

PRIMERJAVA REZULTATOV ANALIZ PADAVIN TREH RAZLIČNIH  
KRAJEV V SLOVENIJI

THE COMPARISON OF RESULTS OF ANALYSES OF PRECIPITATIONS  
AMONG THREE DIFFERENT PLACES IN SLOVENIA

551.577.13

MARIJA BONAČ in ZALIKA RAJH-ALATIČ

Meteorološki zavod SRS, Ljubljana

SUMMARY

Chemical composition of the atmosphere has a great influence on the composition of precipitations, therefore the presence of certain compounds in precipitations can be an indicator of air-pollution. This paper presents the results of analyses of precipitations from three different stations in Slovenia (Ljubljana, Jezersko and Koper). Electro-conductivity and pH of precipitations were treated, as well as the following compounds: sulphate, nitrate, chloride and the metallic elements Ca, Mg, Na and K. All three analyses were made by having taken monthly samples of precipitations in the years 1971-75, and indicate that the air-pollution concentration has increased in urban areas and also in places without local pollution sources.

POVZETEK

Kemijska sestava atmosfere ima velik vpliv na sestavo padavin, zato je lahko vsebnost nekaterih komponent v padavinah indikator onesnaženosti zraka. V tem delu so podani rezultati analiz padavinskih voda iz treh različnih krajev Slovenije (Ljubljana, Jezersko, Koper). Obdelana sta pH in elektroprevodnost padavin ter naslednje sestavine: sulfat, nitrat in klorid ter kovine Ca, Mg, Na in K. Vse analize so izvršene v mesečnih vzorcih padavin v letih 1971 - 1975 in kažejo naraščanje koncentracij onesnaženosti zraka tako v urbanem področju kakor tudi v okolju, kjer ni lokalnih virov onesnaževanja.

UVOD

Kemijska sestava padavinskih voda je v največji meri odvisna od sestave

zraka, s katerim pridejo vodne kapljice pri lebdenju v zraku in prehodu skozi zračne plasti v stik. Za hidrofilne komponente v zraku so vodne kapljice namreč zelo dobro topilo, zato se lahko poišče zveza med sestavo padavin in onesnaženostjo atmosfere /4/, ne glede na to, ali je onesnaženost zraka na določenem predelu posledica emisije onesnaženja ali transporta onesnaženja. Dobra zveza se najde med imisijskimi koncentracijami  $\text{SO}_2$  in dušikovih oksidov in vsebnostjo sulfatov ter nitratov v padavinah. Obravnavali bomo rezultate analiz padavin, in sicer mesečne vzorce padavin treh lokacij za leta 1971 - 1975, ki se med seboj bistveno razlikujejo. Merilna mesta smo izbrali:

- a) Ljubljana - Bežigrad, ki predstavlja izrazito urbano področje z velikim onesnaževanjem;
- b) Jezersko - čisto področje brez izrazitih lokalnih virov onesnaževanja; zato je to merilno mesto v bistvu postaja za merjenje koncentracije ozadja;
- c) Koper - predstavlja obmorsko urbano področje, kjer se čuti vpliv bližnjih industrijskih centrov in bližine morja.

V padavinah iz vseh treh merilnih mest smo primerjali pH-vrednosti, elektroprevodnosti, koncentracije sulfatnih, nitratnih in kloridnih ionov ter Ca, Mg, K, Na. Pri vseh analizah smo uporabili analitične metode, ki jih priporoča Svetovna meteorološka organizacija /1,2/. Pripomniti moramo, da so primerjave za leto 1975 brez podatkov za mesec december, zato so mesečni povprečki za leto 1975 pri nekaterih komponentah občutno nižji (sulfat, elektroprevodnost).

#### pH - VREDNOSTI

Kisle komponente v zraku ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ), ki dajejo z vodnimi kapljicami razredčene kisline, povzročajo kislost padavin. Iz slike 1 je razvidno, da se pH-vrednost v zadnjih letih konstantno zmanjšuje, kar kaže na povečanje kislih onesnaževalcev v zraku. Izrazit padec pH-vrednosti je viden v padavinah z merilnega mesta Koper, kar je lahko posledica velikega povečanja koncentracij nitratnih ionov.

