

VRTINI BV-1 IN BV-2 NA LJUBLJANSKEM BARJU

Anton Grimšičar in Valentin Očepek

S 6 slikami med tekstom

Uvod

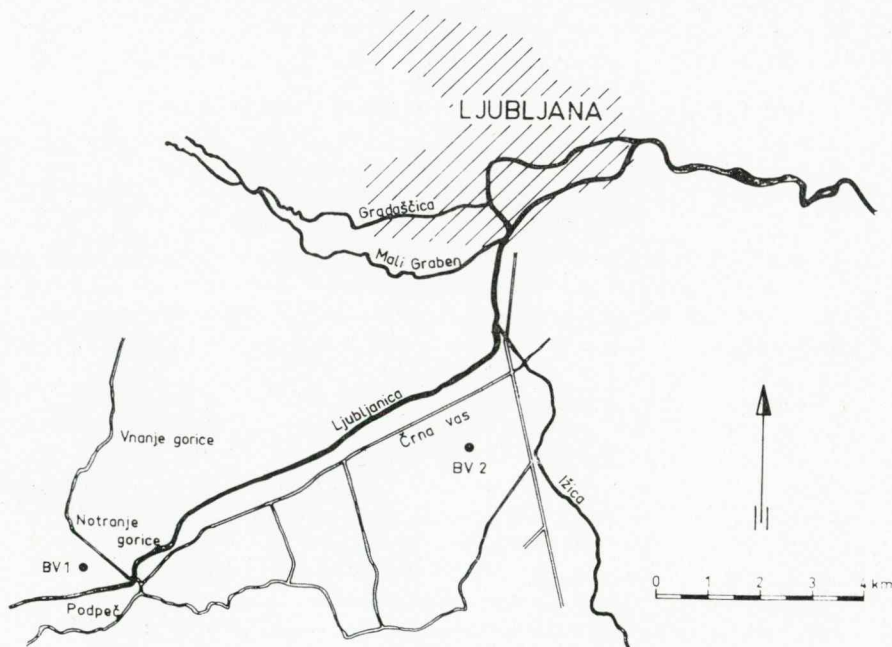
Ljubljansko barje že od nekdaj predstavlja posebnost tako za znanstvenike kakor za tehnike in gospodarstvenike. Iz zgodovine vemo, da so se že Rimljani ukvarjali z njim, saj so na Vrhniki in v Ljubljani imeli posebne enote, ki so med drugim skrbele tudi za vzdrževanje cestne zveze rimskega imperija čez Barje.

Gradnje na barskih tleh vedno povzročajo težave, zato jih je treba skrbno pripraviti. Pred gradnjo železnice Ljubljana—Trst so v letih 1850 do 1856 izvrtali 14 vrtin med Notranjimi goricami in Žalostno goro pri Preserju. Najgloblja vrtina je segla do globine 51 metrov. Pokazala je več plasti šote. Pod vrhno plastjo je sledilo »blato«, ki je po jezerskih polžkih dobilo ime »polžarica«. Ta nekonsolidirana zemljina je glavni vzrok problemov pri temeljenju gradbenih objektov na Barju. Poskusna piramida, postavljena ob Iščici leta 1936 ob priliki projektiranja ceste Ljubljana—Sušak, se je v sorazmerno kratkem času pogreznila nad 1 meter globoko. Znale so tudi težave, ki so jih morali premagovati med gradnjo nove železniške proge med Preserjem in Borovnico leta 1945; takrat zgrajeni nasip se je pogreznil 8 metrov globoko v polžarico. Nasip nove betonske ceste Ljubljana—Vrhnika pa se pri Drenovem griču še danes počasi pogreza.

Največjo debelino polžarice so doslej pokazale ročne vrtine za novo skladišče lesne industrije v Podpeči leta 1953 (17,5 m). Tudi med raziskovalnim vrtanjem ob Ljubljanici leta 1963 za novi projekt sanacije Barja je bila prava polžarica ugotovljena najgloblje pri Podpeči, in sicer do nadmorske višine okrog 278,5 metrov. Proti Ljubljani in Vrhniki pa se polžarica vedno bolj tanjša. Istočasno s projektiranjem sanacije Barja je bil zgrajen most čez Iščico na cesti Ljubljana—Ig. Zaradi pretežkega cestnega nasipa na mehki polžarici ob priključku na most je bil močno poškodovan tudi most sam. Tedaj so podrli tudi pregrado »Na Špici«, kar je povzročilo številne plazove na bregovih Ljubljanice (S o v i n c, 1964).

Navedeni primeri kažejo, da Barje kljub dolgi dobi še ni v celoti raziskano. Dosedanje raziskave so bile bolj ali manj omejene na posamezne lokacije. Izkušnje pa kažejo, da je treba pred vsako novo gradnjo v takih razmerah zajeti širše območje in poiskati najboljšo rešitev. V ta namen je seveda treba izbrati ustrezne raziskovalne metode in dobljene rezultate

ustrezno tehnično in ekonomsko obdelati. Pri tem bi bili koristni podatki večletnega opazovanja obstoječih objektov in sistematičnih meritev. Prav takšni podatki vedno zelo manjkajo, kadar je treba odločiti o lokacijah pomembnih gradbenih objektov. Dosedanje raziskave so pokazale, da so



Sl. 1. Lega vrtin BV-1 in BV-2 na Ljubljanskem barju

Fig. 1. Situation of the bore holes BV-1 and BV-2 on Ljubljana Moor

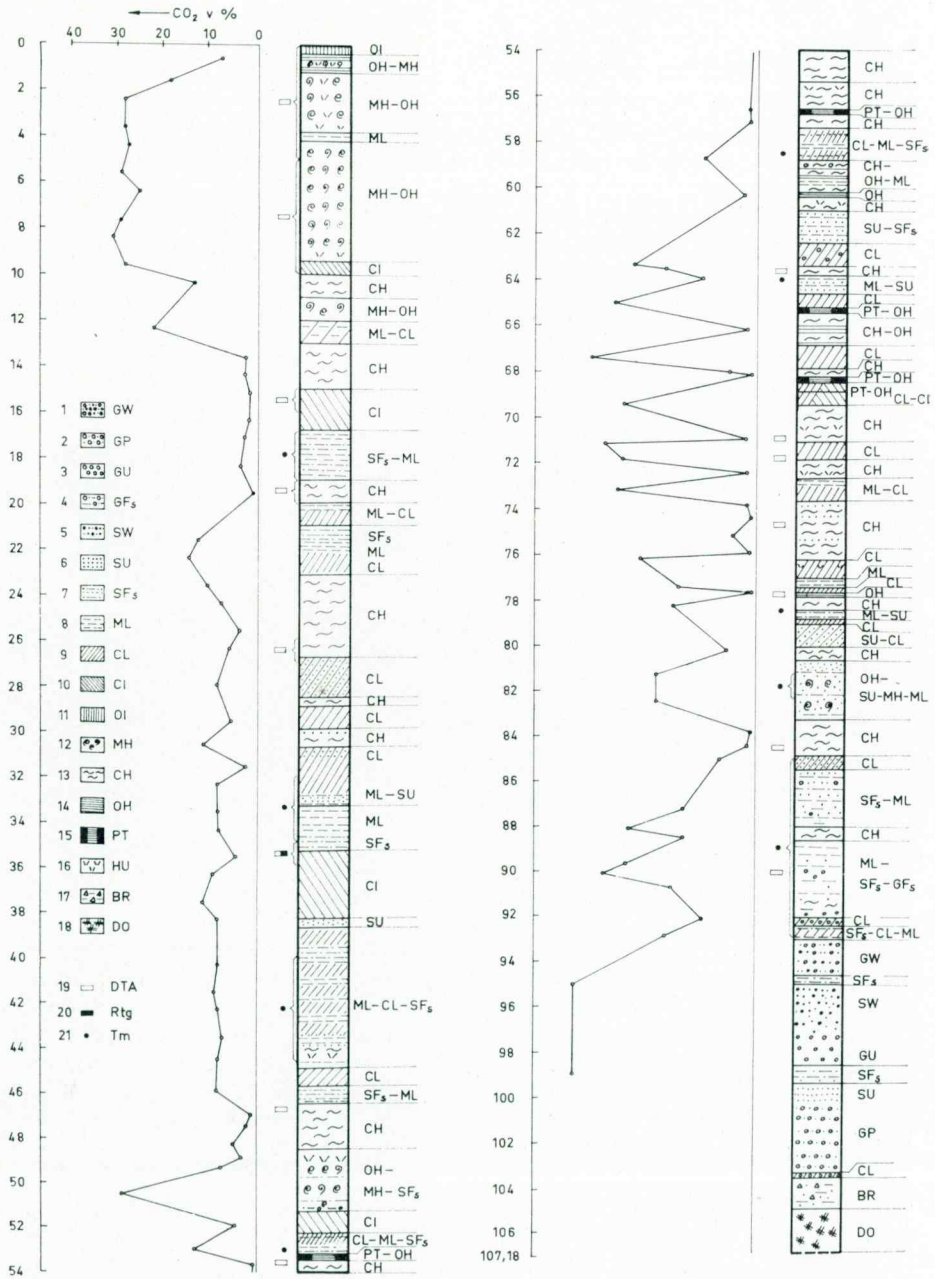
Sl. 2. Klasifikacija jeder iz vrtine BV-1 po metodi A. CASAGRANDEJA

Fig. 2. Classification of core samples from the bore hole BV-1 after A. C.

