

NEKAJ MISLI O SPRIJEMANJU MLAJŠEGA PRODNEGA NANOSA V LJUBLJANSKI KOTLINI*

Rajko Pavlovec

S 5 slikami med tekstom

V debelih prodnih plasteh Ljubljanske kotline je del proda že zlepljen v konglomerat, mnogo pa je še nesprijetega materiala. Prav zato so tu ugodni pogoji za opazovanje procesa konglomeriranja. Sprijemanje proda je kompleksen pojav, odvisen od vrste činiteljev. S prvimi poskusi smo hoteli ugotoviti, ali morda različna granulacija vpliva na začetek zlepljanja prodnega nanosa.

Začetna raziskovanja so bila narejena v gramoznicah pri Polici nad Kranjem, za katere smo imeli že morfometrične analize proda. O teh morfometričnih preiskavah sem poročal na 2. jugoslovanskem geološkem kongresu v Sarajevu in jih bom tu omenil le toliko, kolikor so potrebne pri problemu sprijemanja proda.

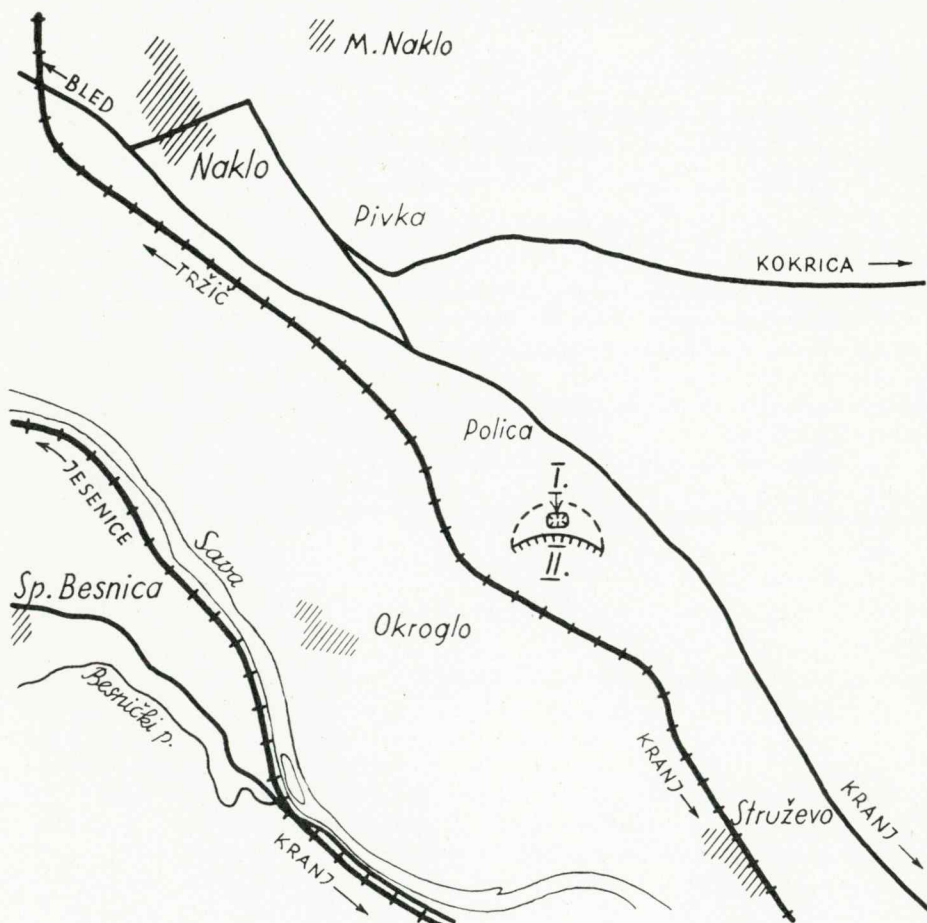
V okolici Police in Naklega nastopa poleg starejšega savskega zasipa še mlajši prodni nanos. Po *Ampfererju* (1918) je to nizka terasa, ki ji pripisujejo mladopleistocensko starost. Okrog Police je ta prod ponekod zelo debelo naložen in ga izkoriščajo v gradbene namene. Takoj pri vasi je manjša Poličarjeva gramozna jama, dve večji pa sta v terasi nad Struževim in Polico (1. slika, skica izdelana po situaciji leta 1957; pozneje so dela mnogo napredovala). Kranjsko podjetje »Komunala« (na sliki gramoznica II) izkorišča okrog 20 m visoko ježo terase, ki zavija na tem mestu v več 100 m dolgemu loku od vzhoda proti zahodu in se na obeh koncih konča ob trdno sprijetem konglomeratu starejšega zasipa. Gramoznica je od nekdanjega roba terase premaknjena že do 50 m v notranjost. Dela hitro napredujejo. Največ materiala odvažajo po železnici, ki ima v gramozno jamo napeljan tir.