#### ELEKTROPREVODNOST

Elektroprevodnost je merilo za vsebnost vseh raztopljenih soli v padavinah. Na sliki 2 vidimo, da elektroprevodnost ljubljanskih padavin nekajkrat preseže elektroprevodnost padavin na Jezerskem.

#### KONCENTRACIJA SULFATNIH IONOV

Sulfatni ioni v padavinah so produkt oksidacije  $\text{SO}_2$  in drugih žveplovih spojin v zraku. Velike koncentracije sulfatnega iona v ljubljanskih padavinah so posledice zgorevanja različnih goriv številnih kurišč za ogrevanje /5/. Iz slike 3 vidimo, da so koncentracije sulfatnih ionov v koperskih padavinah občutno manjše od ljubljanskih. Vzrok je manjša poraba goriv na koperskem območju. Značilen je potek diagrama za padavine na Jezerskem, ki kaže povečevanje sulfatnih ionov v padavinah.

#### KONCENTRACIJA NITRATNIH IONOV

Nitrati v padavinah so produkt oksidacije dušikovih oksidov v zraku. Največ dušikovih oksidov pride v zrak z izpušnimi plini avtomobilskega prometa. Iz slike 4 je razviden izrazit porast koncentracije nitratnih ionov v Ljubljani v zadnjih dveh letih, kar lahko pripišemo povečanim koncentracijam  $\text{NO}_x$  /3/. Vsebnost nitratnih ionov v padavinah z Jezerskega ves čas narašča.

#### KONCENTRACIJA KLORIDNIH IONOV

Vsebnost kloridnih ionov v padavinah je značilna za obmorska področja, ker pridejo kloridni ioni v zrak z morskimi penami (slika 5). V zimskih mesecih se pojavijo večje koncentracije kloridnega iona tudi v urbanih področjih.

#### KONCENTRACIJE NATRIJEVIH, KALIJEVIH, KALCIJEVIH IN MAGNEZIJEVIH IONOV

Na, K, Ca, Mg so elementi, ki se sicer ne obravnavajo kot onesnaževalci, ampak so predvsem biološkega značaja. V zraku jih je precej, kar se kaže tudi v padavinah. Največji del jih pride v zrak iz zemeljskega prahu (veter), lahko pa tudi kot produkti raznih postopkov (npr. Ca pri zgorevanju premogov). Rezultate analiz Na, K, Ca, Mg prikazuje slika od 6 - 9.

Pokazalo se je, da se zmanjšuje koncentracija Ca ionov v ljubljanskih padavinah, koncentracija Mg ionov pa narašča na vseh treh merilnih mestih. Koncentracije Na ionov so zaradi bližine morja v koperskih padavinah najvišje.

## ZAKLJUČKI

Globalna onesnaženost zraka z  $\text{SO}_2$  in  $\text{NO}_x$  tudi pri nas narašča, kar potrjuje povečevanje koncentracij sulfatnih in nitratnih ionov v padavinah na čistem področju (merilno mesto Jezersko).

