

## **Primjena kružnih dijagrama (ciklograma) kod kartiranja i interpretacije rezultata istražnih bušotina na primjeru lokacije Trslana nedaleko Đakova**

Janislav KAPELJ

OOOR Institut za primijenjenu geologiju i mineralne sirovine,  
Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu,  
Pierottijeva ul. br. 6, 41000 Zagreb

Prilikom izvođenja hidrogeoloških istražnih radova na nekom području, najčešće se podaci dobiveni bušenjem iskazuju i interpretiraju pomoću geoloških odnosno hidrogeoloških profila i blok-dijagrama. Tako dobiveni hidrogeološki parametri mogu biti prikazani na dijagramima kružnog oblika. Ovaj prikaz pruža informaciju o mogućnostima korištenja ovog postupka u geološkim uvjetima Panonskog bazena odnosno njegovog istočnog dijela. Također će biti ukazano na prednosti i manjkavosti takvog pristupa.

### UVOD

Rezultati hidrogeoloških istraživanja nekog područja ili regije, redovito se prikazuju u obliku studije, elaborata odnosno izvještaja. Pored tekstualnog dijela, takav izvještaj je popraćen tehničkom dokumentacijom, koja predstavlja grafički (tehnički) opis provedenih terenskih i laboratorijskih istražnih radova.

U domaćoj je praksi uobičajena prezentacija ovih podataka pomoću geoloških odnosno hidrogeoloških profila, blok-dijagrama, tablica i sl. U određenim situacijama, ovakav način ima bez sumnje svoga opravdanja, dok u drugima pak pokazuje stanovite nedostatke. Glavni je nedostatak što unosenje novih podataka, koje dobivamo napredovanjem istražnih radova, iziskuje ponovno iscrtavanje profila ili blok-dijagrama, kao i njihovu ponovnu interpretaciju.

Daljnje manjkavosti se također mogu uočiti u slučajevima složenih hidrogeoloških situacija, kada se pristupa rješavanju regionalnih problema vodoopskrbe. Tada se susrećemo s velikim brojem hidrogeoloških objekata na velikim površinama. Da bismo dobili potpun uvid u hidrogeološke osobine potreban je povećani broj profila različitih orijentacija, pa je preglednost u cjelini smanjena.

Primjenjujući tehniku kružnih dijagrama, s kojom ćemo se upoznati u nastavku, spomenuti se nedostaci mogu izbjeći, čime je osigurana bolja preglednost i olakšan pristup pojedinačnom podatku.

### Princip tehnike kružnog dijagrama

Tehniku iskazivanja podataka hidrogeoloških istražnih radova uz pomoć kružnih dijagrama razvio je Danski Geološki Zavod 1973. godine (lit. 1). Tijekom primjene uočene su izvjesne manjkavosti pa je izvorna metoda nešto izmijenjena. Na ovom je mjestu korištena modifikacija po Z. Haman 1976.

Ciklogram se sastoji od niza koncentričnih krugova. Svaki krug predstavlja 100 metarski interval probušenih naslaga. Krajnjim unutrašnjim krugom predstavljeni su topografski uvjeti područja, jer se na njega nanose probušeni intervali iznad morske razine. Vrijednosti dubina (smanjenje nadmorske visine) nanosi se u smjeru kazaljke na satu (slika 1). Probušeni intervali ispod morske razine unose se u slijedeći vanjski krug, gdje dubina također raste u smjeru kazaljke na satu. Vanjskih krugova ima onoliko koliko je probušenih 100 metarskih intervala.

S obzirom da u našim prilikama dubine hidrogeoloških bušotina uglavnom ne prelaze 300 metara, za njihovo će kartiranje biti dovoljan dijagram sastavljen od 2, a iznimno 3 koncentrična kruga. Ukoliko bi se ukazala potreba izrade bušotina dubljih od 300 m postojećem dijagramu možemo dodati onoliko krugova koliko je probušenih 100 metarskih intervala. Na slici 1 prikazan je kružni dijagram pripremljen za unošenje podataka.