Takoj poleg te gramoznice je na severni strani manjša Projektova gramozna jama (na sliki gramoznica I). V tej smo podrobneje opazovali prodni nanos, to je prod s številnimi rahlo sprijetimi konglomeratnimi plastmi. Že *Rakovec* (1955, 313) poroča, da je prod v teh gramoznicah večinoma droben in prinesen s karavanške strani.

Wentzel (1901, 11) domneva, da je Tržiška Bistrica opustila strugo mimo Naklega in Police šele v postglacialu, ko se je pri Bistrici pretočila

* Predavanje pri Slovenskem geološkem društvu dne 25. 3. 1959.

v Savo in to pot ohranila do danes. Vendar je treba pri tem misliti, da je presekala srednje odporne konglomeratne plasti. Zato se zdi današnja struga Tržiške Bistrice med Bistrico in izlivom v Savo pregloboka, da ti jo izdolbla od postglaciala do danes. Ilešiču (1935, 145) se zdi mogoče,

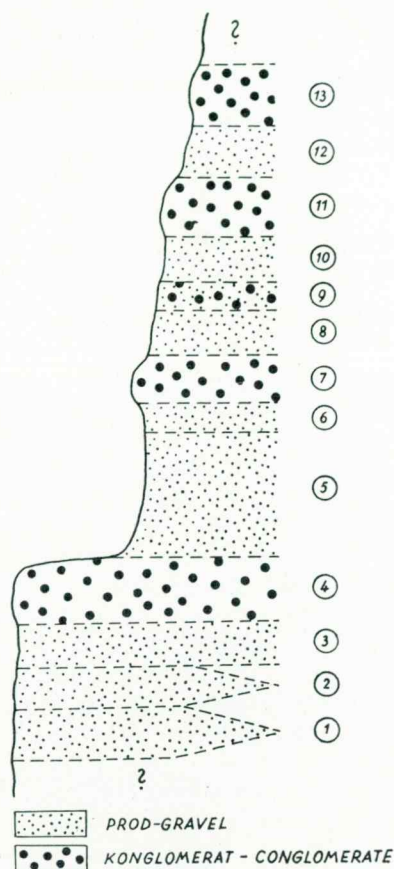


1. slika. Skica gramoznic pri Polici. 1:25.000. I, II = gramoznici v letu 1957; ——— = približen obseg današnje gramoznice

Fig. 1. Sketch of Gravel Pits near Polica. 1:25.000. I, II = gravel pits in the year 1957; ——— = approximate circumference of the actual gravel pits

da je opuščeno strugo mimo Naklega izdelala Sava, ki je potem spremenila svoj tok v današnjo smer. Do sedaj ta domneva še ni dovolj podkrepljena, niti ni ovržena. Tudi poskus makroskopske ločitve kremenovih porfiritev ni prinesel uspehov, kajti podobne zelene in vijolične rdeče kamenine nastopajo tako v porečju Save kakor Tržiške Bistrice.

V gramoznicah pri Polici je vrsta različnih plasti od fine mivke in redkejšje rjave ilovice do plasti z debelimi prodniki. Taki rečni nanosi ne kažejo večjih pravilnosti, kajti odlaganje proda je bilo odvisno od hitrosti in množine vode na posameznih mestih, od raznih slučajnih ovir na poti



2. slika. Profil v gramoznici, kjer so bili vzeti vzorci
Fig. 2. Section at the spot where the samples have been taken

in podobno. Zato se plasti hitro debelijo, tanjšajo in navadno kmalu izklinijo. Na Polici se ponekod fine mivkaste plasti menjavajo z drobnim prodom na nekaj centimetrov. To se zlasti lepo vidi v skrajnem vzhodnem delu večje gramoznice. Redkejša je navzkrižna sedimentacija. Zelo debel prod nastopa samo v zgornjem delu vzhodnega roba gramoznice II. Ima obliko leče sredi plasti srednje debelega proda. Prodniki imajo premer 20 in več centimetrov. Sestavljajo jih karbonski konglomerati, grôdenski peščenjaki, dachsteinski apnenci, zeleni in rjavo vijolični porfiriti, laporni

apnenci (werfen ?), starejšepleistocenski konglomerat in drugo. Reka se je na tem mestu s kratkotrajnim vdorom zajedla v prodne plasti in odložila plast debelega proda.

Za opazovanja smo vzeli vzorce iz gramozne jame I od globine 12,5 m navzgor. Celoten odkopan profil na tem mestu je visok okrog 13 m. preperine je okrog 50 cm.