- 1 — prod-pesek, dobro graduiran — well graded gravel-sand mixtures
- 2 — prod-pesek, slabo graduiran — poorly graded gravel-sand mixtures
- 3 — prod-enakomeren — uniformly graded gravel
- 4 — prod in pesek z veliko melja — silty gravel-sand mixtures
- 5 — pesek, dobro graduiran — well graded sand
- 6 — pesek-enakomeren — uniformly graded sand
- 7 — pesek z veliko melja — silty sand
- 8 — melj — silt
- 9 — meljna glina — clay of low plasticity
- 10 — pusta glina — clay of medium plasticity
- 11 — organska glina, srednje stisljiva — organic clay of medium compressibility
- 12 — melj, zelo stisljiv — silty soil of high compressibility
- 13 — mastna glina — clay of high plasticity
- 14 — organska glina, zelo stisljiva — organic clay of high compressibility
- 15 — šotno blato z organsko glino — peaty mud with organic clay
- 16 — rastlinski ostanki — fossil plants
- 17 — breča — breccia
- 18 — dolomit — dolomite
- 19, 20, 21 — Vzorci, vzeti za diferenčno termične (DTA) in rentgenske (Rtg) raziskave ter za določitve težkih mineralov (Tm)
Core samples taken for laboratory investigations: differential thermal (DTA), X-ray diffraction (Rtg), and heavy minerals (Tm)

BV-1

Sl. 2 - Fig. 2



razmere v raznih delih Barja različne. V vrtinah na robu Barja, npr. med Brezovico in Ljubljano, pravih barjanskih usedlin, kakršne so sredi Barja, sploh nismo našli, temveč le spodnjepleistocenske barjanske sedimente in savske naplavine (Šercelj in Grimšičar, 1960), oziroma hudourniške obrobne naplavine.

Z osrednjega dela Barja imamo sedaj precej popolna preseka vrtin BV-1 in BV-2, ki sta segli do njegovega dna (sl. 1). Za korelacijo teh dveh vrtin se je pokazala kot zelo uporabna metoda določevanja karbonatov. Posebej smo raziskali polžarico in usedline klasificirali po A. Casagrandeju (sl. 2 in 3). Glinaste vzorce smo analizirali tudi diferenčno termično in rentgensko, v peščenih pa smo določili težke minerale. Od jedra BV-1 smo 15 vzorcev raziskali diferenčno termično in 1 vzorec rentgensko po Debye-Scherrerju, v 9 vzorcih pa smo določili težke minerale. Od jedra BV-2 smo 10 glinastih vzorcev raziskali diferenčno termično in 8 od teh tudi rentgensko po goniometrični metodi.

Jedra vrtin smo prejeli v raziskavo v suhem stanju.

Kratek geološki opis vrtin BV-1 in BV-2

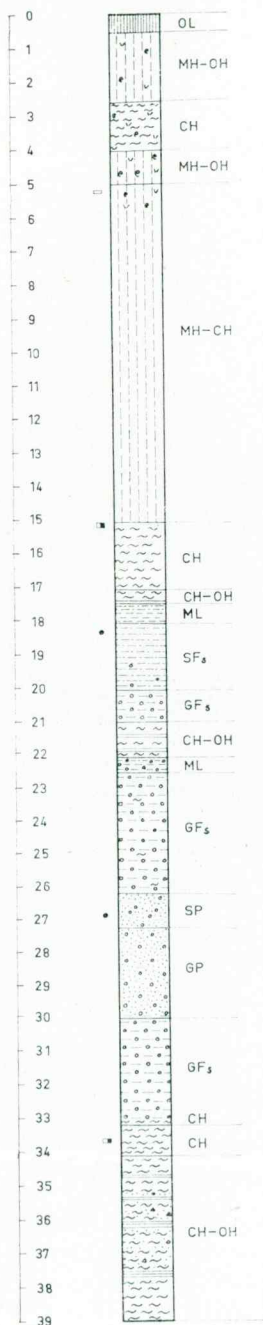
a) Vrtina BV-1

0,00 m do	0,36 m	humus
0,36 m do	13,14 m	polžarica z redkimi rastlinskimi ostanki
13,14 m do	17,07 m	židke do lahko gnetne glineno meljne plasti, malo apnene
17,07 m do	18,93 m	rumen in zelen različno debel pesek
18,93 m do	49,34 m	sorazmerno trde plasti gline, melja in peska, malo apnene
49,34 m do	85,40 m	Od globine 43,34 m dalje se začno spet pojavljati fosilni rastlinski ostanki trde do plastične plasti gline, melja in peska s posameznimi drobnimi prodniki Usedline so malo do precej apnene. V globinah 53,46 m do 53,61 m, 56,60 m do 56,64 m, 65,29 m do 65,41 m, 67,70 m do 67,76 m (po Pavlovcu, 1966), 68,15 m do 68,33 m in 68,83 m do 68,85 m je šotno blato. Na začetku (pri 50 m) in na koncu (pri 82 m) tega odseka se pojavljajo tudi številni drobci fosilnih mehkužcev, posa-

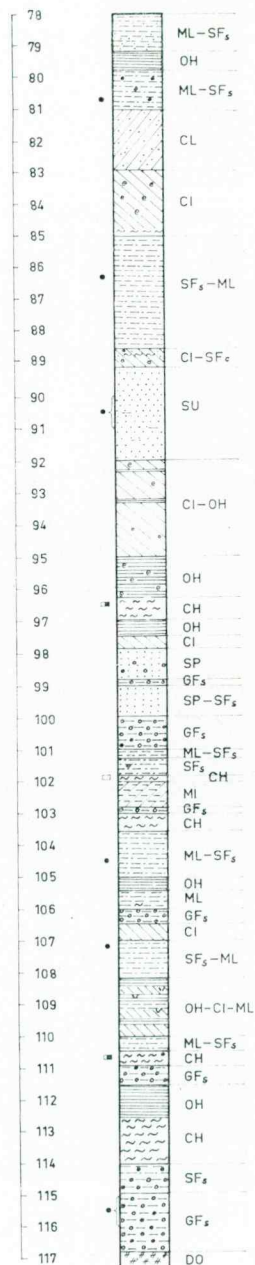
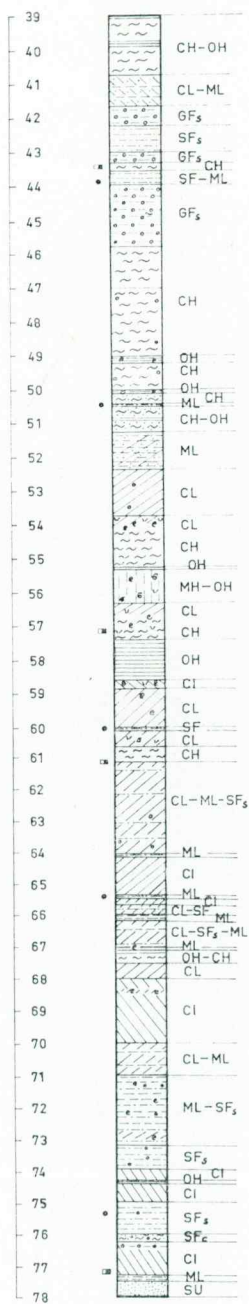
Sl. 3. Klasifikacija jeder iz vrtine BV-2 po metodi A. CASAGRANDEJA.
Legenda na sl. 2

Fig. 3. Classification of core samples from the bore hole BV-2 after A. C.
Explanation in fig. 2

BV-2



St. 3 - Fig. 3



	mezni dobro ohranjeni pa tudi vmes, od 67,16 m do 77,50 m (po Pavlovcu, 1966)
85,40 m do 92,90 m	med glino, meljem in peskom posamezni debelejši prodniki
92,90 m do 103,60 m	prevladuje dolomitni slabo zaobljen prod s peskom
103,60 m do 103,80 m	rjavkasta peščena glina s prodniki (fosilna tla)
103,80 m do 105 m	dolomitna breča
105 m do 107,18 m	prehod iz dolomitne breče v svetlo siv drobljiv dolomit

b) Vrtina BV-2

0,00 m do 0,69 m	humus s postopnim prehodom v polžarico
0,69 m do 14,00 m	polžarica
14,00 m do 20,20 m	različno obarvana glina z vložkom (0,32 m) gline z večjo organsko primesjo v globini 17,14 m
20,20 m do 33,20 m	prod in pesek; prevladujejo dolomitni prodniki, manj je peščenjakovih; pri 21,35 m je vložek gline
33,20 m do 40,77 m	glina z rastlinskimi ostanki, mehkužci in temnimi pasovi z večjo organsko primesjo
40,77 m do 45,77 m	prod in pesek z rastlinskimi ostanki
45,77 m do 71,59 m	glina s 4 peščenimi vložki in z zdrobljenimi ostanki mehkužcev in haracej
71,59 m do 97,24 m	menjavata se glina in rahlo vezan pesek z malo proda. Glina vsebuje ostanke polžev, školjk, haracej in drugih rastlinskih ostankov
97,24 m do 108,00 m	prod z vložki peska in gline. Pri 105 m je vložek (0,44 m) gline poln rastlinskih ostankov
108,00 m do 114,16 m	pasovita glina z rastlinskimi ostanki, z 1 prodmatim vložkom in 1 vložkom gline z mnogo organske primesi
114,16 m do 116,80 m	prodnat pesek
116,80 m	dolomitna podlaga Barja

Med vrtanjem je iz globine okrog 22 do 32 m brizgala voda na površje 4 m visoko.

Karbonati in glineni minerali v jedrih vrtin

Za določitev karbonatov smo uporabljali kalcimeter in solno kislino v razmerju 1 : 2,5. Za kontrolo smo večkrat analizirali kemično čisti kalcit. Natančnost odčitka je znašala okrog 0,1 %. Za apnenec je reakcija trajala do 20 minut, za dolomit pa 60 minut.

