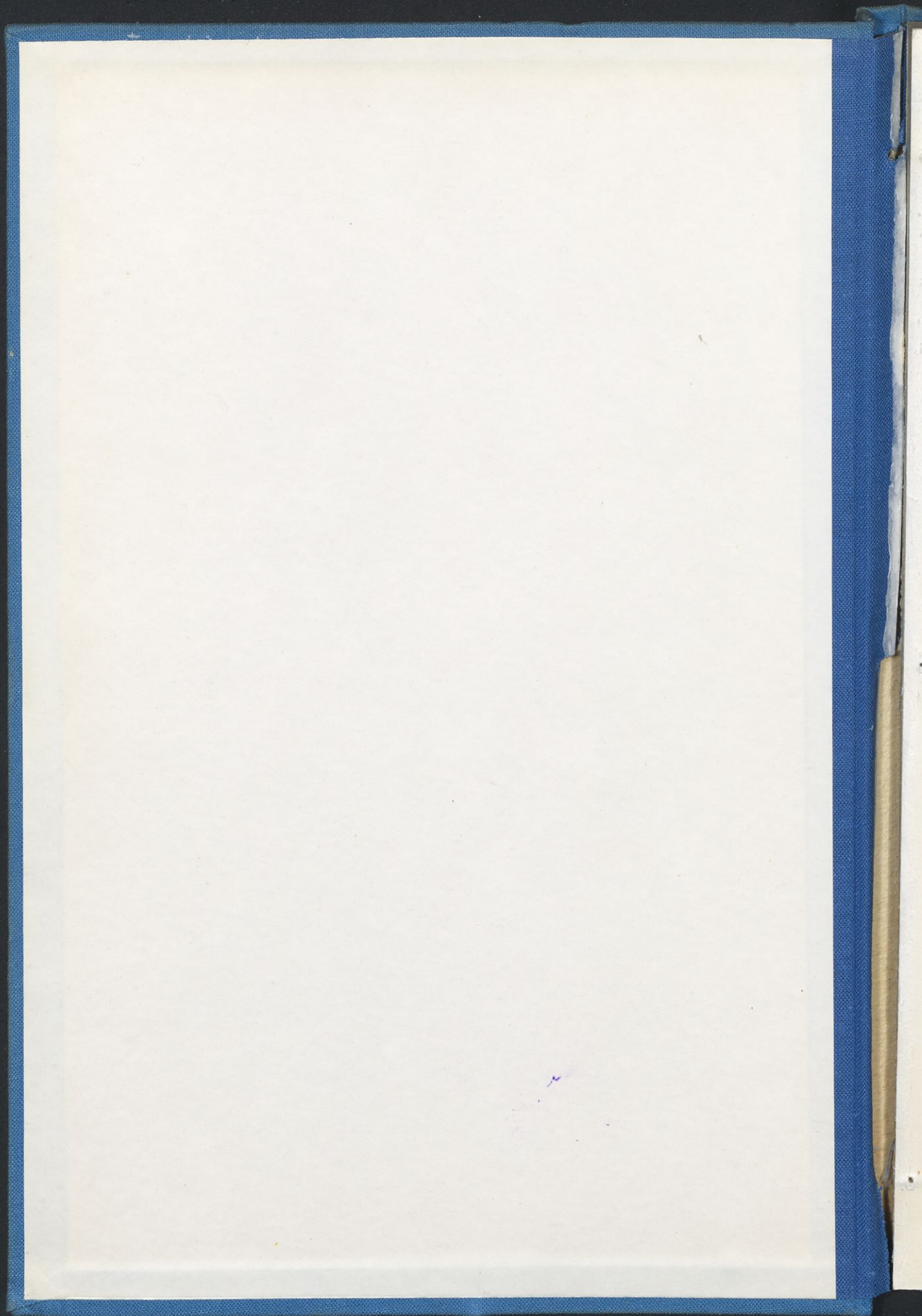


METEOROLOŠKI ZAVOD SRS

PRIPRAVA HIDROLOŠKE
DOKUMENTACIJE ZA PROJEKTIRANJE
AKUMULACIJ NA OSNOVI MODELA

POROČILO O REZULTATIH
HIDROMETEOROLOŠKIH RAZISKAV
V POREČJU GRADAŠČICE
V LETU 1975/76

LJUBLJANA november, 1976





Im. štev. 6109/77

METEOROLOŠKI ZAVOD SRS

REZULTATI HIDROMETEOROLOŠKIH RAZISKAV V PO-
REČJU GRADAŠČICE
V LETU 1975/76

Nosilec naloge:
dr. Danilo Furlan



Direktor:
Miran Borko, dipl.ing.met.