V tem delu profila (2 slika) je najnižja okrog 30 cm debela odkopana plast proda. Med drobnejšim prodom je mnogo mivke. V spodnjih 20 cm je precej finega peska. Nad to plastjo je okrog 20 cm drobnega proda (2) z malo mivkine primesi. Obe spodnji plasti sta razviti lečasto in se hitro izklinjata.

V plasti 3 prevladuje mivka. Tudi ta plast se kmalu izklini; na mestu profila je debela okrog 20 cm. Nad njo leži spodnji konglomerat (4), debel okrog 30 cm in precej trdno sprijet. Najbrž je njegova sprijetost vzrok, da so pustili delavci del te plasti neodkopan in je tako ostala majhna polica, ki moli iz globlje odkopanega profila nad njo. Ker nekaj metrov proč te police ni več, lahko sklepamo, da je bil tam konglomerat že rahlejši ali se je izklinil.

Nad konglomeratom je okrog 1 m proda. Pesek, drobni in debeli prodniki sestavljajo precej enotno, nesprijetno plast (5). Prav zgoraj je nekaj drobnejšega proda (6).

Plast 7 sestavlja okrog 20 cm debel, slabše sprijet konglomerat. Na njem leži 20 cm proda (8), ki je zelo podoben plasti 5. Sledi okrog 30 cm proda. V tej plasti ločimo zelo slabo zlepljenih spodnjih 10 cm (9) in zgornji del, v katerem je nekoliko več peščene primesi (10). Vendar med obema plastema ni ostre meje in sta si zelo podobni.

V plasti 11, debeli 30 do 40 cm, je konglomerat razmeroma trdno sprijet, vendar manj kot v plasti 4. Rad se lomi v večje bloke. Prekrit je z 20 do 30 cm debelo prodno plastjo (12) s srednje debelimi prodniki in majhno množino drobnejšega materiala. Sledi ponovno konglomerat (13). V opisanem profilu je debel okrog 50 cm, vendar se hitro tanjša. Više je profil zasut z vsipajočim se materialom.

V prodru in konglomeratu prevladuje svetel dachsteinski apnenec. Ponekod ga je do 70 %. Precej je tudi sivega ali skoraj črnega apnenca. Zlasti pri drobnejših frakcijah doseže skoraj ravnotežje z dachsteinskim apnencem. Drugih apnencev je mnogo manj. Med njimi so trogkofelski in werfenski oolitni apnenci, prevladuje pa laporni apnenec, ki je werfenski ali wengenski; dobimo tudi svetlo siv dolomit. Kremena je zelo malo, redek je tudi andezitni tuf, ki nastopa povečini v drobnejših frakcijah. Zelenega in rjavo rdečega porfirita je največ do 15 %. Nekaj je grödenskih peščenjakov. Kosi trdno sprijetega starejšepleistocenskega konglomerata so zelo redki.

Med sipkim prodom na Polici so zlepljene plasti, ki kažejo začetek konglomeriranja. Take konglomeratne plasti so v poliških gramoznicah pogostne. V jami I smo jih do globine 13 m našli kar 16. Do izraza pridejo zlasti tam, kjer je voda začela izpirati steno gramoznice. Pri sprijetih plasteh je erozija počasnejša in zato ostanejo skoki in pragovi.

Proces konglomeriranja ni potekal povsod enakomerno. Najdemo prehode od zelo slabo sprijetih do trdno zlepljenih konglomeratov. V gramoznici II, ki je bliže ježe terase, so plasti konglomerata mnogo debelejše kot v gramozni jami I. Pri zadnji je debelina posameznih sprijetih plasti komaj nekaj decimetrov in celo manj. Proces koglomeriranja je zajel plasti debelega in drobnega proda, medtem ko so plasti mivke redko sprijete v peščenjak. Konglomeratne plasti ovirajo ročno odkopavanje; zato večkrat rušijo stene gramoznice z razstreljevanjem.

Podrobnejše opazovanje kaže, da se je prod sprijemal po plasteh. To je zlasti lepo vidno pri navzkrižni sedimentaciji in tam, kjer se plasti izklinjajo. V večji gramoznici nastopa nekaj navzkrižnih plasti, v katerih se sprijete plasti menjavajo z nesprijetim prodom na nekaj centimetrov.

Kaj je povzročilo nastajanje konglomerata? O tem je v skladu s Klebelsbergovimi izvajanji (1948, 306) za naše razmere pisal Rakovec (1952, 87). Konglomerat naj bi nastajal v vrhnjih plasteh v suhi in topli dobi, ko je zadostno izhlapevanje, ali pa pod vplivom talne vode, če zgornje plasti dovoljujejo zadostno prezračevanje. Pri tem pa nastane vprašanje, zakaj ni prod konglomeriran v celoti, temveč le v posameznih plasteh.