KARBONATI IN GLINENI MINERALI V JEDRIH VRTINE BV-1

Tabela 1

Opis vzorcev	Globina v metrih	CO ₂ %	Indikacija po hitrosti reakcije	Količina karbona- tov %	Benzidinska reakcija	Indikacija glinenih mineralov
zelenkasto siva polžarica	0 do 5	23,0	kalcit	52,2	brezbarvna	—
zelenkasto siva polžarica	5 do 10	27,3	kalcit	62,0	sivkasta	N+M
sivkasto zelena pusta glina	15 do 16	2,2	kalcit	5,0	svetlo zeleno modrikasta	N+M
sivkasto rjava mastna glina	19 do 20	0,5	kalcit	1,1	svetlo zelenkasto siva	N+M
siva mastna do meljna glina	26 do 27	6,3	dolomit	13,2	svetlo zelenkasto siva	N+M
siva pusta glina	35 do 36	3,6	dolomit	7,5	svetlo sivo modrikasta	M
sivkasto zelena mastna glina	46,70	0,2	dolomit	0,4	svetlo zelenkasto modra	N+M
temno siva mastna glina	53,80	0,2	dolomit	0,4	svetlo zelenkasto modra	N+M
temno siva mastna glina	63,65	19,6	kalcit (+dolomit)	44,5	siva z zelenkasto modrim odtenkom	N+M
rjavkasto zelena mastna glina	71,0	1,8	dolomit	3,8	zelenkasto sivo modra	N+M
siva meljna glina	71,82	28,4	kalcit	64,7	temno siva	M
rjavkasto zelena do siva mastna glina	74,65	0,0	—	0,0	zelenkasto sivo modra	N+M
temno siva organska glina	77,65	0,1	kalcit	0,2	umazano zelenkasto siva	N+M
zelenkasto siva mastna glina	84,56	1,3	dolomit	2,7	temno zeleno do sivo modrikasta	N+M
peščeni melj	90,00	14,4	dolomit	30,0	zelenkasto sivo rumenkasta	N+M

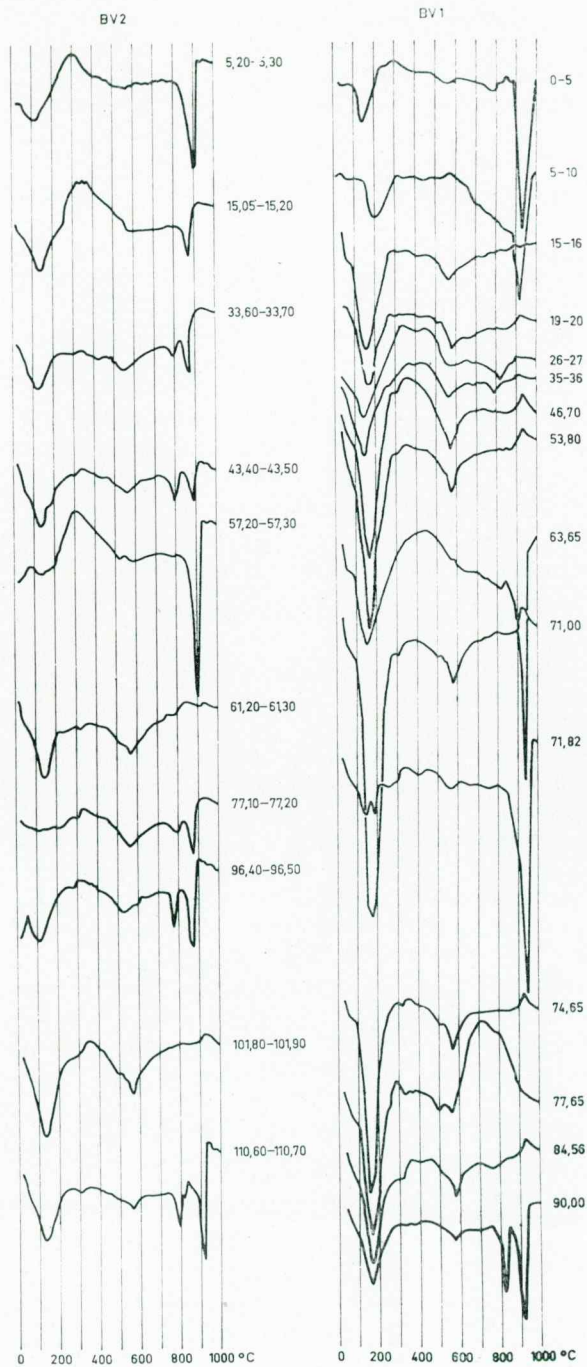
Opomba: N = haloisit M = montmorillonit

KARBONATI IN GLINENI MINERALI V JEDRIH VRTINE BV-2

Tabela 2

Opis vzorcev	Globina v metrih		CO ₂ %	Indikacija po hitrosti reakcije	Količina karbonatov %	Benzidinska reakcija	Indikacija glinenih mineralov
svetlo siva polžarica	5,2	do 5,3	32,6	kalcit	74,0	brezbarvna	—
svetlo rjavkasto mastna glina	15,05	do 15,20	12,6	kalcit	28,5	siva	M
siva mastna glina, skrilava	33,6	do 33,7	16,0	dolomit + kalcit	35,0	zeleno modrikasta	N+M
zelenkasto siva mastna glina	43,4	do 43,5	19,2	dolomit	40,0	zeleno modrikasta	N+M
temno siva mastna glina	57,2	do 57,3	28,4	kalcit	64,5	svetlo modra	M
rjavkasto siva mastna glina	61,1	do 61,2	1,8	dolomit + kalcit	3,8	svetlo modrikasto siva	M
siva pusta glina	77,1	do 77,2	10,0	kalcit + dolomit	21,8	svetlo modra	M
rjavkasto siva mastna glina	96,4	do 96,5	20,0	dolomit	42,0	svetlo modra	M
temno siva mastna glina	101,8	do 101,9	4,0	dolomit	8,4	svetlo zelenkasta	N+M
svetlo rjava mastna glina s posameznimi prodniki	110,6	do 110,7	24,6	dolomit	51,5	svetlo sivo modra	M

Opomba: N = haloisit M = montmorillonit



Sl. 4. Diferenčno termične analize vzorcev jader iz vrtin BV-1 in BV-2

Fig. 4. Differential thermal analyses of core samples from the bore holes BV-1 and BV-2

Po količini CO₂ in tudi po hitrosti reakcije s solno kislino smo sklepal na kalcit oziroma dolomit. Kalcit se pojavlja v vrtini BV-1 do globine 12 m, v vrtini BV-2 pa do 14 m največ v obliki kosmičev, ostankov mehkužcev in le delno tudi mehaničnih delcev. V večjih globinah so karbonati povečini kot mehanični delci, le v globinah okrog 50 m in 82 m pri BV-1 ter 50 m do 60 m in 70 m do 73 m pri BV-2 je spet veliko mehkužcev.

Količina karbonatov doseže v polžarici na vrhu 74 %, nato do globine 20 m znatno pade in se le v posameznih plasteh nekoliko poveča. Znatno povečanje je pri že omenjeni globini 50 m (BV-1), oziroma 50—60 m (BV-2) in nato večkrat od 60 m navzdol. Od globine 90 metrov dalje močno prevladuje dolomit nad kalcitom (1. in 2. tabela).

Organske primesi in molekularno vodo smo pri dveh vzorcih vrtine BV-1 iz globin 35/36 m in 77,65 m določili z žarilno izgubo ter našli za prvega 30,5 %, za drugega pa 20,5 % brez karbonatov.

V tabelah smo prikazali razen pomembnejših določitev CO₂ oziroma karbonatov, tudi indikacije glinenih mineralov na podlagi benzdinske reakcije. Ta nam pokaže (Grim, 1953, s. 275) zlasti montmorillonit ob značilni modrikasti barvi in tudi haloisit v zelenkasti (1. in 2. tabela).

Diferenčno termične analize

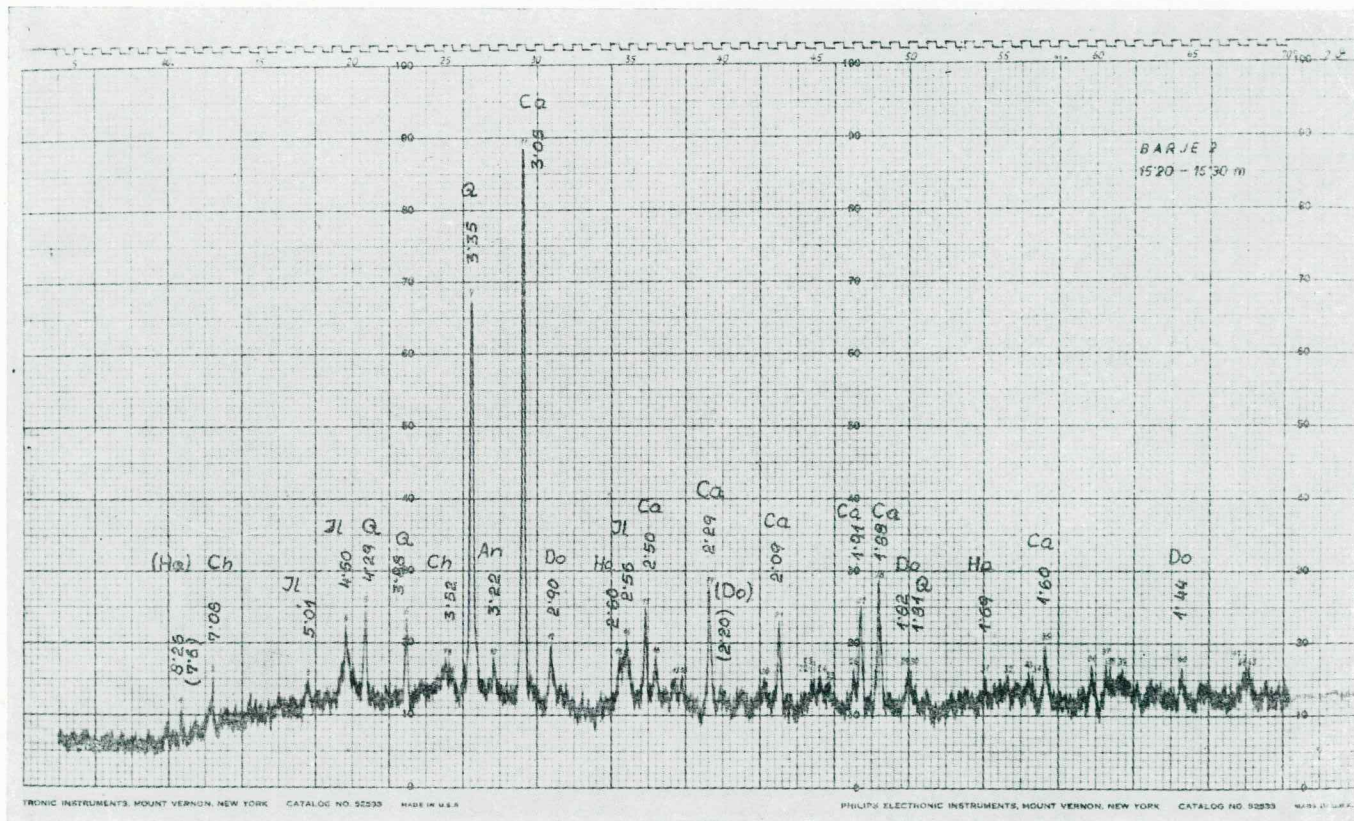
Za določitev mineralov v glinastih plasteh po diferenčno termični metodi smo uporabljali majhno pečko s cevkami in pokrovom iz niklja. Temperaturo smo merili z Ni/Cr-Al termoelementi s pomočjo galvanometra občutljivosti 0,02 mV za diferenčne razlike in z milivoltmetrom natančnosti 2° C za temperaturo pečke. Naprava lahko doseže temperaturo 1000° C in nekaj čez. Za hitrost ogrevanja smo izbrali okrog 12° C na minuto. Hitrost ogrevanja smo kontrolirali z ampermetrom in voltmetrom. Natančnost odčitka je bila v mejah napake povprečnega vzorca presejane žgane glinice kot inertnega materiala. Temperaturo pečke oziroma ogrevanje vzorca smo kontrolirali z endotermnim efektom spremembe kremen pri 573° C. Uporabljali smo stabiliziran tok (20 : 1).