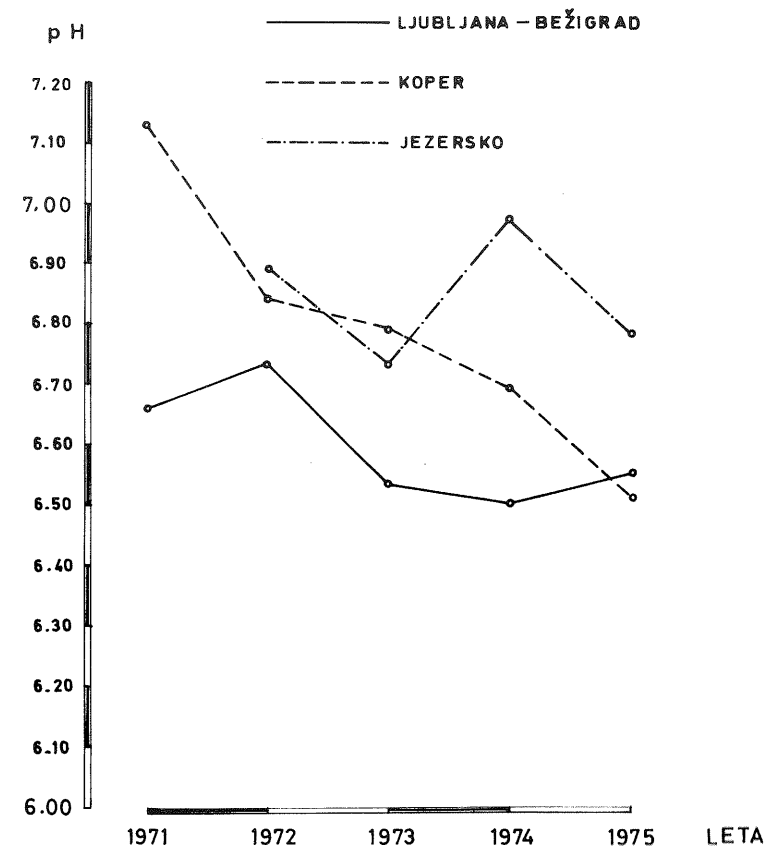
Koncentracija nitratnih ionov v ljubljanskih padavinah se je v zadnjih letih močno povečala, kar je vsekakor posledica stalnega slabšanja prometnih razmer v Ljubljani.

Vsebnost Ca se v ljubljanskih padavinah že od leta 1972 zmanjšuje, kar si razlagamo s postopno zamenjavo trdnih goriv s tekočimi.

Kislost padavin vztrajno narašča, vendar še ni kritično, tako kot v skandinavskih deželah /6/. Kljub temu bi pa morali začeti bolj pozorno spremljati transport onesnaženosti iz sosednjih dežel in oceniti naš prispevek k onesnaženosti ozračja.