M Borko

K A Z A L O

Vsebina	stran.
1. Uvod	1
2. Priprava dela	2
1. Sekularna dokumentacija	2
2. Dopolnilna hidrometeorološka mreža	2
3. Rezultati analize starejše dokumentacije	5
1. Stopnja reprezentativnosti dokumen-	
tacije izbranih postaj	5
2. Korelacija med padavinami različnih ča-	
sovnih razponov	8
4. Rezltati analize padavin v letu 1976	12
1. Ustreznost ombrografske mreže	12
2. Splošna karakteristika padavinskih razmer	
v letu 1976	12
3. Znečilnosti padavinske razporedbe v	
krajših časovnih razponih	12
5. Razporedba padavin po trajanju, izdatnosti	
in legi težišča	19
1. Kartiranje	19
2. Trajanje in višine padavin	19
3. Težišče padavin	19
4. Karakteristika dolgotrajnih deževij	21
6. Časovna razporedba padavin	27
1. Stopnja reprezentativnosti postaje	
Ljubljana za padavinske procese nad po-	
iskusnim poligonom	29

2.	Trajanje padavin	29
7.	Razmerje med točkovno in ploskovno višino padavin	37
	1. Metoda dela	37
	2. Najčešči dan z maksimum padavin 1975	38
	3. Razmerje med padavinami postaj in padavinami zbirnega področja	38
	4. Preverjanje empiričnih načinov za določitev višine padavin v različnih povratnih dobah	40
8.	Značilnosti sinoptičnih situacij, v katerih je bilo v letu 1976 največ padavin	43
9.	Simulirani primer visokovodnega vala	47
	1. Ocena padavinske karte ob izrazitih nevihtah	47
	2. Procesi v kumulonimbnem oblaku	48
	3. Maksimalni izmerjeni nalivi različnih časovnih razponov v sosedstvu raziskovalnega poligona	50
	4. Višina padavin z dolgimi povratnimi dobami	51
	5. Razporedba padavin dne 27., 28., 9. 1926	52
	6. Spornost odtočnih koeficientov	54
	7. Povezava med padavinami in pretoki	57
10.	Povzetek	62

KARTE, GRAFIKONI, PREGLEDNICE

karte		stran
K.1	Hidrometeorološka mreža	4
K.2	Razmerja med padavinami nizov 1948-1975 in 1925-1940	6
K.3	Razporedba enournih padavin	14
K.4	Razporedba 3 urnih padavin	15
K.5	Razporedba 3 urnih padavin	16
K.6	Razporedba 6 urnih padavin	17
K.7	Orientacijske meje primerjanih površin	39
K.8	Srednje urno trajanje padavin po dekadah, niz 1966-1970	30
K.9	Srednje urno trajanje padavin, po dekadah niz 1956-1975	31
K.10	Srednje urne višine (mm) padavin po posameznih dekadah leta	34
K. 11	Padavine dne 27.(28). septembra 1926	47

grafikoni

Gr.1	Regresijska zveznica med 6 (x) in 24 (y) urnimi padavinami	40
Gr.2	Srednje dekadno trajanje padavin (minute) po posameznih urah dneva	33
Gr. 3	Srednje dekadne višine padavin po posameznih dekadah leta	35

preglednice

Pr.1	Dopolnilna hidrološka mreža	3
Pr.2	Korelacijski koeficienti Ljubljane	9
Pr.3	Klasifikacija padavinskih primerov	20
Pr.4	Karakteristika deževij	23
Pr.4b	Osnovne vrednosti nalivov	43
Pr.5	Višine padavin različnih povratnih dob (Lučine)	52 b

- Pr.6 Višine padavin različnih povratnih dob 52 c
- Pr. 7 Karakteristika padavin v Ljubljani
septembra 1926 54
- Pr.8 Simulirane triurne netto padavine ob
koncu septembra 1926 59