### Unošenje podataka

Za potrebe hidrogeoloških istraživanja, stijene najčešće razlikujemo prema filtracijskim svojstvima. Uglavnom lučimo tri kategorije: propusne, polupropusne i relativno nepropusne. Svaku od ovih kategorija možemo na kružnom dijagramu grafički iskazati pripadnom šrafurom ili ev. bojom. Također je moguće slovno-brojčanim oznakama prikazati detaljniji litološki sastav kao i stratigrafsku pripadnost prisutnih naslaga.

Podatke o debljini probušenih taložina možemo najjednostavnije unijeti u ciklogram, ukoliko raspoložemo transparentnom šablonom kružnog oblika na kojoj je ucrtana 100 metarska podjela. Tada koincidiramo središte šablone i kružnog dijagrama i na odgovarajućem krugu označimo pripadnu debljinu probušenog intervala. Kako najčešće ne raspoložemo takvom šablonom, istoj svrsi može dobro poslužiti kutomjer kružnog oblika. U ovom slučaju postupak je slijedeći:

Dovedemo središte kutomjera u centar kružnog dijagrama i nanosimo odgovarajuću promjenu kuta u odnosu na pripadnu debljinu probušenog intervala. Obzirom da krug obuhvaća dubinu od 100 m, a skala kutomjera  $360^\circ$ , to će povećanju dubine za 1 m odgovarati promjena kuta od  $3,6^\circ$ . Ovim je postupkom moguće iskazivati intervale s točnošću od 0,50 m, što je za potrebe istraživanja zadovoljavajuće. Slika 2 prikazuje kopije ciklograma i kružnu šablonu za unošenje podataka.

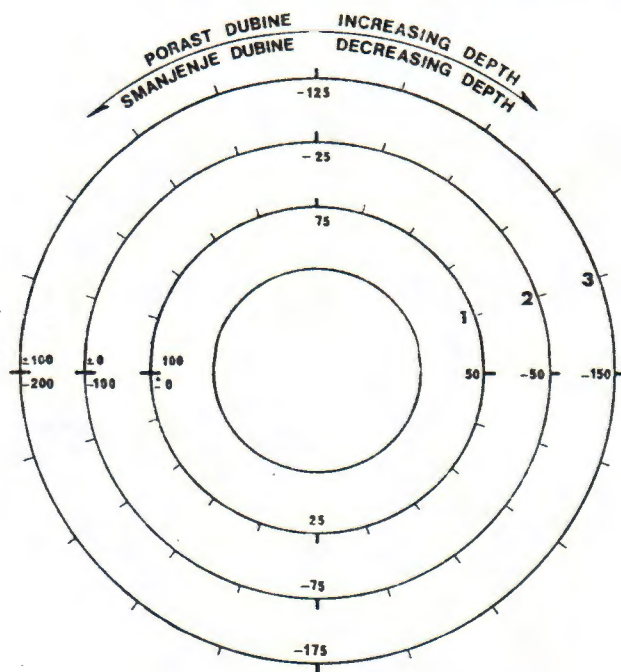
### Prednosti korištenja kružnih dijagrama

Izradimo li za svaku bušotinu na istraživanom području kružni dijagram pa ih prenesemo na topografsku osnovu dobili smo kartu kružnih dijagrama, odnosno ciklogramsku kartu (prilog 1). Ova karta osim što



Brojevi označavaju dubine u metrima: U unutrašnjem krugu dubine se odnose na intervale iznad, a u slijedećim vanjskim krugovima, ispod nivoa mora.