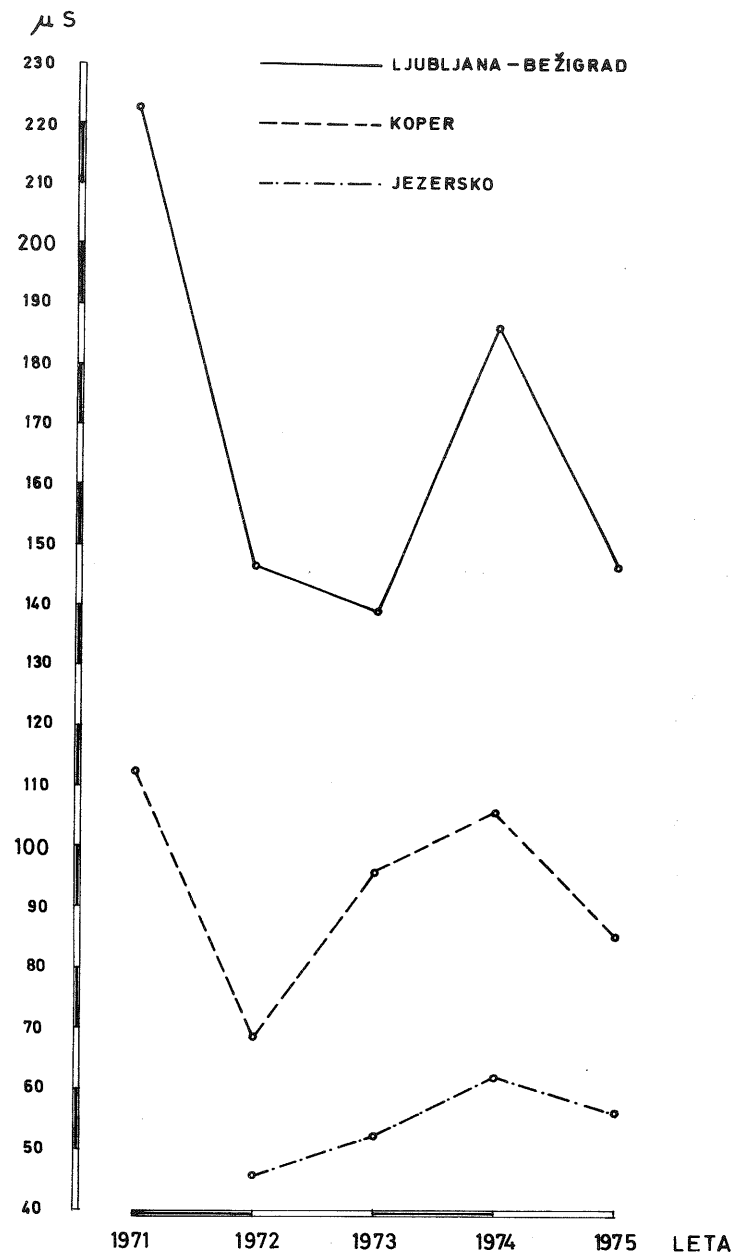
## LITERATURA

- /1/ WMO Operations Manual for Sampling and Analysis Techniques for Chemical Constituents in Air and Precipitation. WMO - No. 299, Geneva 1974.
- /2/ Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlamm-Untersuchung. Verlag Chemie, Weinheim, 1960, No. 60 27.
- /3/ Alatič-Rajh Z., Paradiž B.: Razdelitev koncentracij  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$  in oksidantov v mestu Ljubljana. Zaščita atmosfere, III, No. 5, 1975.
- /4/ England C., Corcoran W.H.: Kinetics and Mechanisnis of the Gas - Phase Reaction of Water Vapor and Nitrogen Dioxide. Ind. Eng. Chem., Fundam., Vol. 13, No. 4, 1974.
- /5/ Paradiž B., Zupančič T.: Spremembe osnovnih karakteristik onesnaženosti zraka v Ljubljani. III. Simpozij o varstvu zraka pred onesnaženjem, Ljubljana, februar 1976.
- /6/ Nyberg A.: On Transport of Sulphur over the North Atlantic. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Nr. RMK 6, 1976.