Podatki diferenčno termične analize jeder BV-1 (sl. 4) kažejo, da illit prevladuje v zgornji tretjini (0,5 m do 5 m, 15 m do 16 m, 19 m do 20 m, 26 m do 27 m) in pri dnu (90,0 m). Kaolinitna skupina je značilna za vzorce v srednjem delu (47,7 m, 53,8 m, 71 m, 74,65 m, 77,65 m in 84,56 m). Montmorillonitni minerali prevladujejo v različnih globinah, predvsem pa v vzorcih 5,0 m do 10 m, 35 m do 36 m, 71,82 m; pojavljajo pa se v manjši količini skoraj v vseh vzorcih.

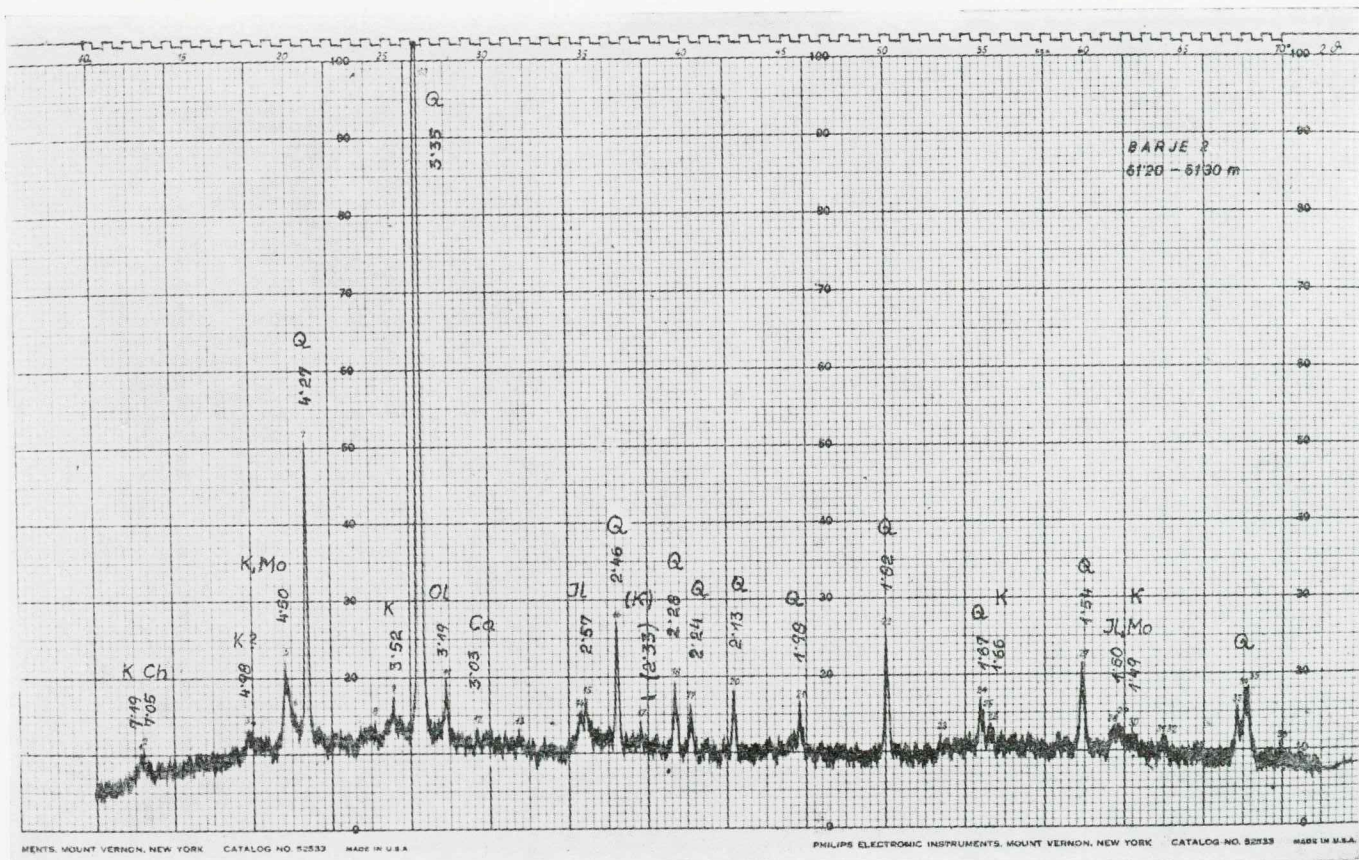
Sl. 5. Rentgenske analize vzorcev jeder iz globine 15,20 do 13,30 m (sl. 5 a), 61,20 do 61,30 m (sl. 5 b) in 110,60 do 110,70 m (sl. 5 c) vrtine BV-2

Fig. 5. Diffraction pattern of core samples taken from depth 15,20—15,30 m (Fig. 5 a), 61,20—61,30 m (Fig. 5 b), and 110,60—110,70 m (Fig. 5 c) of bore hole BV-2

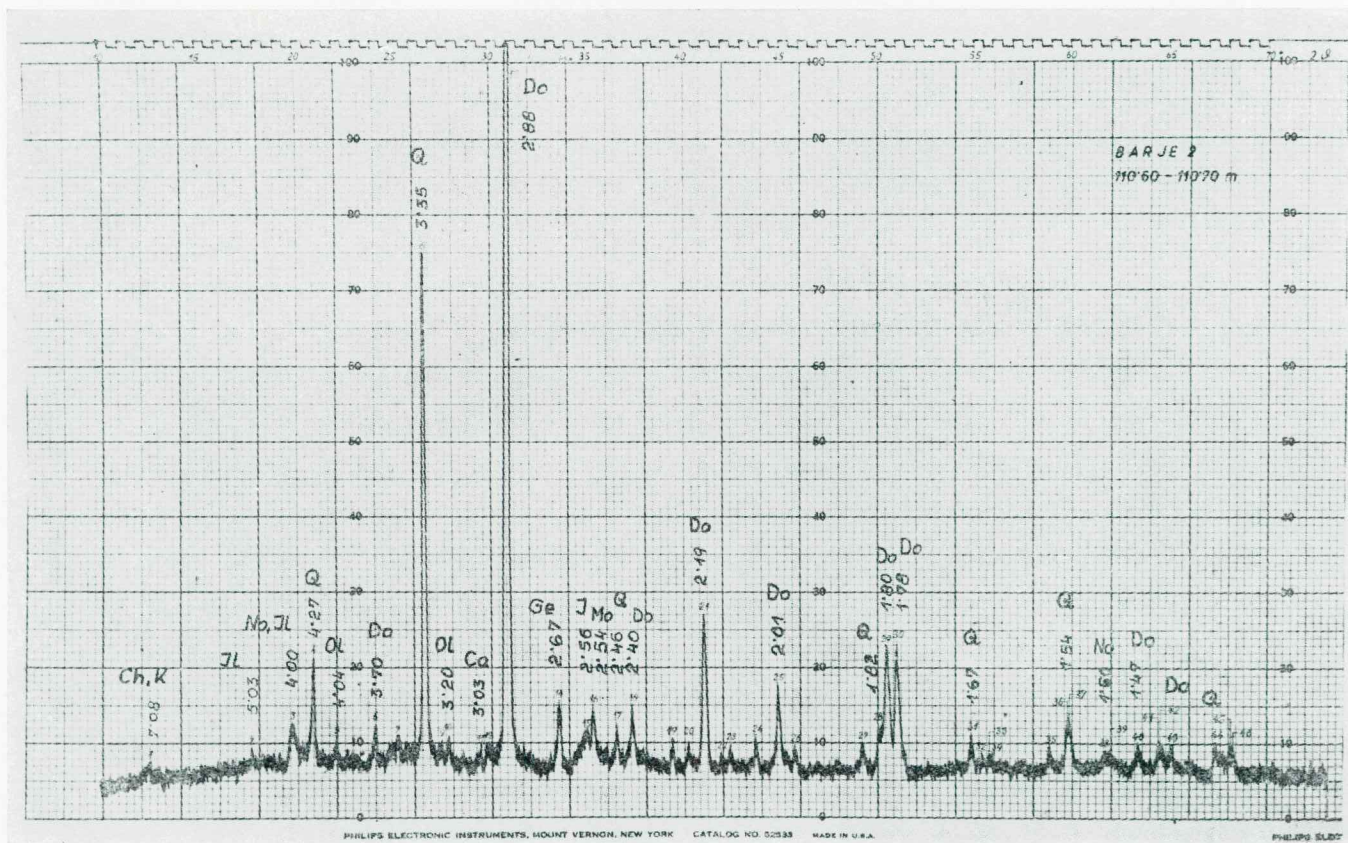
Ha haloisit — halloysite, Ch klorit — chlorite, Il illit — illite, Q kremen — quartz, An andezin — andesine, Ca kalcit — calcite, Do dolomit — dolomite, K kaolinit — kaolinite, Mo montmorillonit — montmorillonite, Ol oligoklaz — oligoclase, No nontronit — nontronite, Ge goethit — goethite



Sl. 5 a — Fig. 5 a



Sl. 5 b — Fig. 5 b



Sl. 5 c — Fig. 5 c

Diferenčno termične diagrame vrtine BV-2 (sl. 4) si natančneje ogledamo zaradi primerjave z rentgenskimi podatki. Pri vzorcu iz globine 5,2 m do 5,3 m je značilen majhen endotermni odklon zaradi absorbirane vlage zračno suhega vzorca in eksotermni odklon pri 300° C zaradi precejšnje organske primesi. Majhen endotermni odklon pri 570° C in eksotermni odklon pri 960° C kažeta na majhno primes mineralov kaolinitne skupine. Komaj zaznavni endotermni odkloni pri 690° C, 640° C, 670° C in 935° C kažejo na majhno primes klorita in mineralov montmorillonitne skupine, pri 730° C na sericit in pri 780° C na dolomit, oba v zelo majhni količini. Zelo velik odklon pa je pri 900° C zaradi kalcita.

