vrhnje pritiske na mnogo večje ploskve v kredni; obenem pa je šota še vedno toliko gosta, da ne dopušča iztiskavanja krede navzgor.

Toda zaradi osuševanja bo šota neizbežno skrepenela, se »pulverizirala« ter se stanjšala na minimum, s čimer bo tudi konec njene nosilnosti. Danes le še redkokje presega 2 m, toda še pred 50 leti so bila šotišča 4 do 6 m debela (K r a m e r, 1905).

Kreda je, kot je znano, izredno plastična, včasih celo tekoča, kar je popolnoma razumljivo, saj vsebuje po analizah tudi do 60 % vode (U h l i ř, 1958). Zato se seveda na mestih, kjer je bila šota porezana, površje v kratkem izravna z drugo površino; saj bočni pritisk testaste mase ne dovoljuje kotanj.

Iz ročnih vrtin v vzhodnem delu Braja je zelo znan 10 do 20 cm debel vodni horizont, v katerem je kreda skoraj tekoča (od tu ni mogoče dobiti jedra). Le-ta horizont leži v sedimentih atlanske dobe in loči kreda na dve poli ter ustvarja med njima izredno spolzko drsno ploskev, po kateri se zgornji del zlahka premika. Ravno drsna ploskev je bila tudi neposreden vzrok tolikšnih težav pri začetnih regulacijskih delih Iščice v letih 1957 do 1958. Ko je bilo vodstvo gradbišča dne 3. VIII. 1958 na to opozorjeno, je upoštevalo situacijo in prilagodilo nadaljnja dela stvarnim možnostim: namesto močnega poglobljanja struge pod globino vodnega horizonta so prešli na njeno širjenje.

Celo vrsto problemov še skriva jezerska kreda, ki jih tehniki še danes ne morejo zajeti v določene formule. Do tega bodo gotovo prišli mnogo laže in prej, če bodo čim podrobneje seznanjeni o tem, kako, kdaj in zakaj je ta sediment nastajal.

V času, ko je F i r b a s proučeval šoto z Ljubljanskega barja, je veljalo — vsaj kot je razvidno iz njegovih izvajanj — splošno prepričanje, da je jezerska kreda glaciogena odkladnina, da je torej mikroskopski mineralni drobir, ki prihaja neposredno iz ledeniškega področja (Seetrübe), in ki se takoj usede, ko se voda umiri. To pomeni, da bi morala biti kreda stara najmanj 15 000 let ter zelo suha in strnjena, saj karbonatni melj zelo slabo veže vodo.

Zato je F i r b a s pri analizah dosledno upošteval le šoto, jezerske krede ni niti analiziral, čeprav je imel vzorce in jih je tudi vnesel v profil. Zanj je torej kreda pomenila pleistocen, najnižja plast šote (Torfmudde) pa začetek holocena.

Vse to res velja za glaciogena jezera, ne pa za ombrogena, kakršno je bilo nekdanje Ljubljansko barje. Tudi diagram namreč v celoti negira F i r b a s o v o m n e n j e.

Že na podlagi arheoloških dognanj v zvezi z eneolitskimi in bronastodobnimi mostiščarskimi naselbinami se je namreč pokazalo, da se je kreda sedimentirala tja do 1800 ali 1600 pr. n. š. Z novjšimi pelodnimi analizami (Š e r c e l j, 1959, 1961) pa je bilo zanesljivo ugotovljeno, da se je začela kreda odlagati v začetku holocena.

Zato je izključen vsak neposredni vpliv ledenikov. Ostane torej le druga možnost njenega nastanka, da je namreč kreda kemična in organogena usedlina iz tople postglacialne dobe.

Iz vsega tega vidimo, da je kreda zelo mlada barska usedlina, stara od 10 000 do 4000 let. Postala bo vedno hujša in nevarnejša ovira barjan-

skega gospodarstva, saj zaradi izredne plastičnosti in znatne debeline (5 do 10 m) ne bo prenesla količkej večjih obremenitev.

Možnost smotrne gospodarske ureditve in intenzivna izraba pravih barskih površin, to je zemljišč na šoti in kredi bo tedaj odvisna od več faktorjev, katerih efekt se bo sumiral:

1. Najmlajša tektonika izkazuje povprečno ugrezanje za 10 do 20 cm na vsakih 100 let, ki pa se lahko iznenada tudi znatno poveča. To utegne imeti seveda močan vpliv na vodni režim Barja, saj vemo, da ga že od rimskih časov skušajo urediti, pa so se doslej vsa prizadevanja izjalovila.

2. Vsa šotišča na Barju so že davno mrtva, torej ne rastejo več, ampak nasprotno — šota nezadržno skrepeneva in se zato njene plasti hitro tanjšajo ter se tudi s tem znižuje celotni nivo barske površine.

3. Kolikor bi se z regulacijo Barja znižala talna voda, bi proces zniževanja barske površine zajel še kreda, kajti zavoljo izsušitve bi se tudi kreda zelo skrčila.