- Gr.4 Simulirane in vodni val ob koncu septem-
bra 1926 61 b

Literatura

- Jenkinson A.F.: The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. Quarterly journal of the royal meteorological society, No.348, London 1955.
- Furlan D.: Nalivi v Mariboru. Arhiv hidromet.zavoda. Ljubljana 1958
- Linsley R.K., Kohler M.A., Paulus J.H.: Hydrology for Engineers, Mc Graw-Hill Book Company. New York, Toronto, London 1958
- Dooge J.A. General Theory of the Unit Hydrograph. Journal of Geophysical Research, V.64, No.2. 1959
- Gray M.: Synthetic Unit Hydrographes for small watersheds. Journal of the Hydraulic Division, July, 1961.
- Petkovšek Z.: Padavine ob hladnih frontah v Sloveniji. Razprave IV, Ljubljana 1964.
- Vranič V.: Vjerojatnost i statistika. Tehnička knjiga, Zagreb, 1965.
- Petkovšek Z. Nevihtna karta in nevihtna pogostost v Sloveniji za dobo 1951-1960. Razprave VII, Ljubljana 1966.
- Stefan H.: Ein einheitliches Verfahren zur Bestimmung von Hochwasserheufigkeiten. Wasserwirtschaft 1968, H.8.

- Diskin M.H. : Evaluation of Segment IUH from Derivatives. Proceedings of the American Society of Civil Engineers, Journal of the Hydraulics Division, January 1969
- Terstriep M .L., Asce A.M., J.B. Stall: Urban Runoff by road research laboratory Method. Journal of the Hydraulics Division, November 1969.
- Gessner W.: Anwendung des Unit Hydrograph Verfahrens für Hochwasserberechnungen bei dem Talsperrenprojekt Stausee am Erzberg. Die Wasserwirtschaft, H.3, 1971
- Gessner W.: Grundlagen der linearen Unit Hydrograph Theorie und Anwendungsmöglichkeiten. Die Wasserwirtschaft, H.4, 1971
- Diklić S.: Hidrološka studija akumulacije Martijanci. Zagreb 1972
- Furlan D. : Ugotavljanje evapotranspiracije s pomočjo normalnih klimatskih pokazateljev. Arhiv hidromet. zavoda. Ljubljana 1972
- Diklić S. : Odbrana od poplava i opskrba vlastitom površinskom vodom bazena rijeke Pesnice. Zagreb 1973
- Starč M. : Diplomaska naloga št.130. Arhiv gradb.odd. FAGG. Ljubljana 1973
- Tancik r. : Hidropedološka študija odtočnosti porečja Drava-Mura na območju SR Slovenije, Ljubljana 1973

Diklić S. : Gornja Pesnica: Hidrološka studija, Regulacija protoka te uredjenje vodotoka i objekata. Delft 1974

Furlan D. : Orientacijski podatki o izhlapevanju v Jugoslaviji. Razprave XVII, Ljubljana 1974

Roškar J. : O porazdelitvi letnih ekstremov nalivov v Sloveniji. Razprave XVIII, Ljubljana 1975

Nemec J. : Basic Hydrometeorological Characteristics of a Basin. Engineering Hydrology, Graw-Hill 1972, II/3.

Dahlström B. : Water Balance of Europe, referat na kongresu v Varni, od 27. do 2. oktobra 1976

Kovacs G. : Methods for the Computation, Space Interpolation and Mapping of River Run-Off, referat na kongresu v Varni, od 27. septembra do 2. oktobra 1976.

Uvod

1. Potek raziskav je narekovan s ciljem. V našem primeru je to: ustvariti model, ki bo omogočal dostop do sodobne hidrološke dokumentacije na osnovi reliefnih karakteristik poljubnega zbirnega področja in njegovih specifičnih padavinskih razmer. Metoda dela je enotin hidrogram. Ako ocenimo reliefne razmere kot nespremenljive, preide težišče na padavine. Prvi problem predstavlja njihova prostorska in časovna razporedba.

Drugi problem predstavlja razmerje med padavinami in odtoki poedinih padavinskih primerov in to v različnih pogojih: v različnih letnih časih, različnih oblikah rastlinskih asociacij, različni geološki osnovi in pedološkem sestavu ter končno ob različnih sušnih razmerah.