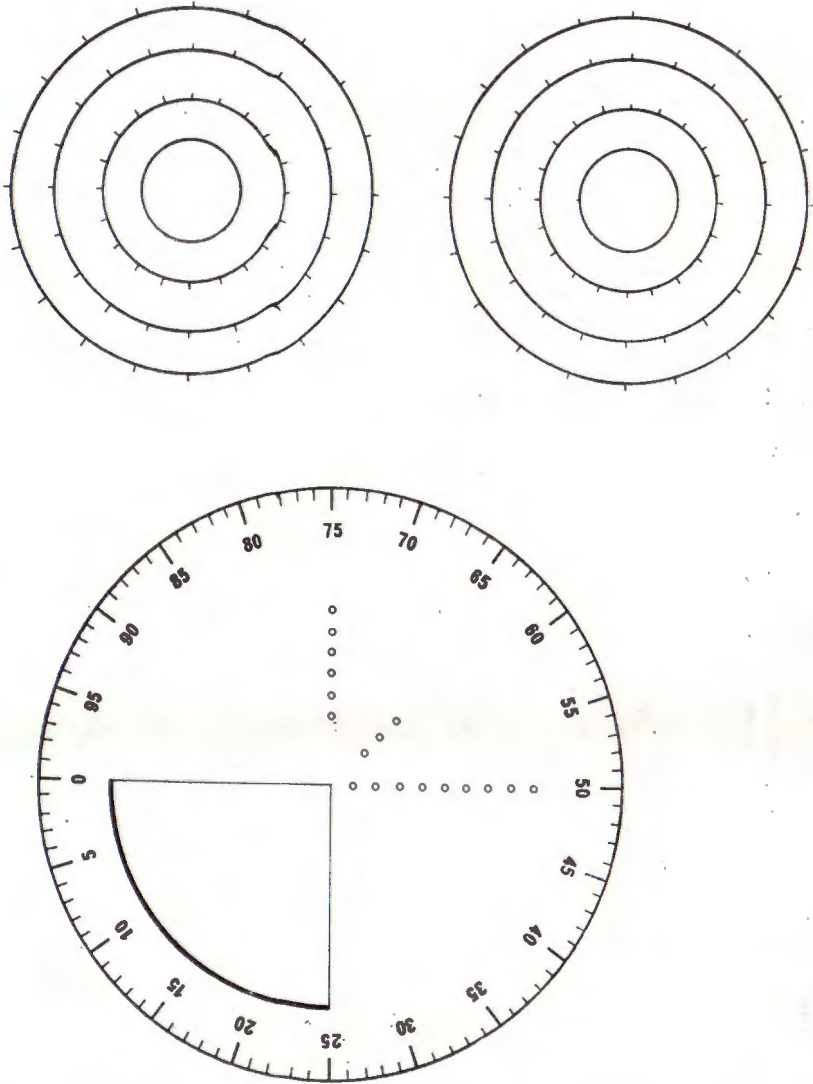
Numbers indicate the elevations in meters: In the innermost circle above and in the following outer circles below the sea level.



1 - UNUTRAŠNJI KRUG - INTERIOR CIRCLE  
2,3 - VANJSKI KRUGOVI - OUTER CIRCLES

Sl. 1. Kružni dijagram za prikazivanje podataka probušenih naslaga (probušeni interval iznosi 300 m), prema Haman 1976.

Fig. 1. Cyclogram for Presentation of Strata Log (when Penetrated Intervals are 300 m) after Haman 1976.



Sl. 2. Kopije kružnih dijagrama i kružna šablona za unošenje podataka (smanajeno), prema Hamanu.

Fig. 2. Preprinted Cyclograms and a Template for Cyclogram Mapping (reduced size) after Haman.

pruža izravan uvid u topografski razmještaj istražnih bušotina, predstavlja izvor podataka za prostornu interpretaciju hidrogeološkog sistema. Pri tome su otvorene znatno veće mogućnosti u odnosu na uobičajene metode prikazivanja hidrogeoloških odnosa.