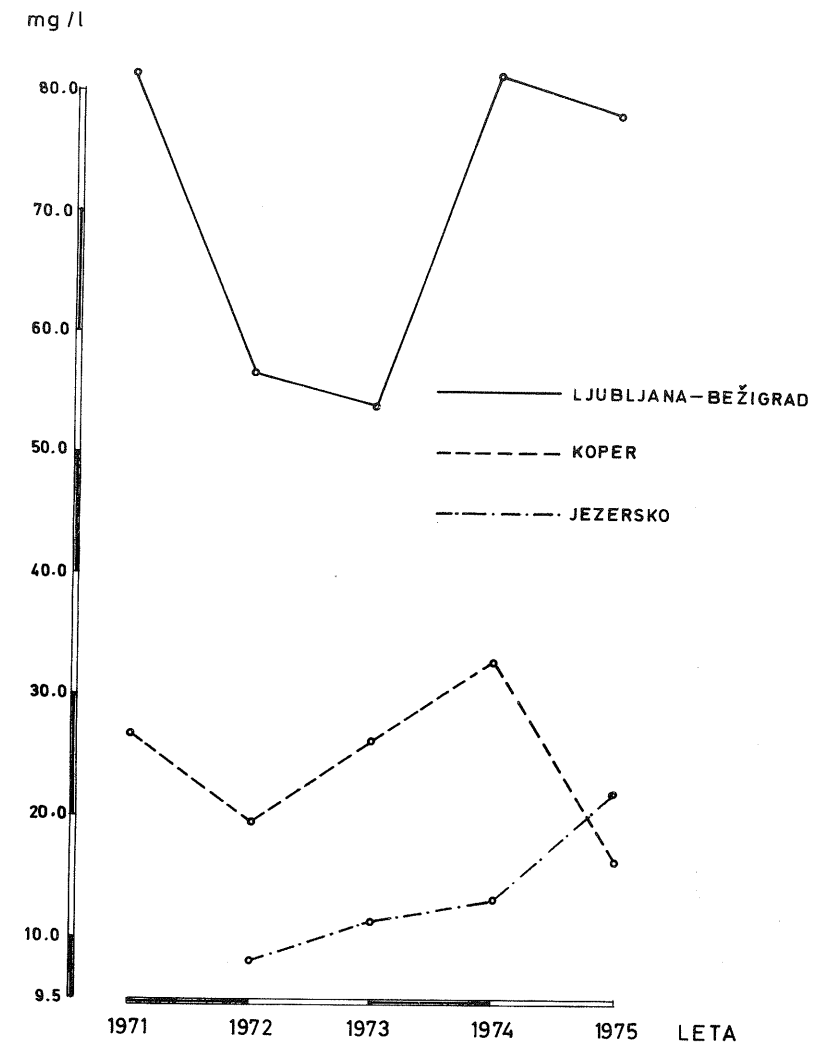


Slika 1 pH padavin

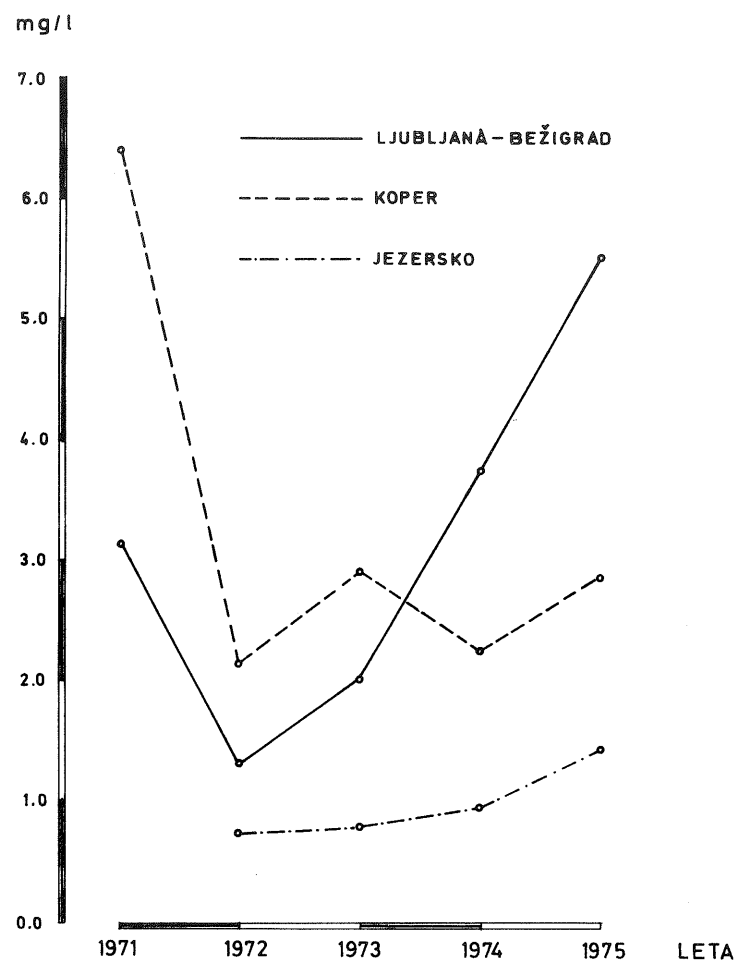
Fig. 1 pH of precipitations



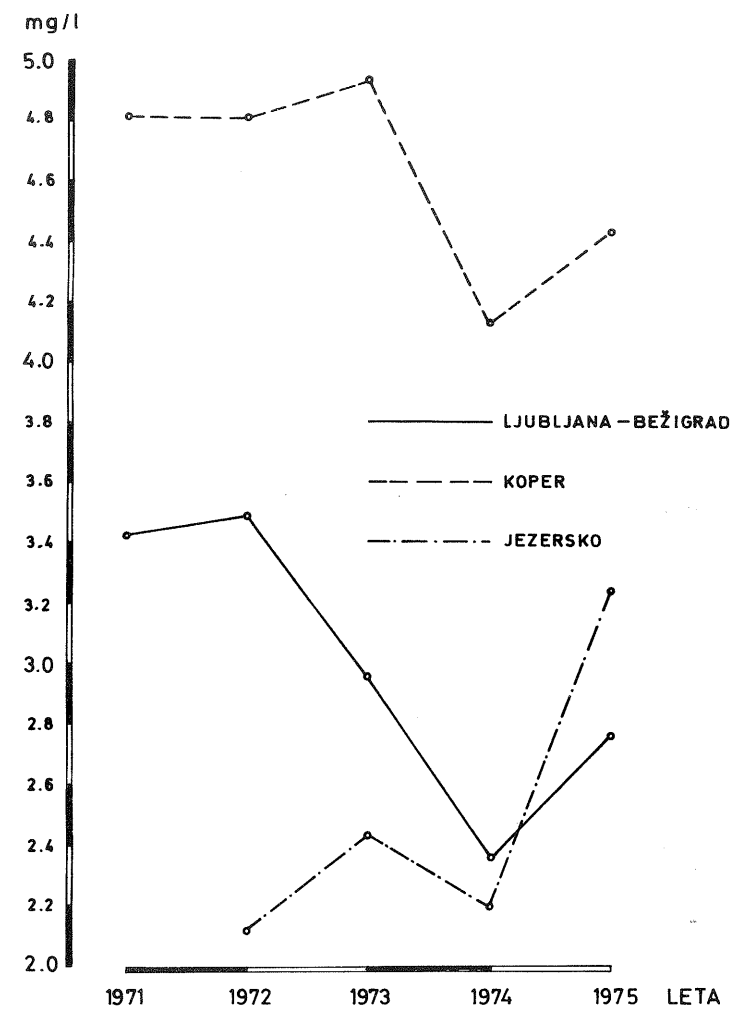
Slika 2 Elektroprevodnost padavin  