Tretji problem predstavlja način povezave med sekularnimi, klimatskimi padavinskimi razmerami in sinhronimi vodnobilančnimi rezultati, vključenimi v problematiko prešnjega odstavka.

Za prvo leto raziskav je bila v programu med drugim orientacijska slika o povezavi med padavinami in odtoki, torej vodnobilančna slika ob izrazitih padavinah. Težišče dela pa naj bi bilo v prvem letu na pripravi ustrezne padavinske dokumentacije. Izhodišče naj bi bila sekularna opazovanja padavinskih postaj v območju porečja zgornje Gradaščice in sosednjih porečij, po drugi strani pa detajlna recentna padavinska opazovanja.

Drugi del naloge je bil rešen s pomočjo sintetičnega enotnega hidrograma, glavni del pa z obdelavo sekularnih in recentnih padavinskih opazovanj in registracij.

Za rešitev zastavljenega programa je bila organizirana dopolnilna mreža 10 ombrografskih in 4 limnigrafskih postaj.

2. Pripravljalna dela

Za sprovedbo naloge je bilo potrebno najprej odbrati ustrezno sekularno padavinsko dokumentacijo, in organizirati dopolnilno mrežo.

2.1. Sekularna dokumentacija

/v Hrbtenico sekularne dokumentacije predstavljajo opazovanja v Ljubljani, ki leži sicer izven raziskovalnega poligona na gornjem delu porečja Gradaščice, vendar je njena bližina tolikšna, da zadosti ta postaja, njeni podatki, principom klimatološke statistike za izvedbo redukcij. Opazovanja so začela v Ljubljani že 1851, torej pred 125 leti. Druge postaje z dolgoletnimi opazovanji so : Vrhnika, Horjul, Črni vrh, Šentjošt, Lučine, Route. Podatki, dobljeni v preteklem in sedanjem stoletju, naj bi bili prenešeni na magnetni trak, ter tako pripravljeni za vključitev v raziskovalno delo.

2.2. Dopolnilna hidrometeorološka mreža

Sinhrona študije padavin in pretokov naj bi omogočila dopolnilna meteorološka in hidrološka mreža.

2.2.1. Meteorološka mreža

/2 Organizirana je bila mreža 10 ombrografskih postaj, ki pokrivajo površino ca 120 km². Za manj razgiban relief, kot je v Polhograjskih Dolomitih, je priporočana gostota : 1 ombrograf na 10 km². V našem primeru gostota torej ni idealna, vendar še ustreza. Imena postaj (in njihova lega) so razvidna iz preglednice št. 1.

Mreža ombrografov je bila organizirana v maju 1976, kot je bilo tudi predvideno.

Najvišja postaja je Pasja Ravan, 880 m, najnižja pa Horjul, 342. Kar 8 od vsega 10 postaj je na višini nad 700 m. Dve postaji, Črni vrh in Briše, imata tudi zimsko registracijo. Ostalih osem postaj ima registracije od 15. maja do 15. oktobra, ker bi sicer pretila nevarnost, da bi ob zmrzali bil instrument uničen. Tudi na teh postajah pa se vrše redna

dnevna opazovanja.

2.2.2. Hidrološka limnigrafska mreža

Organizirane so bile registracije vodostajev na 4 mestih in sicer : Na Mali Božni tik pred izlivom v Veliko Božno; na Veliki Božni, ob mostu v Smolniku št. 2.; na Mali Vodi nad kmetijo Hočevar; na Gradaščici, ob mostu Dvor-Stara vas.

Limnigrafi so bili zaradi ovir pri uvozu postavljeni šele v oktobru, torej z 2-3 mesečno zamudo.