Za vzorec iz globine 15,05 m do 15,20 m sta značilna endotermna odklona pri 140° C in 560° C ter eksotermni pri 915° C, ki skupno kažejo na illit. Za goethit in gibbsit, seveda v majhni količini, sta značilna majhna odklona pri 320° C in 360° C. Disociacijska točka kalcita je zaradi alkalnih mineralov znižana na 875° C.

Vzorec iz globine 33,6 m do 33,7 m je pokazal vse značilne odklone za illit, zelo različne odklone tudi za klorit, dolomit (790° C) in kalcit s podobno znižano disociacijsko temperaturo kot prejšnji vzorec. Majhen eksotermni odklon pri 450° C kaže na primes pirita, ki tedaj odda SO₂.

Vzorec iz globine 43,4 m do 43,5 m je v bistvu podoben prejšnjemu vzorcu, vsebuje pa nekoliko več dolomita.

Vzorec iz globine 57,2 m do 57,3 m je podoben vzorcu polžarice in njegova podobnost verjetno kaže tudi na enak nastanek. Glede na BV-1 ga lahko primerjamo edino z vzorcem iz globin 63,65 m in 71,82 m.

Vzorec iz globine 61,2 m do 61,3 m vsebuje poleg illita minerale kaolinitne in montmorillonitne skupine, goethit in kalcit.

Vzorec iz globine 77,1 m do 77,2 m je v bistvu podoben vzorcu iz globine 33,5 m do 33,6 m in vzorcu iz globine 96,40 m do 96,50 m, vendar je količina dolomita in delno kalcita tukaj večja. Povsem drugačno sestavo kaže vzorec iz globine 101,80 m do 101,90 m. Močno prevladujejo minerali kaolinitne skupine, glede na odklon pri 140° C verjetno haloisit, od primesi pa nekaj illita.

Vzorec iz globine 110,60 m do 110,70 m je podoben zgoraj omenjenim vzorcem, vsebuje pa poleg illita tudi nekaj mineralov kaolinitne in montmorillonitne skupine, goethit ter precej dolomita in kalcita.

Rentgenske analize

Diferenčno termični diagrami niso pokazali značilnega pojavljanja kremenca, ki ga je največ v vzorcih 57,2/57,3 m, 61,2/61,3 m in 77,1/77,2 m. Sledijo vzorci 33,6/33,7 m, 43,4/43,5 m, 110,6/110,7 m, 96,4/96,5 m in 15,2/15,3 m. V vseh teh vzorcih, razen v 57,2/57,3 m, smo našli tudi glinence od albита do andezina.

Ostale ugotovitve se v glavnem skladajo z diferenčno termičnimi, kažejo torej močno prevladovanje kalcita v vzorcu 57,2/57,3 m, nekoliko manj v vzorcu 15,2/15,3 m (sl. 5 a) in znatno manj v vzorcih 33,6/33,7 m,

61,2/61,3 m (sl. 5 b) in 110,6/110,7 m. Dolomit prevladuje v vzorcih 110,6/110,7 m (sl. 5 c), 96,4/96,5 m in 43,4/43,5 m, okrog polovice manj ga je v vzorcih 33,6/33,7 m in 77,1/77,2 m.

Od glinenih mineralov je kaolinit zanesljivo le v vzorcu 61,2/61,3 m, medtem ko ga v vseh drugih vzorcih verjetno delno zamenjuje klorit ($d = 7,07 \text{ \AA}$). V vzorcih 15,2/15,3 m (sl. 5 a), 33,6/33,7 m, 96,4/96,5 m in 110,6/110,7 m, torej pri dnu in pri vrhu se pojavlja značilna črta $d = 5,0 \text{ \AA}$, v vseh drugih vzorcih pa $d = 4,97 \text{ \AA}$; verjetno sta značilni za dva različna minerala, prva morda za illit, druga za minerale kaolinitne skupine. Prvo spremlja v istih vzorcih tudi črta $2,56 \text{ \AA}$, ki je v splošnem značilna za illit. Črte za minerale montmorillonitne skupine se v diagramih navadno prekrivajo z illitnimi in tudi s kaolinitnimi, zlasti pri nižjih medmrežnih razdaljah.

Iz BV-1 smo po Debye-Scherrerjevi metodi mogli preiskati samo vzorec iz globine 35 m do 36 m; dobili smo naslednje vrednosti:

d v $\text{\AA}$	Intenziteta	Indikacija
4,383	m	kremen, illit, montmorillonit
3,358	zm	kremen
2,996	m	kalcit, montmorillonit
2,869	sr	dolomit
2,122	sr	kremen
1,817	m	kremen
1,543	m	kremen
1,500	m	illit, montmorillonit
1,382	m	kremen
1,294	sr	kremen, montmorillonit
1,200	sr	kremen
1,182	sr	kremen

Iz te analize vidimo, da od glinastih mineralov prevladuje illit, prisotni so montmorillonit, kremen, dolomit in malo kalcita.

Za vrtino BV-2 smo raziskali tudi možnost nastopanja težkih mineralov v glinastih vzorcih. Magnetit je v zaznavni količini možen v vzorcih 15,2/15,3 m, 33,6/33,7 m, 77,1/77,2 m, 96,4/96,5 m in 110,6/110,7 m, torej predvsem v mehanskih usedlinah pri vrhu in pri dnu.

Rutil je možen v vzorcih iz globin 15,1/15,2 m in 77,1/77,2 m, torej v vzorcih, ki so se sedimentirali pred kemičnimi usedlinami.

Cirkon je možen praktično v vseh vzorcih, podobno tudi granati. Kromit je verjeten zlasti v vzorcih iz zgornjega dela vrtine (15,2/15,3 m, 33,6/33,7 m in v vzorcu 43,4/43,5 m).

Mikroskopski pregled polžarice

Zaradi pomena polžarice za nastanek Ljubljanskega barja smo dva vzorca pregledali tudi pod mikroskopom. Iz praktičnih ozirov smo izbrali povprečni vzorec takoj pod humusom do globine 5 m in vzorec iz globine 5 m do 10 m, ki predstavlja homogeni karbonatni pelit.

Vzorec do 5 m globine sestavljajo kosmičasta zrnca kalcita z malo dolomita, oboje srednje velikosti 0,02 mm, največ pa 0,15 mm, dalje apneni drobcji polževih hišic, okrog 0,03 mm velika zrna kremena (3 %) , razpadli rastlinski ostanki (5 %) in mikroskopsko nedoločljiva snov v obliki zelo drobnih lusk in kosmičev do velikosti 0,1 mm, ki predstavlja v glavnem glinaste delce. V sledovih se pojavljajo muskovit (0,01 %), goethit, granat in epidot (pod 0,01 %). Te minerale smo ločili s težko tekočino.

Vzorec iz globine 5 m do 10 m ima tudi kosmičasta zrna kalcita z večjo primesjo dolomita. Kalcitna zrna so povprečno manjša kot v prejšnjem vzorcu; njihova velikost je le nekaj tisočink milimetra, zrna kremena (2 %) pa so, nasprotno, nekoliko večja, povprečno okrog 0,04 mm. Kažejo na močnejše poplavne tokove v barjanskem jezeru. Rastlinskih ostankov je tudi nekoliko manj (2 %). Mikroskopsko natančneje nedoločljiva snov (glina) se pojavlja v majhnih luskah, kosmičih in drobcih velikosti do 0,1 mm (skupaj 36 %). Muskovita je malo, podobno kot v prejšnjem vzorcu okrog 0,01 %. Nekoliko več kot zgoraj je zrn granata in goethita. Pojavljajo se tudi zrna glavkonita, turmalina, cirkona in amfibola, ki jih v zgornjem vzorcu ni.