Fig. 2 Electro-conductivity of precipitations



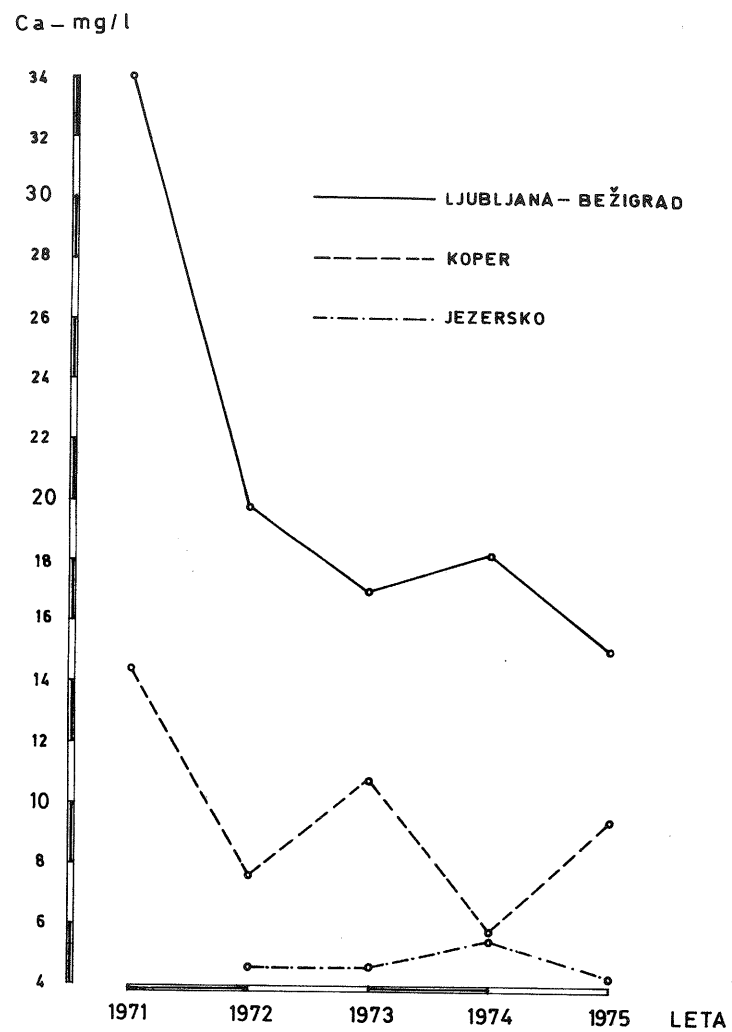
Slika 3 Koncentracije sulfatnega iona v padavinah  
Fig. 3 Concentrations of sulphate ion in precipitations