Vse to bi imelo za posledico ponovno zamočvirjenje in bi se tako znašli v začaranem krogu, o katerem je bilo že precej diskusije. Če bi z osuševanjem znižali talno vodo, bi šota skrepnela, kreda pa se osušila, kar bi povzročilo vedno izdatnejše zniževanje barske ravnine in prej ali slej njeno ponovno zamočvirjenje: če pa ostane sedanji vodni nivo, bo tudi kreda ostala še vnaprej enako plastična in bo njena nosilnost toliko manjša, kolikor tanjša bo postajala plast šotne odeje nad njo.

Preden bi se torej dokončno odločili za tako drago in tvegano rešitev problema z nasipi, ki so bili za bistveno drugačne sedimente holandskih, frizijskih in šlezviških obal edina rešitev, bi bilo vredno napraviti cenen in nazoren poskus: Nekje na šotišču pri Črni vasi ali pri Bevkah bi na ploskvi nekaj 100 m² popolnoma odstranili šoto, tako da bi se pokazala na površju kreda in bi s tem ustvarili razmere, kakršne bodo čez nekaj desetletij vladale po vsem Barju. Tu naj bi se preizkušala nosilnost tal za strojno obdelavo in tudi možnost postavitve objektov in nasipov, kakršni so predvideni ob Ljubljani. Struga Ljubljance verjetno res teče vsaj v glavnem po naplavljenih trdinskih ali sekundarno impregniranih in utrjenih tleh, toda v vsem teku gotovo ne. Kaj bi torej imeli od večine stabilnih objektov, če bi se jih nekaj vendarle ugrezalo ali kako drugače poškodovalo? Na sektorju, kjer Ljubljanka prečka borovniški jarek, je 10 ali morda še več metrov krede. Če bi tamkaj hoteli postaviti nasipe in druge objekte na trdno podlago, bi na vsak način morali odstraniti kreda. Toda, kako potem zavarovati objekte pred bočnimi pritiski te na pol tekoče mase, ki se počasi pretaka in pritiska zdaj sem zdaj tja? Takih pritiskov seveda ni moč preračunati, ne predvideti. Ali ni bil morda most čez Iščico tudi žrtev prav teh razmer v kredi?

Če upoštevamo vsa navedena dejstva, se zdi od predlaganih variant ureditve Barja najboljša ta, da bi vsa zemljišča na šoti in kredi zasadili z jelšo, za katero so to naravna rastišča (za trdinska tla imamo seveda mnogo več izbire). Žal ta predlog vsaj za sedaj ni bil sprejet.

Jelša, ki je danes na svetovnem trgu konjunktorno blago, bi najprej povrnila minimalne investicije, poleg tega pa bi bil to najmanj radikalen in najmanj nevaren poseg v samo barje. S tem bi se skrepenevanje močno

zavrlo, šotišča bi se vsaj delno oživila, vsekakor pa utrdila in bi se z intenzivnim priraščanjem talne organske mase kompenziralo zniževanje terena. To bi torej pomenilo reševanje problema v sodelovanju z naravo, ne pa dragega boja proti njej. Za barske površine bi bila to najugodnejša rešitev, za kmetijstvo pa nam še vedno ne primanjkuje boljših površin na Barju samem in v bližnji okolici.

Zdi se torej, da ni pravega razloga, niti gospodarskega ne, da bi s tveganimi in dragimi operacijami za vsako ceno hoteli pridobivati kmetijske površine na neugodnih zemljiščih, ki dajo brez vsega tega za mnogo nižjo ceno in brez rizika enak ali boljši gospodarski učinek.

Opomba avtorja

Članek je bil napisan in predložen uredniškemu odboru leta 1961. Literatura, ki je izšla po tem datumu, ni mogla biti upoštevana. Medtem pa so stratigrafska, paleopedološka, malakološka in palinološka raziskavanja publice prinesla nove rezultate, ki so močno spremenili staro členitev würma, slonečo v glavnem na jamski stratigrafiji paleolitskih nahajališč, in pomaknili göttwiški interstadial nazaj v interglacial.

PALEOBOTANICAL EXAMINATIONS AND THE DEVELOPMENT OF LJUBLJANA MOOR

Almost all sediments occurring in the deepest horizons of the borehole BV-1 were bare of pollen. From 80 m upwards pollen were present in most of the layers. The diagram permits us to suppose that the sterile beds at the base were deposited during the time of the first onsets of the Würm glaciation (W I). The subsequent beds could be correlated to the Göttweig interstadial, Würm II, Paudorf interstadial, Würm III, Late-Glacial and to the greater part of the Holocene. These findings point to an extremely fast subsidence of the basin (100 m within some 50 000 to 60 000 years) and in turn to a vigorous neotectonic activity in the light of which it can be easily understood why the territory around Ljubljana is incessantly menaced by earthquakes.

Author's remark

The present article has been written and submitted to the editorial committee in the year 1961. The newest results, yielded by the investigations of the loess stratigraphie could not be taken in account therefore.