#### Mogućnost nadopunjavanja postojećih podataka

Ako o nekom terenu postoji vrlo oskudan broj podataka ev. dnevnik bušenja, s nedostatnom litološkom i stratigrafskom raščlambom, tada izradom novih objekata i njihovom kvalitetnijom interpretacijom u neposrednoj blizini postojećeg, dobivamo nove na osnovu kojih možemo nadopuniti prethodne. Podatke novih bušotina dodajemo ciklogramskoj karti, bez potrebe mijenjanja i ponovnog iscrtavanja podataka prethodno izvedene bušotine. Takvo nadopunjavanje nije moguće ukoliko baratamo hidrogeološkim profilima i blok-dijagramima. Prema tome ciklogramska karta ostavlja otvoren prostor za unošenje podataka, do kojih dolazimo napredovanjem istražnih radova, te ev. korekciju postojećih.

#### Mogućnost prostornog povezivanja

Ciklogramska karta omogućuje izravno prostorno povezivanje probušenih naslaga, pri čemu nije potrebno iscrtavati linije korelacije. Pri tome je važno zapamtiti da se prostorno mogu uspoređivati intervali utvrđeni u neposredno susjednim bušotinama, odnosno one sekvence koje zauzimaju iste položaje u kružnim dijagramima. S obzirom na ovaj posljednji uvjet poželjno je da istraživano područje bude zaravnjeno, bez naglašenih visinskih razlika, što je u našim prilikama i slučaj. Isto je tako potrebno da kote ušća bušotina budu što točnije određene, kako ne bi došlo do većih razlika u položaju istog probušenog intervala u susjednim bušotinama, odnosno dijagramima. Veće pogreške u određivanju kote ušća bušotine bi mogle dovesti do smanjenja mogućnosti korelacije naslaga, odnosno stvaranja pogrešnog dojma o prostiranju slojeva u podzemlju.

#### Ciklogramska karta lokaliteta Trslana

Ciklogramskom kartom, prilog 1, prikazani su rezultati hidrogeoloških istražnih radova na lokaciji Trslana, provedenih do kraja 1978. godine, smještenoj cca 3 km južno od Đakova između ceste Vrpolje—Đakovo i željezničke pruge Strizivojna—Osijek. U strukturno-tektonskom pogledu nalazi se na južnom spuštenu krilu normalnog rasjeda duž kojeg se odvaja struktura Đakovačko-Vinkovačkog ravnjaka od strukture Slavonsko-Srijemske potoline. Istraživano područje je zaravnjeno, s kotama od 85—87 m iznad morske razine, što je povoljno sa stajališta primjene kružnih dijagrama. Nakon istražnog bušenja i provedene determinacije jezgre može se uočiti prisutnost dvaju vodonosnih horizonata, poluzatvorenog odnosno zatvorenog tipa na dubinama 32—47 i 65—95 m. Smjer nagiba slojeva je prema jugu, odnosno prema dolini Save gdje se zapaža njihovo zadebljanje i povećan udjel klastita krupnijeg zrna. Istraživanja su obavljena u dvije faze. U prvom 1974/75. godine (lit 4) provedeno je bušenje i pokusno crpljenje bunara B-5 i izrada strukturno-pijezometar-



ske bušotine V-5. Tijekom druge faze 1977/78. godine (lit 3) izrađen je bunar B-28, kao i četiri strukturno-pijezometarske bušotine. S obzirom da tada nije izvršeno pokusno crpljenje ovih objekata ne postoji potpun pregled hidrauličkih karakteristika istraživanog područja pa će ovi podaci biti unešeni naknadno po završetku istražnih radova.

### ZAKLJUČAK

Istražnim bušenjem dolazimo do dragocjenih podataka o hidrogeološkim karakteristikama nekog područja. Ukoliko se radi o radovima širih regionalnih razmjera, prikuplja se veliki broj raznovrsnih podataka.