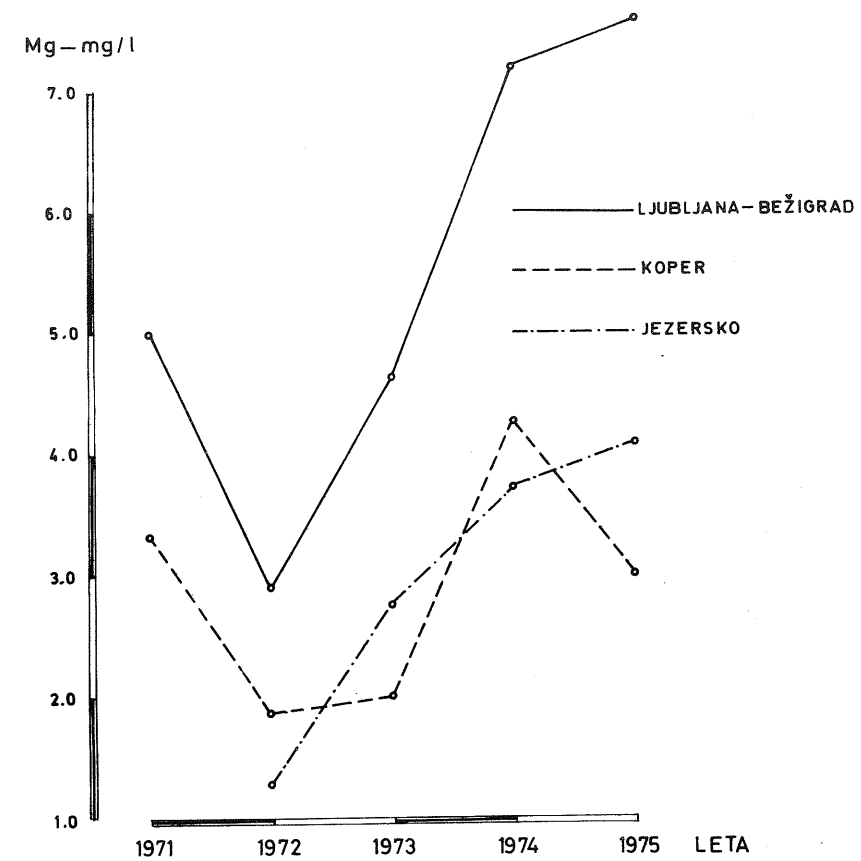
Slika 4 Koncentracije nitratnega iona v padavinah  
 Fig. 4 Concentrations of nitrate ion in precipitations



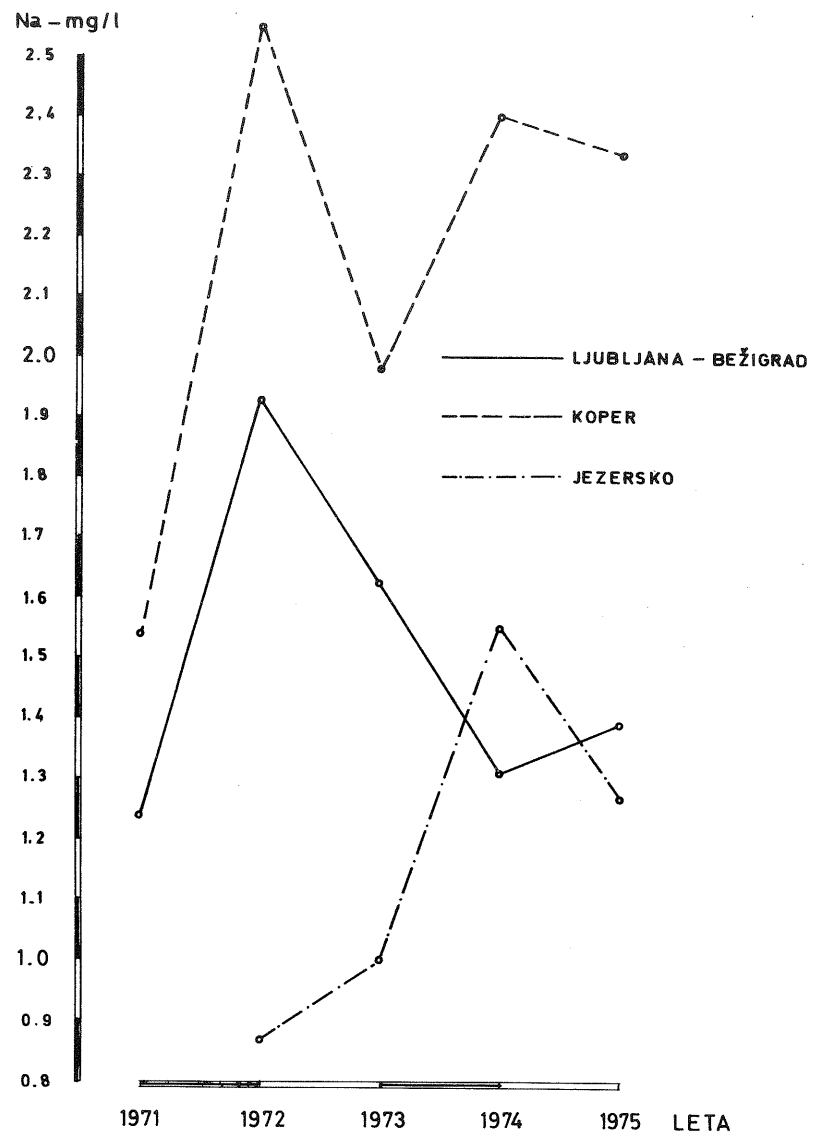
Slika 5 Koncentracije kloridnega iona v padavinah  
 Fig. 5 Concentrations of chloride ion in precipitations