Vrtine pri Klečah (Rakovec, 1952, 85 do 87) kažejo, da debelina posameznih prodnih in konglomeratnih plasti ni stalna in da se mnoge plasti prej ali slej izklinijo. V najgloblji vrtini (preko 100 m) je najmanjša debelina konglomeratne plasti 40 cm, medtem ko je pri profilu iz gramoznice I na mestu, kjer smo vzeli vzorce za opazovanje, najdebelejša sprijeta plast debela 50 cm, v vsej gramoznici pa ni konglomeratne plasti, ki bi presegala 1 m.

Poliškemu bolj podoben profil je v mlajšem zasipu pri Mavčičah, kjer so vrtali 12 m globoko (Rakovec, 1952, 90). Tu se plasti proda in konglomerata zelo hitro menjavajo.

Da bi se pri materialu iz Police zrcalile samo klimatske spremembe, ni verjetno. Pomisliti moramo, da so nekatere plasti debele komaj 20 cm in celo manj. Vsak klimatski vpliv bi to majhno debelino presegal. Prav tako bi se moralo začeti sprijemanje v vseh istočasno odloženih plasteh in ne bi smelo biti pogostnega izklinjanja konglomeratnih vložkov.

Da gre tudi na Polici za površinsko in ne talno vodo, kot je to že Rakovec (1952, 87) domneval za konglomerate na Ljubljanskem polju, nam kažejo dejstva: 1. prod je v smeri proti nekdanji ježi terase mnogo bolj sprijet kot v gramoznici I, ki je umaknjena v notranjost terase. Podoben pojav smo opazovali tudi pri Medvodah, kjer je v gramoznici v ježi terase prod sprijet v večjem obsegu, medtem ko so v bližnji jami sredi polja sprijete le redke posamezne plasti; 2. na mnogih mestih se prod prepogosto menjava s konglomeratom, in 3. v plasteh z navzkrižno sedimentacijo so sprijete plasti nagnjene, ustrezno plastovitosti, česar si z delovanjem talne vode ne moremo razlagati.

Na sprijemanje proda so morali torej vplivati tudi drugi faktorji, med katerimi je bil verjetno zelo važen različno hiter pretok vode, nasičene s kalcijevim karbonatom. Da bi začetek sprijemanja povzročila slabo propustna mivkina plast nad ali pod plastjo, kjer bi se začel tvoriti

konglomerat, so ovrgla podrobna opazovanja. Pod konglomeratno plastjo je večkrat popolnoma čist prod brez mivke. Še večkrat manjka mivka nad sprijetim prodom. Različno hiter pretok bi torej moral imeti vzrok v sami plasti. Zato smo se odločili za opazovanje zrnivosti posameznih plasti.

Za takšna opazovanja je bilo treba konglomerate razdeliti na sestavne dele. Razbijanje s pomočjo H_2O_2 ni uspelo. Konglomerat je pri tem izredno malo razpadel. Bolj je učinkovala glauberjeva sol, čeprav tudi ta ne povsem zadovoljivo. Tudi po petkratnem segrevanju in hitrem ohlajanju konglomeratov v koncentrirani raztopini te soli konglomerat ni razpadel. Celo po desetkratnem segrevanju in ohlajanju ni bilo večjih sprememb. Vendar so se vezi pri tem toliko zrahljale, da se pri dokončnem mehaničnem razbijanju delci niso več poškodovali. Mehanično drobljenje pa je uspešnejše, če vzamemo še moker konglomerat. Pri osušitvi se namreč delci ponovno nekoliko sprimejo. Najtrdnjeje so zlepljeni drobni peščeni delci okrog večjih prodnikov. Te je zelo težko odstraniti, ne da bi jih popolnoma zdrobili. Vendar je njihova množina v razmerju s celotnim vzorcem majhna in bistveno ne vpliva na končni rezultat.

Sita za sejanje so imela odprtine 25, 15, 10, 5, 4, 3, 2, 1 in 0,8 mm. Zrna posameznih frakcij, označenih v 1. in 2. tabeli ter na 3. do 5. sliki, so torej naslednjih velikosti: I. odsejek na situ 25 mm, torej so zrna večja od 25 mm; II. 15 do 25 mm; III. 10 do 15 mm; IV. 5 do 10 mm; V. 4 do 5 mm; VI. 3 do 4 mm; VII. 2 do 3 mm; VIII. 1 do 2 mm; IX. 0,8 do 1 mm; X. presejek sita 0,8 mm, torej zrna manjša od 0,8 mm.