Fizikalne lastnosti polžarice

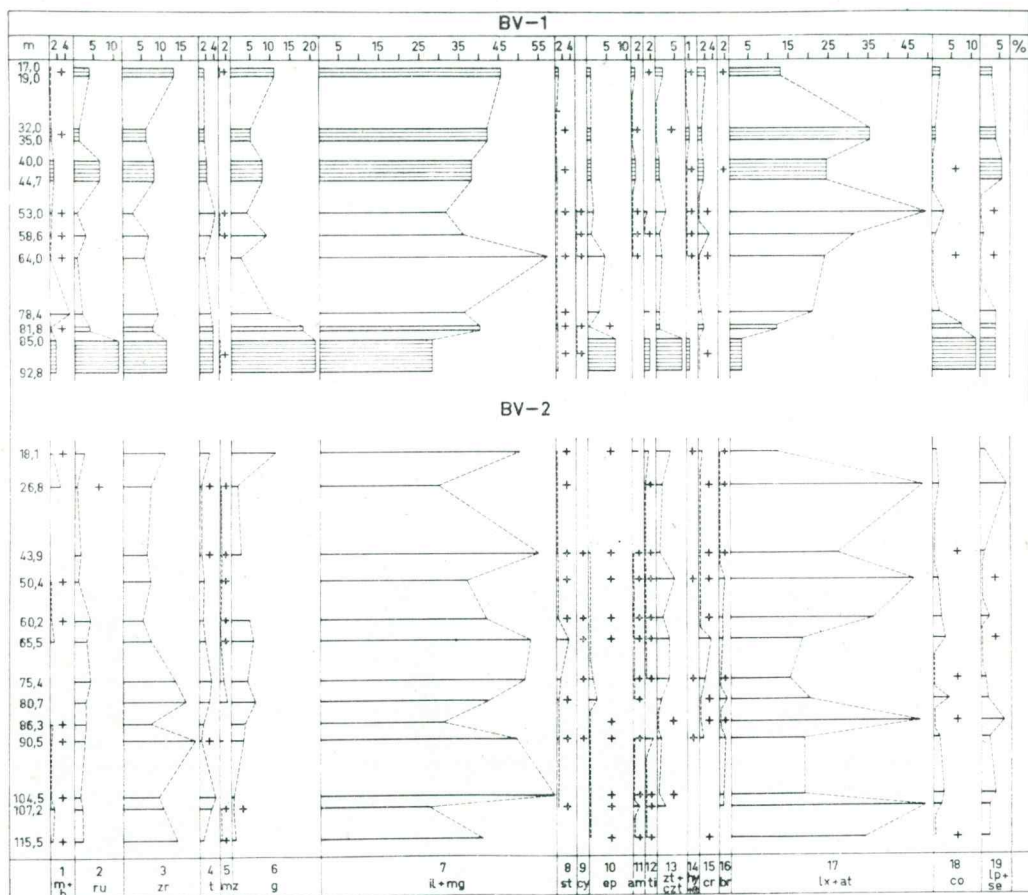
Žganje poskusnih ploščic iz materiala teh dveh vzorcev in merjenje deformacij pri temperaturi do 900° C oziroma 960° C je pokazalo, da se vzorec do 5 m zelo močno krči (1,49 % oz. 0,11 %), medtem ko vzorec 5 m do 10 m linearno celo nabreka 0,85 % oziroma 1,68 %.

Za oba vzorca smo določili tudi tališče, ki je za prvi vzorec pri 1230° C, za drugega (5 m do 10 m) pa pri 1250° C. Oba vzorca sta bila po taljenju črna, kar dokazuje, da imata znatno primes železovih, delno morda tudi manganovih spojin. Verjetno se je precejšen del železa oboril v jezeru kot železov hidroksid, goethit in lepidokrokrit, ter se tudi vezal v strukturno mrežo karbonatov, glin in organskih snovi, medtem ko zelo majhen del lahko izvira iz težkih mineralov.

Raziskave so pokazale, da polžarica praktično nima nobenega pomena za keramiko, opečne in podobne izdelke, pač pa bi jo zaradi velike količine drobnih zrnatih karbonatov lahko uporabljali edino za apnenje kislih zemljišč.

Težki minerali

Iz vrtine BV-1 smo dobili v analizo težkih mineralov devet peščenih in meljasto peščenih vzorcev iz različnih globin od 17 m do 92,80 m. Vzorce smo informativno pregledali tudi pod mikroskopom (sl. 6).



Sl. 6. Diagrami težkih mineralov za vrtini BV-1 in BV-2
 Fig. 6. Diagrams of heavy minerals from bore holes BV-1 and BV-2

- | | |
|--|--|
| <p>1. <i>m + b</i> muskovit in biotit — muscovite and biotite</p> <p>2. <i>ru</i> rutil — rutile</p> <p>3. <i>zr</i> cirkon — zircon</p> <p>4. <i>t</i> turmalin — tourmaline</p> <p>5. <i>mz</i> monacit — monazite</p> <p>6. <i>g</i> granat — garnet</p> <p>7. <i>il + mg</i> ilmenit in magnetit — ilmenite and magnetite</p> <p>8. <i>st</i> stavrolit — staurolite</p> <p>9. <i>cy</i> disten — kyanite</p> <p>10. <i>ep</i> epidot — epidote</p> <p>11. <i>am</i> amfibol — amphibole</p> | <p>12. <i>ti</i> titanit — titanite</p> <p>13. <i>zt + czt</i> zoisit in klinozoisit — zoisite and clinozoisite</p> <p>14. <i>hy + e</i> hipersten in enstatit — hypersthene and enstatite</p> <p>15. <i>cr</i> kromit — chromite</p> <p>16. <i>br</i> brukit — brookite</p> <p>17. <i>lx + at</i> levkoksen in malo anataza — leucoxene and a small amount of anatase</p> <p>18. <i>co</i> klorit — chlorite</p> <p>19. <i>lp + se</i> leptoklorit in sericit — lepto-chlorite and sericite</p> |
|--|--|

Vrtina BV-2 je nudila obilico menjajočih se plasti gline, melja, peska in proda. Za analizo težkih mineralov smo odbrali trinajst peščenih vzorcev iz globine 18,20 m do 116 m (sl. 6). Analiza težkih mineralov naj bi pokazala, ali se posamezne plasti razlikujejo med seboj bodisi po značilnih mineralih bodisi po asociaciji mineralnih vrst. Obenem naj bi pomagala tudi pri razjasnitvi izvora težkih mineralov in s tem izvora drugega materiala. Pri odločanju težkih mineralov smo zaradi dolomita frakcijo 0,06 mm do 0,2 mm raztapljali v razredčeni solni kislini 1:4. Težke minerale smo odločali z bromoformom sp. t. 2,82. Ta specifična teža je le malo manjša (za 0,03), kakor jo navaja Pettijohn (1957, 129) za mejo med težkimi in lahkimi minerali.

Za pomoč pri iskanju izvora sedimentacijskega materiala smo pregledali tudi nekoliko izpranih prodnikov z različnih globin vrtine BV-2. Pri tem smo iz dveh vrst najpogostnejših peščenjakovih prodnikov napravili tudi analizo težkih mineralov. Ta raziskava je pokazala, katere težke minerale vsebujejo peščenjaki in katere druge kamenine.

V vseh raziskanih globinah obeh vrtin je sestava težkih mineralov podobna. Njihove količine v posameznih vzorcih le nekoliko nihajo. Najbolj so zastopani ilmenit, levkoksen, cirkon, granati, rutil, turmalin, zoisit in klinozoisit. Pogostna sta še klorit in sericit. Ta asociacija mineralov je značilna za barjanske sedimente. Druge vrste mineralnih zrn so v manjšini. Nekateri vzorci kažejo določene posebnosti; vzorec iz globine 64 m vrtine BV-1 vsebuje sorazmerno veliko epidota, zoisita in klinozoisita ter sorazmerno malo granatov. Obratno pa ima vzorec iz globine 81,25 m do 82,40 m veliko granatov in sorazmerno malo epidota, zoisita in klinozoisita. Podobnega razmerja pa ni pokazala vrtina BV-2. Obe vrtini kažeta v vzorcih iz globine okrog 65 m (BV-1 58,58 m in BV-2 65,45 m do 65,58 m) sicer sorazmerno malo (3 %), a največ kromita izmed vseh ostalih vzorcev. Vzorci obeh vrtin kažejo približno obratno sorazmerje med količino granatov in levkoksena. Distena je v obeh vrtinah sicer zelo malo, toda globlje od 50 m je bolj pogosten kot nad 50 m globine. Obe vrtini kažeta pri 35 m do 91 m največ cirkona. Poleg težkih mineralov, prikazanih v diagramu, smo v vzorcu iz globine 32 m do 35 m vrtine BV-1 našli tudi malo tremolita (pod 0,5 %), v vzorcu iz globine 53 m malo andaluzita (pod 0,5 %) ter v vzorcih iz globin 64 m in 81,25 m do 82,40 m še pirit. Jedro vrtine BV-2 pa je vsebovalo pirit v globinah 43,80 m do 43,90 m in od 115 m do 116 m.

Značilnost zrn težkih mineralov iz obeh vrtin je, da so sorazmerno precej zaobljena, čeprav so drobna in trda. Tako na primer pri rutilu pogosto niso ohranjene bipiramide, včasih tudi ne robovi prizem in so zrna delno celo ovalna. Pri cirkonu je oster vrh bipiramid le redko ohranjen, delno so ohranjeni robovi prizem. Turmalin ima zaobljena oglišča in pogosto tudi robove; redko dobimo tudi zelo zaobljeno zrno. Granati imajo zaobljena oglišča. Zrna ilmenita so izometrična in imajo prav tako zaobljena oglišča. Zaobljenost, vsaj oglišč, kažejo tudi vsa druga zrna težkih mineralov.

Če se oziramo na Pettijohnov red obstojnosti težkih mineralov (Pettijohn, 1957, 506) vidimo, da so v naših vzorcih pogostna zrna, ki so

bolj na začetku tega reda. Red se začne z najobstojnejšimi zrni, ki jih v naših vzorcih predstavljajo rutil, cirkon, turmalin, granati in ilmenit. V naših vzorcih je pogosten še levkoksen, ki je po Pettijohnu (1957, 513) značilen za preložene sedimente.

Zaobljenost in prevladovanje obstojnejših vrst zrn težkih mineralov kaže, da so mogla biti zrna najmanj dvakrat preložena. Zrna težkih mineralov v obravnavanih vzorcih morejo izhajati iz razpadlih sedimentov, predvsem iz peščenjakov. Na to kaže tudi pesek, iz katerega smo zrna odložili. Pesek vsebuje poleg kremenca in glinenega melja tudi precej drobcev dolomita in peščenjaka. Analize samo dveh vrst peščenjaka — izbranih prodnikov iz vrtine BV-2, zelenkasto sivega peščenjaka iz globin 28,32 m do 28,52 m in 72,59 m do 72,74 m ter rdečkastega grōdenskega peščenjaka iz globine 28,32 m do 28,52 m — so pokazale, da morejo izhajati v peskih se nahajajoči muskovit, rutil, cirkon, turmalin, zoisit, klinozoisit, levkoksen, klorit, leptoklorit in sericit iz peščenjakov obeh vrst. Granati morejo izhajati iz wengenskih skladov. Po ustnem pojasnilu F. Drobnetaja imajo namreč karbonski, grōdenski in werfenski skladi malo granatov, pač pa vsebujejo granate wengenski skladi. Na to kaže tudi naša analizirana peščenjaka.