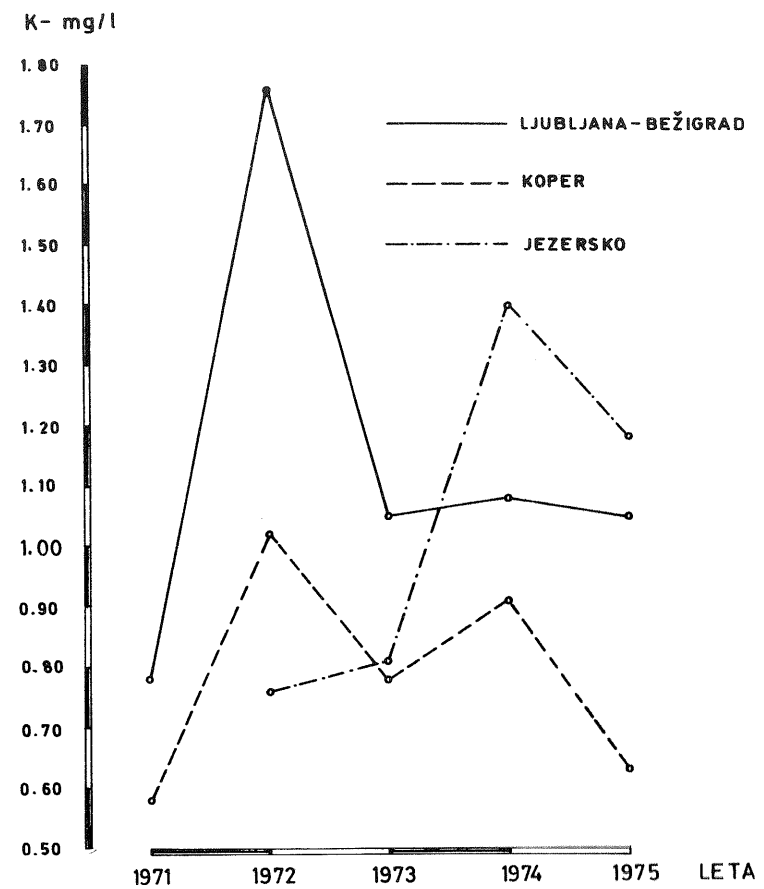
Slika 6 Koncentracije kalcija v padavinah  
 Fig. 6 Concentrations of calcium in precipitations



Slika 7 Koncentracije magnezija v padavinah  
 Fig. 7 Concentrations of magnesium in precipitations



Slika 8 Koncentracije natrija v padavinah  
 Fig. 8 Concentrations of sodium in precipitations



Slika 9 Koncentracije kalija v padavinah  
 Fig. 9 Concentrations of potassium in precipitations