LITERATURA

- Bertsch, F., 1940, Geschichte des deutschen Waldes. Jena.
Bertsch, F., 1942, Lehrbuch der Pollenanalyse. Jena.
Bertsch, A., 1961, Untersuchungen zur spätglazialen Vegetationsgeschichte Südwestdeutschlands. Flora, 151. Jena.
Beug, H. J., 1957, Untersuchungen zur spätglazialen und frühpostglazialen Vegetationsgeschichte einiger Mittelgebirge (Fichtelgebirge, Harz und Rhön). Flora, 145. Jena.
Birkenmajer, K. i Śröder, A., 1960, Interstadial oryniacki w Karpatach. Z badań czworzędu w Polsce, 9. Warszawa.

Brandtner, F., 1949, Die bisherigen Ergebnisse der stratigraphisch-pollenanalytischen Untersuchungen eines jungeszeitlichen Moores von Interstadialen Charakter aus der Umgebung von Melk a/Donau. Archaeol. austr. II. Wien.

Büdel, J., 1951, Die Klimazonen des Eiszeitalters. Eiszeitalter und Gegenwart I. Oehringen.

Charlesworth, J. K., 1957, The Quaternary Era. London.

Drobne, F., Pavlovec, R., Šercelj, A., 1960, Nekaj analiz ter problematika pleistocenskih sedimentov v Lokarjih pri Vodica. Kamniški zbornik VI. Ljubljana.

Felgenhauer, F., Fink, J., de Vries, H., 1959, Studien zur absoluten und relativen Chronologie der fossilen Böden in Oesterreich, I. Oberfellabrunn. Archaeol. austr., 25. Wien.

Firbas, F., 1923, Pollenanalytische Untersuchungen einiger Moore der Ostalpen. Lotos, 71. Prag.

Firbas, F., 1949, Spät- und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. Jena.

Frenzel, B., 1960, Die Vegetations- und Landschaftszonen Nordeurasien während der letzten Eiszeit und der postglazialen Wärmezeit. Abh. math.-naturw. Kl. Akad. Wiss. u. Lit., I, II. Mainz.

Gigov, A., Milovanović, D., 1960, Paleobotanička analiza sedimentata Semeteškog jezera na Kopaoniku. Zb. Rad. Biol. inst. Srbije, III. Beograd.

Gigov, A., Nikolić, V., 1959, Analiza polena u tresetnim sedimentima Livanjskog polja (zapadna Bosna). Arhiv biol. nauka, XI. Beograd.

Gross, H., 1958, Die bisherigen Ergebnisse von C₁₄-Messungen und paläontologischen Untersuchungen für die Gliederung und Chronologie des Jungpleistozäns in Mitteleuropa und Nachbargebieten. Eiszeitalter und Gegenwart, IX. Oehringen.

Horvat, I., 1959, Die Pflanzenwelt Südosteuropas als Ausdruck der erd- und vegetationsgeschichtlichen Vorgänge. Acta Soc. bot. Pol., XXVIII/3. Kraków.

Kramer, E., 1905, Das Laibacher Moor, das grösste und interessanteste Moor Oesterreichs. Laibach.

Manohin, V., 1952, Kratek pregled temperatur in padavin v Ljubljani v 100-letni opazovalni dobi 1851 do 1951. Geogr. v. XXIV. Ljubljana.

Marchesoni, V., Paganelli, A., 1960, Ricerche sul Quaternario della Pianura Padana. Rendic. Ist. sci. Univ. Camerino. I. Camerino.

Paganelli, A., 1961, Ricerche sul Quaternario della Pianura Padana. Analisi polliniche di sedimenti torbo-lacustri di Ca Marcozzi (Delta Padano). Rendic. Ist. sci. Univ. Camerino, II. Camerino.

Paret, O., 1948, Das neue Bild der Vorgeschichte. Stuttgart.

Rakovec, I., 1955, Geološka zgodovina ljubljanskih tal. Zgodovina Ljubljane, I. Ljubljana.

Ruttner, W., 1954, Grundriss der Limnologie.

Schwarzbach, M., 1961, Das Klima der Vorzeit. Stuttgart.

Šercelj, A., 1955, Palinološki profil kolišča pri Kamniku pod Krimom. Arheol. v. VI/2. Ljubljana.

Šercelj, A., 1959, Prispevek k zgodovini naših gozdov. Gozd. vestn. XVII. Ljubljana.

Šercelj, A., Grimšičar, A., 1960, Iz ledenodobne zgodovine naših gozdov. Gozd. vestn. XVIII. Ljubljana.

Šercelj, A., 1961, Naseljevanje gozdne vegetacije v Sloveniji od zadnje poledenitve do danes. Disert. Ljubljana.

Uhliř, H., 1956, Historiat osuševalnih del na Ljubljanskem barju, I, II. Ljubljana.

Vértes, L., 1956, Gruppen des Aurignacien in Ungarn. Archaeol. austr., XIX-XX. Wien.

Wraber, M., 1961, Termofilna združba gabrovca in omelike v Bohinju (Cytisantho-Ostryetum Wraber assoc. nova). Razpr. IV. r. SAZU, VI. Ljubljana.