Količino posameznih frakcij smo izračunali v utežnih odstotkih. Meritve za to so mnogo enostavnejše kot za računanje procentualne vo-

Zrnavost prodnih in konglomeratnih plasti v utežnih odstotkih

Grain-seize distribution of the gravel and conglomerate beds determined in percent by weight

1. tabela

Table 1

Frakcija Fraction mm	Plast Bed	1	2	3	4	5	6	7	9—10	11	12	13
I > (25)		21,2	32,6	2,8	19,0	4,8	5,2	20,5	10,1	6,0	22,7	9,7
II (15—25)		8,1	15,1	6,9	7,9	17,0	4,5	12,0	9,7	9,9	11,7	10,6
III (10—15)		12,8	19,0	7,1	11,3	8,0	17,6	14,5	15,7	17,9	19,5	16,7
IV (5—10)		15,8	18,7	13,9	13,7	17,7	23,9	14,6	18,1	18,0	14,3	16,2
V (4—5)		3,8	3,4	4,0	3,5	4,5	6,4	3,6	3,7	3,7	3,2	2,8
VI (3—4)		4,4	3,4	4,0	3,8	5,3	8,1	4,5	4,9	4,0	3,9	3,5
VII (2—3)		6,0	3,0	5,5	4,4	6,9	9,9	6,4	6,0	5,1	4,6	6,1
VIII (1—2)		9,9	2,4	9,4	7,4	10,8	11,0	8,9	8,6	9,5	8,0	11,2
IX (0,8—1)		3,5	0,5	5,0	3,7	3,8	2,3	2,4	2,7	3,6	3,0	3,4
X < (0,8)		14,5	2,0	41,5	25,3	21,2	11,2	12,6	20,5	22,3	9,2	19,8
Skupaj %		100,0	100,1	100,1	100,0	100,0	100,1	100,0	100,0	100,0	100,1	100,0

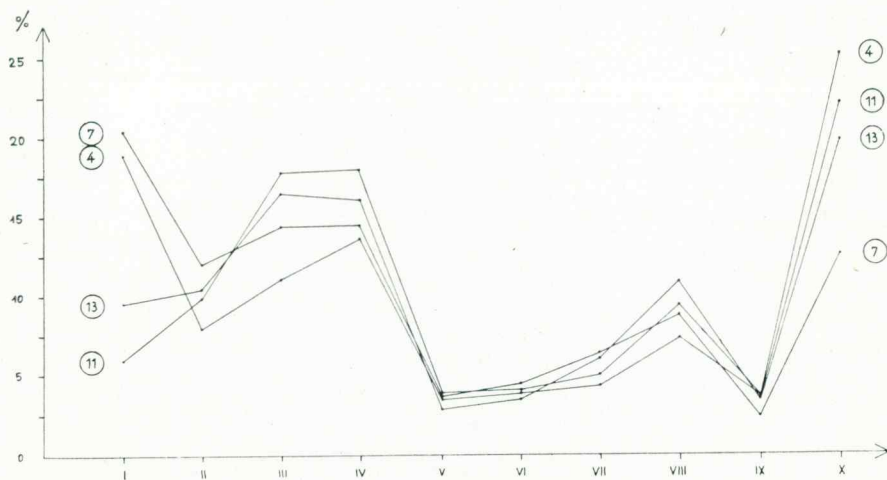
lumske sestave, kjer so zlasti težave z drobnejšimi frakcijami. Poskus obeh meritev na istem vzorcu je pokazal zelo majhno in ne bistveno razliko.

Pri preračunavanju granulometričnih kakor tudi morfometričnih analiz mi je pomagala D. K e r č m a r , za kar se ji najtopleje zahvaljujem.

Zrnavost prodnih in konglomeratnih plasti je podana v 1. tabeli.

Iste rezultate kažejo diagrami (3. in 4. sl.). Na abscisi so količine posameznih frakcij, na ordinati pa ustrezne procentualne vrednosti.

Pri analizah plasti pride predvsem do izraza nepravilno nastopanje najdebelejših frakcij I, II in III. V prodnih plasteh so debelejši delci mnogo nepravilneje razporejeni kot drobnejše peščene ali mivkaste frakcije. Pri meritvah že en sam debelejši prodnik znatno vpliva na procentualno vrednost.