U takvim je situacijama, ukoliko podatke prikazujemo zasebno po grupama, što je u našoj praksi uobičajeno, otežan uvid kako pojedinačnom rezultatu tako i interpretaciji sistema u cjelini. Osim toga, istražni radovi regionalnih razmjera zahtijevaju veliki broj profila, blok-dijagrama, tablica i sl. što također otežava uvid u cjelinu. Korištenjem ciklogramske karte za prezentaciju podataka istražnog bušenja izbjegavamo navedene manjkavosti. Pored toga dobivamo mogućnost nadopunjavanja postojećih podataka novima. Karta kružnih dijagrama na jednom mjestu objedinjuje sve rezultate istražnog bušenja pa stoga predstavlja osnovu zaključivanja o hidrogeološkim odnosima na istraživanom području

### LITERATURA

- Andresen, L. J. (1973): »Cyclogram Technique for Geological Mapping of Borehole Data«, *The Geological Survey of Denmark*, III Series No. 41, Copenhagen
- Haman, Z. et. al. (1976): »Underground Water Resources Investigation of the Metropolitan Lagos« *Final Report, Federal Republic of Nigeria*, Lagos State Government, Ministry of Works and Planning, 1—170.
- Miletić, P., Mayer, D., Pfaf, S., Heinrich-Miletić, M. i Kapelj, J. (1978): »Studija rezervi podzemnih voda istočne Slavonije, II faza«, RGN Fakultet, Zagreb, 1—72.
- Urnović, K. i dr. (1976): »Studija određivanja zaliha podzemnih voda u istočnoj Slavoniji«, *Rezultati hidrogeoloških istraživanja u 1974. i 1975. god.*, I faza, RGN Fakultet, Zagreb, 1—120.

### Application of the cyclogram mapping technique for Presentation and Interpretation of borehole data, on the location Trslana nearby Đakovo

J. Kapelj

The purpose of mapping borehole data is to present well logs and other relevant data about wells in such a way that the type of aquifer(s), their lithologic composition (stratigraphic classifications when possible) can easily be defined.

A spatial interpretation of a groundwater system is usually performed by correlating data from boreholes presented in the form of cross-sections or some sort of diagrams (block, panel diagrams, etc.). However, each of these types of graphical presentation has a serious drawback in that each time new information from a

borehole is gathered, the diagrams have to be redrawn and reinterpreted. Furthermore, when the aquifer structure is complicated, and a large number of boreholes over a big area have to be presented, many diagrams are needed and the presentation and correlation in different directions easily becomes confusing. Using the cyclogram mapping technique, all these disadvantages are avoided. The cyclogram consists of a number of concentric circles (two in our case). Each circle embraces 100 m of penetrated strata. The interior circle embraces elevations from 100 m above sea level at 9 o'clock moving clockwise around with increasing depth to the sea level at 9 o'clock again. Elevations below sea level are indicated in the outer circles which embrace data from sea level down to 200 m below sea level. Such a cyclogram is shown in Figure No. 1.

In each cyclogram, the lithological data and geological formations in the different parts of cyclogram section are illustrated by symbols. Furthermore parameters such as the capacity of the wells, groundwater level, drawdown, screen and casing intervals, together with the adopted numbering system and other relevant data, are indicated by symbols or digits as show in Appendix N. 1. By using the cyclogram mapping technique, many advantages are gained in relation to other borehole mapping techniques.

The most important advantage is that for all boreholes in the area of investigation, the chosen reference level, in this case, sea level, is the same (9 o'clock, in circle No. 1. This provides an immediate spatial correlation of layers from borehole without drawing correlation lines into space which means that data from new boreholes may just be added to the map without changing (redrafting) the earlier data.

A progressive build-up of such a data base is not possible if cross sections or block diagrams are used. Apart from presenting both technical data and penetrated layers on a single map, the cyclogram map, in its initial stages, is a basic data map of a low degree of interpretation. The basic data, on which the subsequent interpretation was based, can always be checked, and earlier interpretation may be easily changed when new data provide better information.