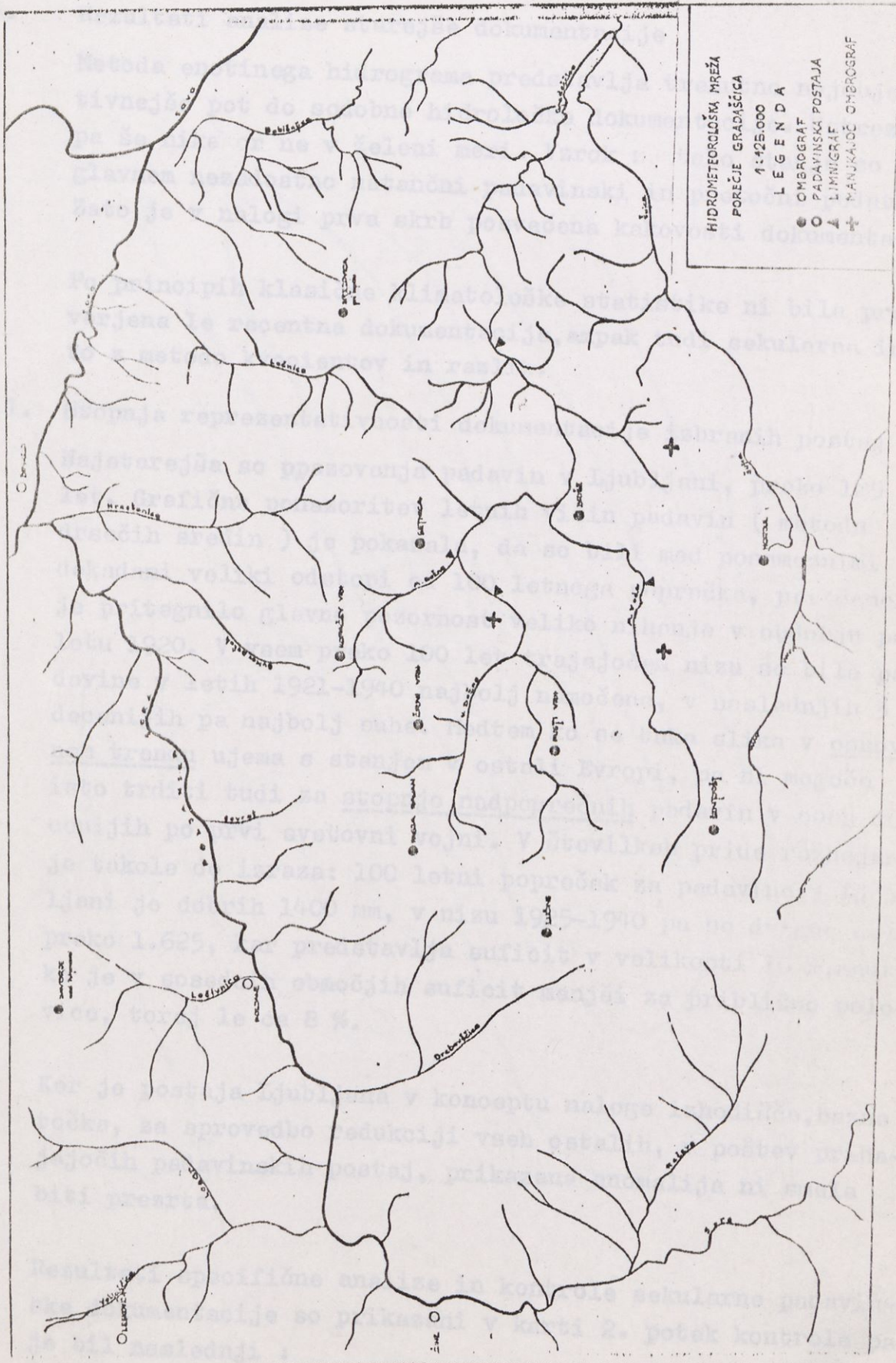
Dopolnilna hidrometeorološka mreža v porečju Gradaščice
Mreža ombrografskih postaj

Zap.št.	Postaja	Hs	geografska	
			širina	dolžina
1.	Brezovica pri Topolu	708 m	46°06'	14°22'
2.	Briše pri Polhovem g.	500	46°03'	14°19'
3.	Črni vrh nad Polhovim g.	840	46°05'	14°16'
4.	Horjul	342	46°02'	14°13'
5.	Kopačev vrh	725	46°06'	14°17'
6.	Lučine	639	46°04'	14°12'
7.	Pasja ravan	880	46°05'	14°13'
8.	Pusti vrh	620	46°04'	14°15'
9.	Setnica	720	46°05'	14°18'
10.	Šentjošt nad Vrhniko	623	46°02'	14°14'

Mreža limnigrafskih postaj
Pr.pod.