Nepojasnjeno je ostalo predvsem, od kod izhaja ilmenit v peskih. Prav tako ne poznamo izvora zrn, ki so sicer v majhni količini, kot npr. stavrolit, disten, epidot, titanit, kromit in brukit.

Asociacija težkih mineralov je torej v obeh vrtinah podobna.

Izvor peščenega in prodnega materiala

Raziskave peska iz vrtine BV-1 iz globine 17 m do 92,80 m so pokazale kot glavne sestavine kremen, dolomit, drobce skrilavca in peščenjaka ter melj. Količina dolomita z globino raste (od okrog 5 % do 50 %), nasprotno pa količina kremenca z globino pada (od okrog 65 % do 30 %). Količini melja in glinastega melja sta več ali manj enaki (okrog 20 % do 35 %).

Glavne sestavine peščenih in prodnih plasti vrtine BV-2 so dolomit, peščenjak in kremen.

Dolomit je svetlo siv, siv in svetlo rjav.

Svetlo rjava barva dolomita izvira od železovega hidroksida. Dolomit je pretežno drobnozrnat; njegova zrna so velika nekaj stotink milimetra do 0,12 mm. Redkeje je dolomit jedrnat z zrni pod 0,01 mm. Prodniki so trdni, imajo zaobljene robove in obrušene površine. Največji prodnik je velik 30 mm. Mikroskopski pregled prodnikov in peska v zdrobljenem stanju ni pokazal značilnih primesi (npr. kremenca), po katerih bi mogli razlikovati več vrst dolomitov. Odsotnost opazne reakcije s solno kislino 1 : 25 kaže, da dolomit ne vsebuje kalcita, razen nekoliko drobcev v globini okrog 76 m in 87 m. Tudi preizkus barvanja po Fairbankovi metodi (Le Roy, 1951, 195) je pokazal podobno kot razredčena solna kislina. V vzorcu iz globine 20,20 m do 20,43 m smo na ta način preizkusili štiri najst drobni prodnikov dolomita; nobeden ni pokazal kalcita. Podobno

velja za enajst drobnih prodnikov iz globine 72,59 m do 72,74 m. Od devetih drobnih prodnikov iz globine 87,70 m do 87,80 m jih je bilo šest dolomitnih, trije pa apneni dolomitni. Prodniki tega apnenega dolomita so belkasti. Sedem prodnikov iz globine 111 m do 111,40 m je z obarvanjem pokazalo samo dolomit.

V primerjavi z dolomitnimi je prodnikov iz apnenca izredno malo. Dva prodnika, ki smo ju našli v izpranem materialu, sta iz globin okrog 65 m in okrog 73 m. Prodnika sta velika 3 mm, imata zaobljena oglišča in sta sestavljena iz svetlo sivega jedrnatega apnenca z zrni, velikimi pod 0,01 mm.

Manjša zaobljenost prodnikov dolomita kaže, da je bil njihov transport kratek. Prinesle so jih vode z barjanskega zaledja, v katerega segajo poleg krajših dolin tudi dolge in globoke doline s potoki Podlipščica, Tunjica, Borovniščica, Gradaščica, Šujica, Želimeljščica in Iška.

Po informativnem pregledu naplavlja današnja Želimeljščica v glavnem dolomitni prod; znatno manj je rdečkasto rjavih prodnikov peščenjaka in peščenega apnenca ter zelo malo tufskih. Iškin prod je iz svetlo sivega in sivega dolomita, nekoliko apnenega, manj je prodnikov sivega apnenca, rdečkasto rjavega peščenjaka in tufa. Prod Gradaščice med Stransko vasjo in Dobrovo, tj. brez naplavin Šujice, je povečini iz dolomita in rdečkasto rjavega kremenovega peščenjaka, malo je prodnikov iz drobnega konglomerata, sivega apnenca, sivega glinastega skrilavca, pologlatih prodnikov kremena in tufa. Redko dobimo prodnik kremena in zelenkasto sivega peščenjaka. Šujica nosi pretežno prod mladopaleozojskega kremenovega peščenjaka in glinastega skrilavca.

Če upoštevamo naplavine Želimeljščice, Iške, Gradaščice, Šujice ter geološko zgradbo barjanskega obrobja in zaledja (Geološka karta Ljubljanskega prostora, Rakovec, 1955), moremo sklepati, da je izvor dolomitnega peska in prodja za vrtino BV-2 bodisi jugovzhodno barjansko zaledje ob Iški, Želimeljščici ter vzhodno in jugovzhodno od Škofljice, bodisi severozahodno zaledje na območju Gradaščice.

Barjansko obrobje in zaledje okrog Podpeči, Borovnice, Vrhnike in Drenovega griča ima v svoji zgradbi poleg dolomita tudi precej apnenca, katerega pa je pokazala vrtina BV-2 zelo malo.

Kremen je pogosten v pesku, redkeje ga dobimo v obliki prodnikov; največji kremenov prodnik, ki smo ga našli, je velik 15 mm. Prodniki so povečini pologlati, zelo redko zaobljeni. Kremen je belkasto siv in svetlo siv, zelo redko rožnat. Kot pesek more izhajati iz razpadlih peščenjakov, kot prod pa iz kremenovih žil v mladopaleozojskih skladih. Kremenove prodnike nahajamo skupno s prodniki peščenjakov.

Rožencev je malo. Pojavljajo se kot pesek in droben prod. Največji prodnik je velik 17 mm. Izhajati morejo, podobno kot kremen, iz razpadlih peščenjakov. Prodniki rožencev so zelo svetlo sivi, delno sivi. Njihovi robovi so slabo zaobljeni.

Drobcev tufov je zelo malo in so slabo ohranjeni. V vzorcu vrtine BV-2 iz globine 20,20 m do 20,43 m smo med drugimi prodniki našli 3 mm velik prodnik preperelega tufa. Eno kaolinizirano zrno glinenca je v imerzijski tekočini 1,5455 pokazalo slab negativen relief in je bilo dvoosno

z negativnim predznakom. Tri zrna glinencev so v imerzijski tekočini 1,5385 pokazala negativen relief, predznak enega zrna je bil negativen, pri dveh pa pozitiven. Zrna predstavljajo albit. Našli smo tudi nekoliko zrn kremenca, medtem ko je večji del predstavljala kaolinizirana in kloritizirana tufska masa. Mikroskopska raziskava je torej pokazala, da je prodnik sestavljen iz tufa kremenovega keratofirja. Drobci tufa se pojavljajo v globini 20 m do 28 m.

Glinence v samostojnih zrnih nahajamo le v peskih. Zrna so velika do 0,2 mm, redkeje do 0,5 mm. Pretežno niso dvojčična in so brez razpok. Na videz so podobna zrnem kremenca. Najdemo pa tudi nekoliko dvojčičnih zrn. Po reliefu v imerzijskih tekočinah 1,5455 in 1,5366 ter po konvergentni sliki in kotih potemnitve sklepamo, da med glinenci prevladujeta albit in oligoklaz, manj pa je andezina. Ker sta rdeči in zelenkasto sivi peščenjak pokazala podobne glinence, moremo sklepati, da glinenci v pesku izhajajo iz razpadlih peščenjakov, delno pa iz tufov. Medtem ko smo izvor albita in oligoklaza pojasnili, andezina v prodnikih peščenjaka in tufa nismo našli.

Vrtina BV-2 ima kot prodnike tri vrste peščenjakov. Najbolj sta zastopana zelenkasto sivi peščenjak s prehodi v peščeni skrilavec in rdeči peščenjak. Pogosten je tudi zelo svetlo sivi peščenjak.

Vse tri vrste peščenih prodnikov nastopajo skupaj. Njihov transport ni mogel biti dolg; imajo le zaobljene robove, poleg tega so pogostni tudi skrilavi kosi, ki so zaradi večje količine klorita mehki in manj odporni.

Po asociaciji težkih mineralov v zelenkasto sivem in rdečem peščenjaku sklepamo, da izhajata iz grōdenskih skladov.

Zelo svetlo sivi peščenjak je na osnovi mikroskopskega pregleda kremenov, delno kloritno sericitno kremenov. Ta peščenjak je podoben svetlo sivemu preperelemu karbonskemu peščenjaku.

Po geološki zgradbi barjanske okolice sklepamo, da izvirajo peščeni prodniki bolj iz severozahodnega kot iz jugovzhodnega in vzhodnega obrobja in zaledja.

Zelenkasto sivi peščenjak smo našli tudi v vrtinah na Viču. Kot nam je povedal D r o b n e, dobimo zelenkasto sivi peščenjak v Loškem hribu, to je med Lesnim brdom in Logom, vzhodno od kote 490 m.

Prisotnost granatov v pesku vrtine pa kaže na delni izvor materiala iz wengenskih skladov.

Le med peskom dobimo drobce rdečkastega werfenskega skrilavca in temno sivega mladopaleozojskega glinastega skrilavca. Malo drobcev mladopaleozojskega glinastega skrilavca smo našli tudi med prodom v vzorcih iz globin 23 m do 25 m, 66 m in 73 m.

Ker je med prodom in peskom v jedrih vrtine BV-2 v globini okrog 87 m do 116,80 m veliko dolomita in zelo malo peščenjaka, kažeta prod in pesek iz te globine bolj na izvor z območja Iške in Želimeljščice kot pa z območja Gradaščice in Šujice. Obratno pa velja za prod in pesek vrtine BV-2 nad 87 m globine, kjer se poleg dolomita pojavlja peščenjak. Material nad 87 m globine torej bolj kaže na izvor z območja Gradaščice in Šujice kot z območja Iške in Želimeljščice.