#### Legenda uz ciklogramsku kartu

- 1 lokacija bušotine — site of well
- 2 broj bušotine — well number
- 3 godina izrade bušotine — year of drilling (1978)
- 4 zacijevljeni interval (puna cijev 4 cola) od 87—52 m, filter od 52—38m iznad morske razine  
— screened interval with screen (diameter 4 inches) from 52—38m, casing from 87—52 m above sea level
- 5 statički nivo podzemne vode (86 m iznad nivoa mora)  
groundwater level (86 m above sea level)
- 6 litološki kontakt na 40 m iznad nivoa mora između pijeska i gline.  
lithological contact at 40 m above sea level between sand and clay
- 7 kota ušća bušotine 87 m iznad nivoa mora  
Elevation of ground 87 m above sea level
- 8 litološki simbol (s) sand (pijesak) od 59—40 m iznad nivoa mora  
lithological symbol (s) sand from 59—40 m above sea level
- 9 izdašnost bunara u m<sup>3</sup>/h sa sniženjem u metrima  
yield of well (m<sup>3</sup>/h) with m of drawdown
- 10 oznaka provedenog pokusnog crpljenja  
well test pumped
- 11 propusne stijene — permeable rocks
- 12 polupropusne stijene — semipermeable rocks
- 13 relativno nepropusne stijene — relatively impermeable rock

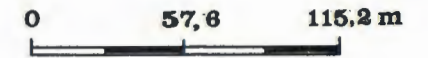
#### Korišteni litološki simboli — Used lithological symbols

- c glina — clay
- cs sandy clay — pjeskovita glina
- s sand — pijesak



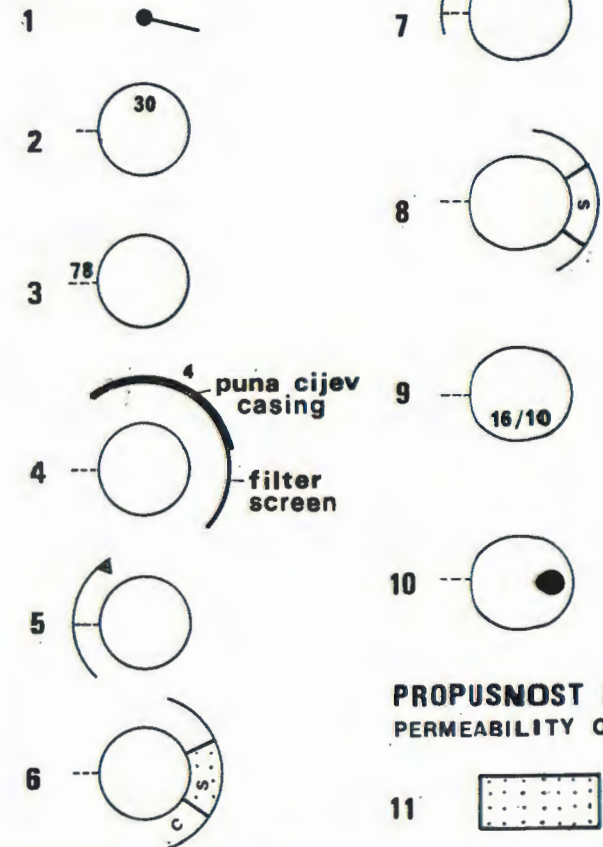
**CIKLOGRAMSKA KARTA**  
**CYCLOGRAM MAP**

Mjerilo:  
Scale: 1:2880

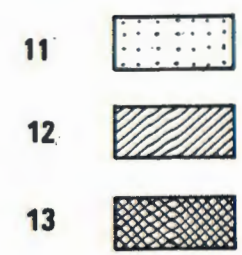


LEGENDA:  
LEGEND:

BROJEVI I SIMBOLI  
NUMBERS & SYMBOLS



PROPUSNOST STIJENA.  
PERMEABILITY OF ROCKS



LITOLOŠKI SIMBOLI  
LITHOLOGICAL SYMBOLS

c  
cs  
s