1.	Smolnik-Vel.Božna	27.5 km ²	46°04'	14°13'
2.	Polhov gr.-Mala Božna	10.7	46°05'	14°18'
3.	Briše-Mala voda	16.6	46°02'	14°18'
4.	Dvor-Gradaščica	78.6	46°03'	14°21'

5.



3. Rezultati analize starejše dokumentacije

Metoda enotinega hidrograma predstavlja trenutno najobjektivnejšo pot do sodobne hidrološke dokumentacije. Ustreza pa še nikakor ne v želeni meri. Vzrok za tako stanje so v glavnem nezadostno natančni padavinski in pretočni podatki. Zato je v nalogi prva skrb posvečena kakovosti dokumentacije.

Po principih klasične klimatološke statistike ni bila preverjena le recentna dokumentacija, ampak tudi sekularna in to z metodo kvocientov in razlik.

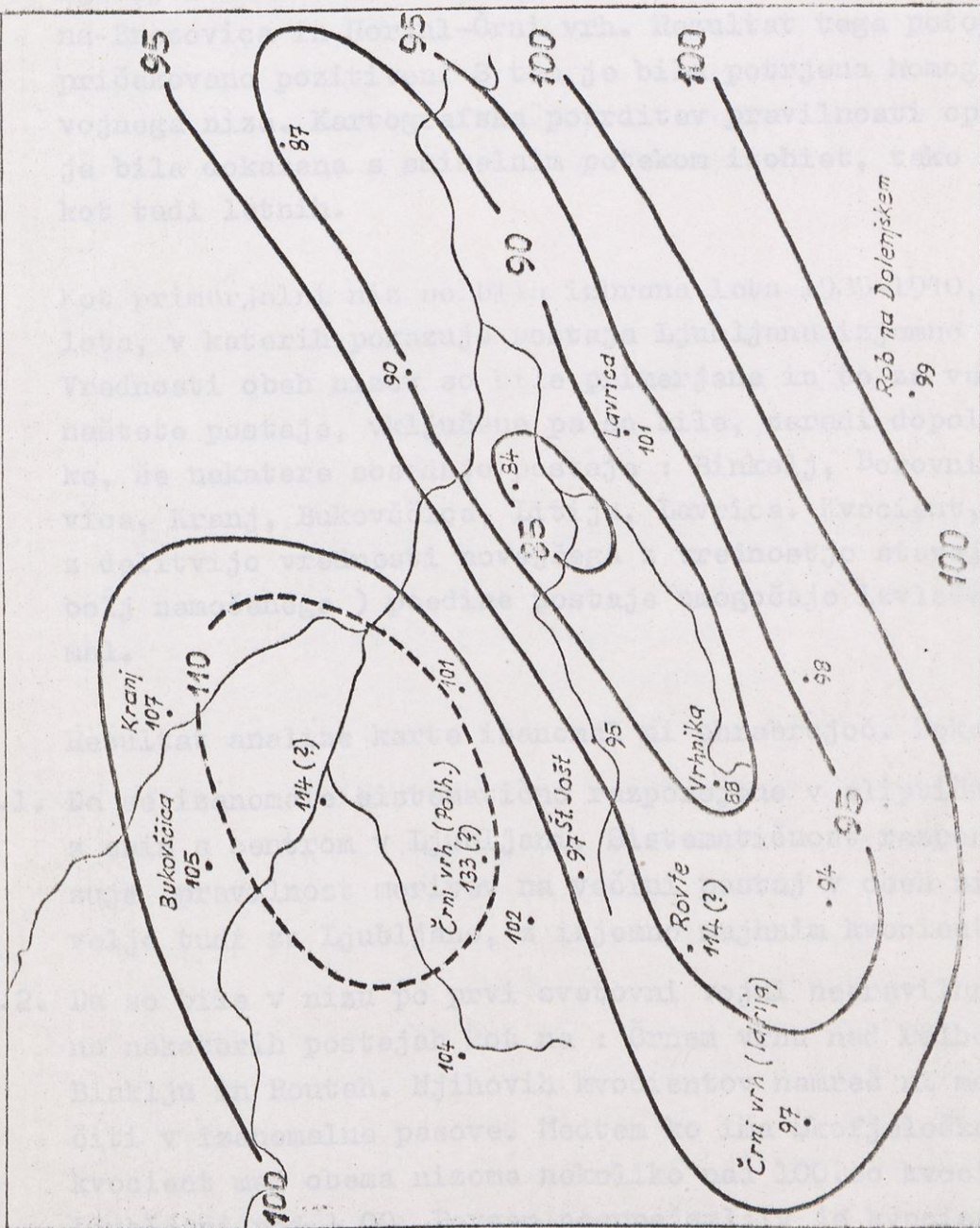
3.1. Stopnja reprezentativnosti dokumentacije izbranih postaj