3. slika. Granulometrični diagrami konglomeratnih plasti 4, 7, 11, 13

Fig. 3. Granulometric diagrams of conglomerate beds 4, 7, 11, 13

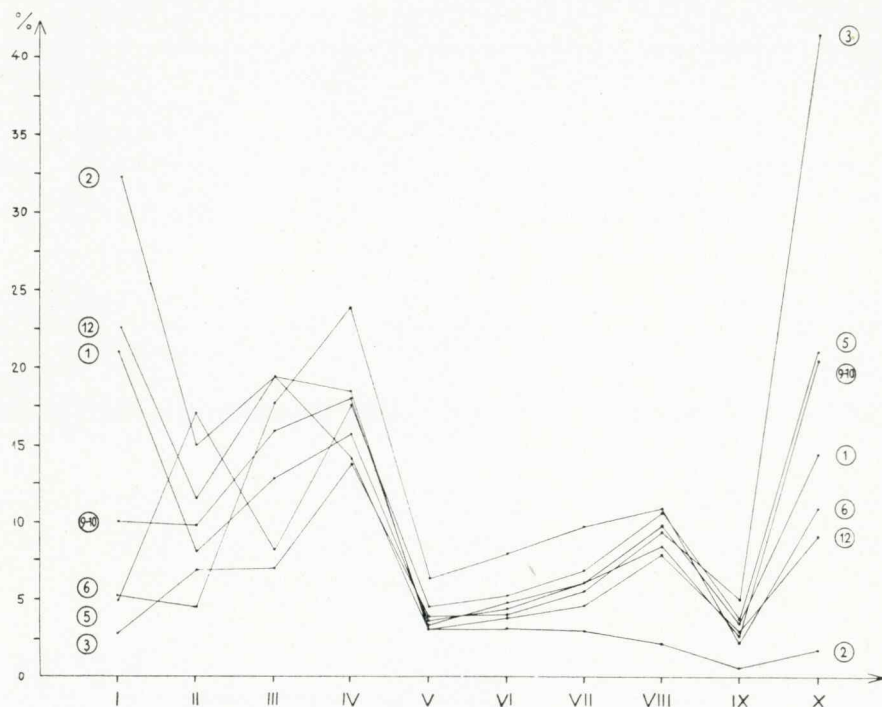
Na diagramih lepo vidimo, da pade količina delcev od frakcije IV do frakcije V, nato se dviga do VIII in pri frakciji IX zopet pade. Količina najdrobnejših delcev (frakcija X) je različna.

Večjo količino frakcije IV do neke mere lahko opravičimo z razliko med odprtinami sit. Pri frakcijah V do VIII je razlika med odprtinami posameznih sit 1 mm, med IV in V pa 5 mm. Podobno je tudi z majhno količino frakcije IX. Ker pa ni bil glavni namen granulometričnih analiz določitev zrnivosti, ampak ugotovitev razlik granulometričnega sestava prodnih in konglomeratnih plasti, so zgornja opazovanja povsem zadostovala.

Pri poskusu delitve najmanjše frakcije s sitom 0,2 mm je bilo v plasti slabo sprijetega konglomerata zrn pod 0,2 mm komaj 2,9 % in pri prodni plasti 4,2 %. Da je najdrobnejših delcev malo, je ugotovil tudi M. B r o -

dar, ki je naredil poskus z aparatom Kopeckega. Pokazalo se je, da delcev pod 0,1 mm skoraj ni bilo več. Za njegovo prijaznost se mu ponovno najlepše zahvaljujem.

Posamezna odstopanja nekaterih plasti od srednjih vrednosti so povzročile spremembe v rečnem toku. V plasti 2 je malo mivke in precej debelejših prodnikov. Odložena je bila torej v močnejšem toku kot druge plasti. V plasti 3 je več mivke in malo debelih prodnikov, kar kaže, da



4. slika. Granulometrični diagrami prodnih plasti 1, 2, 3, 5, 6, 9, 10, 12

Fig. 4. Granulometric diagrams of gravel beds 1, 2, 3, 5, 6, 9-10, 12

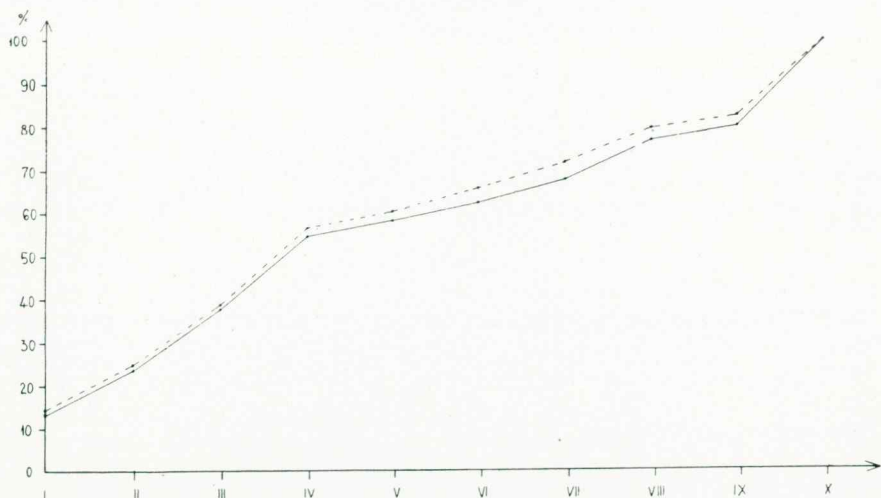
je bila plast odložena v mirnem toku, kajti voda se je umirila ali vsaj prestavila glavni tok. V plasti 12, ki leži med dvema konglomeratnima plastema, je malo drobne frakcije, kar potrjuje opazovanja, da mivka nad konglomeratom ali pod njim ni vplivala na njegovo sprijemanje.