TEŽKI MINERALI V PRODNIKIH PEŠČENJAKOV VRTINE BV-2
V ODSOTOKIH

Tabela 3

Mineral Vzorec	m +	ru	zr	t	mz	g	il +	am	zt +	lx	co	lp +
	b						mt		czt			se
1	3	1,5	6,5	6	—	—	1	+	2	43,5	27	7,5
2	12	4	2	2	+	+	—	—	1,5	30	9	39,5
3	18	4,5	13,5	0,5	0,5	—	—	—	4,5	8	23	18
4	3	4	9	5	—	—	+	—	3	47	8	21

m + b	— muskovit in malo biotita	il + mt	— ilmenit in magnetit
ru	— rutil	am	— amfibol
zr	— cirkon	zt + czt	— zoisit in klinozoisit
t	— turmalin	lx	— levkoksen
mz	— monacit	co	— klorit
g	— granat	lp + se	— leptoklorit in sericit
+	— sledovi		

Vzorci:

- 1 — prodniki zelenkasto sivega kloritno kremenovega peščenjaka iz globine 28,32 m do 28,52 m
- 2 — podobno kot 1, samo manj klorita
- 3 — prodniki rdečega kremenovega peščenjaka iz globine 28,32 m do 28,52 m
- 4 — prodniki zelenkasto sivega kloritno kremenovega peščenjaka iz globine 72,59 m do 72,74 m.

Limonit nahajamo v manjši količini v ovalnih drobcih, velikih do nekaj desetink milimetra. Pri vseh vzorcih, v katerih smo določali težke minerale, se je k težki frakciji odločil tudi limonit. Pogosto je tudi že omenjeno površinsko obarvanje in infiltriranje dolomitov z železovimi hidroksidi. To so pokazali predvsem vzorci iz globin okrog 23 m, 50 m, 60 m, 73 m, 86 m in delno 115 m do 116 m. Vzrokov za izločanje železovih hidroksidov je več. Najpogostnejši primer je, da se železo oksidira in se pri tem obori. Druga možnost, ki privede do nastanka železovih hidroksidov je, da se iz vode, ki vsebuje ogljikovo kislino in ima malo kisika, obori najprej železo kot karbonat, in ta nato v dotiku z zrakom razpade v železov hidroksid in ogljikov dioksid. Zadnji primer se dogaja v močvirskih vodah (Barth, Correns, Eskola, 1939, 204).

Pirit smo v majhni količini našli v vzorcih iz globin 43,80 m do 43,90 m in 115 m do 116 m; ima obliko kroglic, ki so delno med seboj sprijete v agregate. Pri razpadu organskih snovi v odsotnosti kisika je nastajal žveplov vodik, ki se je spajal z železom, raztopljenim v vodi, in dal pirit.

Med peskom smo v vzorcih iz globin 65,45 m do 65,58 m in 90 m do 91 m našli še dipir. Njegova zrna so prizmatska z bipiramidami. Imajo polno drobnih vključkov z visokimi rožnatimi interferenčnimi barvami.

Od kod je prišel ta mineral in iz kakšnih kamenin, zaenkrat ne moremo pojasniti.

Po sestavi peska in prodra ter po asociaciji težkih mineralov sklepamo, da je material celotne vrtine BV-1 in vrtine BV-2 od vrha do globine 87 m prihajal s severozahodnega barjanskega obrobja. Material vrtine BV-2 v globini 87 m do 116,8 m pa je verjetno prihajal z jugovzhoda.

EXPLORATORY BORE HOLES BV-1 AND BV-2 IN THE LJUBLJANA MOOR

The bore holes BV-1 and BV-2 were drilled near the centre and in the eastern part of the Ljubljana Moor respectively. There the Holocene soft carbonaceous pelite, shelly silt, so called "polžarica" nearly reaches the maximum thickness of about 13 metres.

In both bore holes three layers of the polžarica, generally rich with mollusca, are encountered. These silts were deposited from lacustrine waters, rich in calcium bicarbonate, during two interstadial stages W I/II and W II/III, and during the last postglacial period.

Mineralogical analyses of the continuous cores show a general prevalence of kaoline-chlorite clays in the depths from about 40 metres to about 90 metres. Only at 63,65 metres depth one intercalation of illitic character was found. Above the depth of 40 metres, and below 90 metres the illitic clays are prevalent. Some kaoline clays can be found between 19 and 20 metres and 26 to 27 metres. Montmorillonite and halosite respectively can be found in nearly all core samples, especially in carbonate containing clays, that means in alkaline medium. Kaolinite is found in acidic, and illite in neutral medium.

Most of the clays might have been redeposited, therefore the data obtained from two bore holes only might not be fully sufficient for a determination of the origin of these clays.

Differences in the clastic sediments in different depths of the bore holes BV-1 and BV-2 indicate that the clayey material was not transported to both bore holes from the same sources. The chemical sediments however show no essential differences.

The Holocene polžarica from BV-1 (depths 0,36 to 13,14 metres), shows a large quantity of carbonate flakes (74 per cent), some clayey materials such as montmorillonite, illite, chlorite; silica grains (2 to 3 per cent); remains of plants (2 do 5 per cent), and occurrences of heavy minerals such as muscovite, goethite, garnet, gibbsite, epidote, glauconite, tourmaline, zircon, and amphibole.

During the thermal analyses of the average samples from depths 0,45 to 5,00 metres and 5,00 to 10,00 metres these samples showed considerable deformation at their respective melting points 1230° C and 1250° C. Both samples blackened, most probably due to admixture of iron and manganese bound to the clay, the quantity of heavy minerals being too low.

Sand and sandstone cores from various depths of both bore holes were examined for heavy minerals, the grain size investigated being between 0,06 and 0,20 mms. The association of heavy minerals was similar in all samples, in decreasing order of occurrence ilmenite, leucoxene, zircon, garnet and rutile. Chlorite and sericite also occur. Beside the heavy minerals also some limonite was found.

The roundness of the grains, as well as the prevalency of minerals heading Pettijohn's persistence order (Pettijohn, 1957, p. 506) indicates that they originated from desintegrated sandstones.

In the bore hole BV-2 coarse pebbles of gray and red Gröden (Upper Paleozoic) sandstone occur. However, from these sandstones only the association of the heavy minerals cannot be completely explained, as shown in the diagrams (Fig. 6). The origin of ilmenite, as well as that of grains occurring in smaller quantities such as staurolite, kyanite, epidote, titanite, chromite and brookite has not been found. Garnets however are contained in Wengenian strata. Still the very similar association of heavy minerals allows the conclusion that their origin was from similar rocks.

The sandy core samples from both bore holes, as well as the pebbles in BV-2 are composed of dolomite, quartz, desintegrated sandstones, slates and silty clays. Only the pebbles from BV-2 were investigated in detail. They consist mainly of dolomite, partly of chlorite-quartz, chlorite-sericite-quartz, and quartz sandstone. Very few are the pebbles originated from quartz veins from Upper Paleozoic strata. One pink pebble might have originated from the very rare Gröden conglomerate. Rare are also pebbles of limestone, tuff, and clay shales.

The bore hole BV-2 reached the dolomite bedrock, which is also a characteristic constituent of gravels and sands in the Ljubljansko barje (Moor south of Ljubljana), whereas generally in the Ljubljansko polje (flat land north of Ljubljana) limestones are prevalent.

The sands and gravels from both bore holes, the geological structure of the moor and its hinterland, and the material carried now by the streams to the Moor allow conclusions on the origin of the sediments encountered in the bore holes. The deeper sediments of bore BV-2, in depths from 116,8 to 87 metres have been redeposited from the southeastern hinterland, and the upper sediments above 87 metres from the northwestern hinterland of the Moor. For bore BV-1 there are no data for the pebbles, but the composition of the sands indicates an origin in the northwestern surroundings of the Moor.

LITERATURA

- ASTM, 1960, Index to the x-ray powder data file, Philadelphia.
Barth, T. F., W., Correns, C., W., Eskola, P., 1939, Die Entstehung der Gesteine, Berlin.
Grim, R. E., 1953, Clay Mineralogy, New York, Toronto, London.
Kramer, E., 1905, Das Laibacher Moor, Ljubljana.
Le Roy, I. W., 1951, Subsurface geologic methods, Second Printing, Second Edition, Golden, Colorado.

Mackenzie K. C., 1962, Differential Thermal Analysis, Data Index, Cleaver-Hume Press LTD, London.

Melik, A., 1946, Ljubljansko mostiščarsko jezero in dediščine po njem. Dela SAZU, Ljubljana.

Milner, H. B., 1962, Sedimentary Petrography, V. I, V. II, Fourth Edition, London.

Pavlovec, R., 1966, Vrtina BV-1 med Notranjimi gorici in Podpečjo na Ljubljanskem barju. Nova proizvodnja, 2, Ljubljana.

Pettijohn, F. J., 1957, Sedimentary Rocks, Second Edition, New York, Evans, and London.

Rakovec, I., 1955, Geološka zgodovina ljubljanskih tal, Zgodovina Ljubljane, 1, Geologija in arheologija, 11—207, Ljubljana.

Ravnik, D., 1965, Geoelektrične raziskave na Ljubljanskem Barju, Geologija, Ljubljana.

Sovinc, J., 1964, Geotehnične značilnosti tal Ljubljanskega barja, rokopis, Ljubljana.

Sovinc, J., 1965, Nekaj osnovnih geotehničnih značilnosti sedimentov iz vrtine BV-1 med Notranjimi gorici in Podpečjo na Ljubljanskem Barju, Geologija, Ljubljana.

Sercelj, A. in Grimšičar, A., 1960, Iz ledenodobne zgodovine naših gozdov. Gozdarski vestnik, Ljubljana.

Sercelj, A., 1965, Paleobotanične raziskave in zgodovina Ljubljanskega Barja, Geologija, Ljubljana.

Tancik, R., 1965, Pedološke značilnosti Ljubljanskega Barja; Geologija, Ljubljana.