Najstarejša so opazovanja padavin v Ljubljani, preko 125 let. Grafična ponazoritev letnih višin padavin (metoda drsečih sredin) je pokazala, da so bili med posameznimi dekadami veliki odstopi od 100 letnega poprečka, pri čemer je pritegnilo glavno pozornost veliko nihanje v obdobju po letu 1920. V vsem preko 100 let trajajočem nizu so bile padavine v letih 1921-1940 najbolj namočene, v naslednjih 3 decenijah pa najbolj suhe. Medtem ko se taka slika v osnovnem trendu ujema s stanjem v ostali Evropi, pa ni mogoče isto trditi tudi za stopnjo nadpoprečnih padavin v obeh decenijah po prvi svetovni vojni. V številkah pride razhajanje takole do izraza: 100 letni popreček za padavino v Ljubljani je dobrih 1400 mm, v nizu 1925-1940 pa se dvigne celo preko 1.625, kar predstavlja suficit v velikosti 16 %, medtem ko je v sosednjih območjih suficit manjši za približno polovico, torej le ca 8 %.

Ker je postaja Ljubljana v konceptu naloge izhodišče, bazna točka, za sprovedbo redukciji vseh ostalih, v poštevprihajajočih padavinskih postaj, prikazana anomalija ni smela biti prezrta.

Rezultati specifične analize in kontrole sekularne padavinske dokumentacije so prikazani v karti 2. potek kontrole pa je bil naslednji :

K.2



Razmerje med padavinami 1948 - 1975 in 1925 - 1940
($\% = 1948 - 1975$)
($\% = 1925 - 1940$)

Kot izhodiščni niz je bil izbran niz po drugi svetovni vojni. Vzrok za tako odločitev je v dejstvu, da so ta, najnovejša opazovanja, ažurno obdelana in seveda tudi preverjena, opazovalci pa sproti opozarjani na napake. Zaradi sigurnosti so bili vendar izračunani koeficienti padavin opazovalnih parov: Ljubljana-Vrhnika, Črni vrh-Šentjošt, Route-Postojna, Ljubljana-Brezovica in Horjul-Črni vrh. Rezultat tega postopka je bil pričakovano pozitiven. S tem je bila potrjena homogenost povojnega niza. Kartografska potrditev pravilnosti opazovanj pa je bila dokazana s smiselnim potekom izohiet, tako mesečnih, kot tudi letnih.

Kot primerjalni niz so bila izbrana leta 1925-1940, torej leta, v katerih prikazuje postaja Ljubljana izjemno namočenost. Vrednosti obeh nizov so bile primerjane in to za vse preje našteje postaje, vključene pa so bile, zaradi dopolnitve slike, še nekatere sosednje postaje : Binkelj, Borovnica, Blagovica, Kranj, Bukovščica, Litija, Lavrica. Kvocijent, dobljen z delitvijo vrednosti novejšega z vrednostjo starejšega (in bolj namočenega) poedine postaje omogočajo izvlečenje izanomal.

Rezultat analize karte izanomal ni ohrabrujoč. Pokaže se :

- 3.1.1. Da se izanomale sistematično razporejene v eliptični obliki, z enim s centrom v Ljubljani. Sistematičnost razporedbe dokazuje pravilnost meritev na večini postaj v obeh nizih. To velja tudi za Ljubljano, z izjemno majhnim kvocijentom, 84 %;
- 3.1.2. Da so bile v nizu po prvi svetovni vojni nepravilne meritve na nekaterih postajah kot na : Črnem vrhu nad Polhovem gradcu, Binklju in Routah. Njihovih kvocijentov namreč ni mogoče vključiti v izanomalne pasove. Medtem ko ima Škofjeloško hribovje kvocijent med obema nizoma nekoliko nad 100, so kvocienti bližje Ljubljani pod 1.00. Povsem nesprejemljiv je kvocijent za Črni vrh (133 %), z ozirom na sosednje postaje pa tudi vrednosti Binklja (114 %) in Rout (112 %).