Na vprašanje, ali sedimentacija vpliva na nastanek konglomeratov, odgovarjajo srednje vrednosti posameznih frakcij, ki jih kaže 2. tabela.

Iste rezultate kaže 5. slika; razlika med krivuljo konglomerata in proda je zelo majhna. Iz vsega tega sledi, da v našem primeru nista samo množina in velikost zrn vplivali na sprijemanje proda.

Predpostavko, da je vplivala na sprijemanje sprememba klime, smo preizkusili z morfometrično analizo prodnikov, ki smo jih vzeli delno

iz istih plasti kot vzorce za granulometrično analizo (Pavlovce, 1957). Morfometrična analiza kaže, da je med vsedanjem vseh plasti profila vladalo enako podnebje (vsaj večjih sprememb ni bilo); s tem je dokazano, da na začetek sprijemanja proda niso vplivale znatne klimatske spremembe. Iz prejšnjih izvajanj pa sledi, da konglomeriranja tudi nista povzročili samo različna velikost in množina zrn. Ker se prod sprijema plastovito in ne v nepravilnih kompleksih, so morale obstajati določene razlike pri sedimentiranju. Domnevamo, da je za sprijemanje največjega pomena poroznost posameznih plasti. Pri tem ne gre samo za velikost in množino zrn, ampak predvsem za njihovo razporeditev v prostoru; edino na ta način je možna različna poroznost tudi pri enaki granulometrični sestavi plasti. V manjših poroznih plasteh je pretok vode počasnejši; zaradi tega se pri ugodnih pogojih (zadostno izhlapevanje, primerna koncentracija CaCO_3 itd.) izločuje več kalcijevega karbonata. Na ta način se



5. slika. Sumarna krivulja srednjih vrednosti frakcij I—X. — — — — prodne plasti; ————— konglomeratne plasti

Fig. 5. Summary curve of average values of fractions I—X. — — — — gravel beds; ————— conglomerate beds

najprej zlepijo najmanj porozne plasti. Pri nadaljnjem procesu konglomeriranja še bolj zapolnjene pore vedno težje propuščajo vodo. Zato se voda ustavlja že tik nad sprijeto plastjo. Konglomeriranje se torej nadaljuje od spodaj navzgor. Počasi se zlepi celoten prodni nanos v konglomerat, kakršen je v Ljubljanski kotlini starejši zasip.

Po opisani domnevi je najverjetneje, da je bil začetek konglomeriranja vezan na plasti bliže površja, kjer je vpliv pronicajoče vode največji in izhlapevanje najlažje. Tudi debeli deli konglomerata na Ljubljanskem polju (glej omenjeni profil pri Klečah) so morali biti prvotno razdeljeni na tanjše plasti z vmesnim nesprijetim prodom. Sprijemanje je do danes

Srednja vrednost zrnivosti proda in konglomerata v utežnih odstotkih
Average grain-seize of the gravel and conglomerate determined in percent
by weight

2. tabela

Table 2

Frakcija Fraction	prod Gravel	konglomerat Conglomerate	prod + konglomerat Gravel + Conglomerate
I	14,2	13,8	14,0
II	10,4	10,1	10,3
III	14,2	15,1	14,6
IV	17,5	15,6	16,5
V	4,1	3,4	3,8
VI	4,9	4,0	4,5
VII	6,0	5,4	5,7
VIII	8,6	9,3	8,9
IX	3,0	3,3	3,1
X	17,2	20,0	18,6

že toliko napredovalo, da so se te vmesne plasti zlepile. Temu v prid govori dejstvo, da so v globini sprijeti debelejši deli kot na površini. Ni pa izključeno, da je v globljih plasteh imela vpliv na sprijemanje pozneje še talna voda.

Opisani pojavi so le prispevek k raziskovanjem v tej smeri in se ne morejo posplošiti, kajti za različne konglomerate so potrebne naddrobne preiskave. Pri tem je treba poleg drugega predvsem upoštevati kemizem sprijemanja, in to še posebno tam, kjer vezivo ni le kalcijev karbonat, kakor pri opisanih konglomeratih, ampak nastopajo razne železove in druge spojine.

ON THE CEMENTATION OF YOUNGER PLEISTOCENE GRAVEL ALLUVIUM IN THE LJUBLJANA BASIN

In the Ljubljana Basin the thinner and thicker strata of gravel and conglomerate follow irregularly each other. The author wished above all to find whether the grain-seize influences the cementation. Samples for analyses were taken from the gravel pits at Polica near Kranj (Fig. 1). Here the gravel is of the Upper Pleistocene age (Ampferer, 1918), and has been worn most probably by the Tržiška Bistrica river (Wentzel, 1901; Ilešič, 1935; Rakovec, 1955). Among the alluvial sand there are cemented strata which show the initial stage of the conglomeration. In one place alone 16 such layers were found down to the depth of only 13 m. Some of these beds are only slightly cemented while the others are very compact. The river sand is regularly not cemented into the sandstone.

The gravel is conglomerated inside the strata structure, which can be best seen in those places where the strata cross each other (delta-sedimentation), or thin out. The conglomeration can possibly take place

in two ways: in the upper strata during a dry and hot period, and in the lower strata under the influence of the ground water (Klebel'sberg, 1948; Rakovec, 1952).

The author points out that the conglomerate here occurs in horizontal beds. It is improbable that the gravel at Polica reflects only climatic changes since some of these beds have a thickness of only 20 cm. or one even considerably less. Similarly the cementation ought to have taken place simultaneously in all strata and there is no proof of frequent thinning out of conglomerate lenses.

Facts showing the ground water cannot cause the conglomeration at Polica are as follows: 1) The slope of the terrace shows more conglomerated gravel than the interior of the terrace. 2) The interchange between the gravel and conglomerate is too frequent in many places. 3) In strata where the delta-sedimentation took place the conglomerate beds have a dip which corresponds to the structure of strata.

According to the author, one of the most important reasons for the beginning of the cementation in individual beds is the difference in the speed with which water, saturated with the CaCO_3 , passes them.

Table 2 showing the average grain-size values of individual fractions, is drawn up to illustrate the question if the sedimentation influence the conglomeration. Similar results shows Fig. 5. The differences between the grain-size curves representing conglomerate and those representing gravel are very small. It can be concluded, that there not only quantity and grain-size have been influencing the cementation of the gravel.

By means of morphometric analyses of the gravel the author wanted to see if eventually changes of climate have been influencing the cementation too. The samples were taken partly from the same places of those for granulometric analyses (Pavlovec, 1957). The morphometric analyses show, that during the cementation of all strata the climatic conditions have not been changed essentially. As mentioned before, the conglomeration has not taken place due to the different size and quantity of grains, either.

As gravel is cementated in layers and not in irregular complexes, there had to exist differences in sedimentation. It seems, that for the cementation the porosity of the different layers is of greatest importance. Not only grain-size and quantity are important, but first of all the quantitative distribution of particles. Only in this way different porosity but equal granulation is possible.

In less porous strata the flow of the water is slower. Therefore under favorable conditions (sufficient evaporation, high concentration of CaCO_3) more calcium carbonate is deposited. Thus the least porous strata would be cemented first. As the process of cementation continues, the partly filled pores allow less and less water to pass. The water would therefore be stopped above the already cemented stratum. The conglomeration would therefore take place from the lower strata upwards. During longer time the whole complex is cemented in a conglomerate, like those as there are the older sediments in the Ljubljana Basin.

It seems most probable, that the initial conglomeration has taken place in the beds closer to the surface; there the influence of the penetrating water is the greatest, and also the water can evaporate quickly. Also thick layers of conglomerate on the Ljubljana field (see cross-section Kleče; Rakovec, 1952) should have been divided primarily in thinner strata with intermediate noncemented gravels. Until today the cementation process advanced so far, that also these intermediate gravels are cemented. This supposition is founded on the fact, that deeper down thicker parts are cemented than on the surface, although it is not impossible, that also ground water influenced the cementation of deeper beds.

LITERATURA

- Ampferer, O., 1918, Über die Saveterrassen in Oberkrain. Jb. geol. R. A. 67 (1917), 405—454, Wien.
- Ilešič, S., 1935, Terasa na Gorenjski ravnini. Geogr. vestnik, 11, 132 do 167, Ljubljana.
- Klebensberg, R., 1948, Handbuch der Gletscherkunde und Glazialgeologie I, 403 pp., Wien.
- Pavlovec, R., 1957, Prvi poskusi z morfometrično metodo v Jugoslaviji. II. kongres geologa FNRJ, 199 do 213, Sarajevo.
- Rakovec, I., 1952, O nastanku in razvoju Ljubljanskega polja. Geogr. vestnik, 24, 77 do 94, Ljubljana.
- Rakovec, I., 1955, O pleistocenskih bovidih na Slovenskem. Razprave IV. razr. SAZU, 3, 301 do 328, Ljubljana.
- Wentzel, J., 1901, Ein Beitrag zur Bildungsgeschichte des Thales der Neumarkter Feistritz, Jahresber. St. Oberrealsch. Laibach (1900/1901), 1—15, Laibach.