3.1.3. Posledice anomalije

Dejstvo, da izkazuje spodnji del Ljubljanske kotline, zlasti pa še postaja Ljubljana, največjo anomalijo od vseh prikazanih postaj, pomeni za realizacijo zastavljene naloge zelo hudo oviro. Saj je bilo predvideno, da bodo prav 100 letna opazovanja Ljubljane omogočila tudi podatke ostalih 8 postaj ekstrapolirati na stoletne vrednosti. Tako pa so potrebne dodatne obdelave; težišče je predstavljeno na čim podrobnejše in čim temeljitejše analize padavinskih razmer povojne dobe.

Prav posebno podrobno bodo analizirane registracije v Ljubljani v povojnem času, za katerega je bilo ugotovljena popolna homogenost padavin v spodnjem delu Ljubljanske kotline in v njenem hribovitem obrobju, tudi na področju Polhograjskih Dolomitov.

3.2. Korelacije med padavinami različnih časovnih razponov

Tehten argument za odločitev o pripravi hidrološke dokumentacije na osnovi modela, temelječega na metodi enotinega hidrograma, je bila iz tuje prakse povzeta metoda, kako smiselno uporabiti sekularna opazovanja padavinskih postaj.

3.2.1. Korelacije med enodnevnimi in 24 urnimi padavinami

Ker vsebujejo sekularna opazovanja le podatke o dnevnih višinah padavin, in ne 24 urnih, prispevna doba na manjših porečjih pa je od 2 do 8 ur ca, pomeni to, da je ~~enodnevnih~~ ~~meritve~~ možno izkoristiti, z uporabnim koeficientom točnosti, le v primeru, ako obstoja zadostna korelacija med 24 urnimi in enodnevnimi padavinami in dalje, ako obstoja zadostna korelacija med 24 urnimi in 6 urnimi padavinami. Ker se je iskazalo, da je korelacija med ~~enodnevnimi~~ in 6 urnimi padavinami v ZDA prepričljiva, so na osnovi te korelacije izdelane karte hidrometeoroloških osnov v atlasu ZDA in zato se je s takimi, visokimi korelacijami, računalo tudi pri nas.

Korelacijski koeficienti nalivov za Ljubljano (1921 - 1975)

Pr. 2

1 9 -

VARIABLE NO.
NAME

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	NALIV1	NALIV2	NALIV3	NALIV4	NALIV5	NALIV6	NALIV7	NALIV8	NALIV9	NALIV10	NALIV11	NALIV12
1 NALIV1	1.000											
2 NALIV2	.965	1.000										
3 NALIV3	.871	.975	1.000									
4 NALIV4	.813	.936	.975	1.000								
5 NALIV5	.751	.867	.914	.982	1.000							
6 NALIV6	.734	.848	.918	.964	.988	1.000						
7 NALIV7	.537	.648	.742	.830	.885	.911	1.000					
8 NALIV8	.473	.563	.652	.751	.819	.837	.955	1.000				
9 NALIV9	.424	.515	.608	.698	.761	.789	.926	.989	1.000			
10 NALIV10	.366	.469	.548	.651	.714	.749	.891	.967	.983	1.000		
11 NALIV11	.331	.421	.513	.615	.667	.705	.843	.914	.928	.958	1.000	
12 DAN	.359	.463	.549	.639	.693	.733	.878	.913	.918	.937	.921	1.000

Rezultati ustreznih raziskav niso potrdili vseh pričakovanj. Korelacijski koeficient med enodnevnimi in 24 urnimi padavinami za postajo Ljubljana za 20 letni opazovalni niz znaša 0.92 (P.2). Z ozirom na dejstvo, da so padavine pogoste prav v jutranjih urah, torej v času, ko so merjene dnevne višine padavin, je odstop med maksimalnimi 24 urnimi in enodnevnimi padavinami razumljiv in je korelacijski koeficient, kakršen je bil ugotovljen v Ljubljani, razumljiv in tudi sprejemljiv. In tak je bil tudi pričakovan.

3.2.2. Korelacije med 6 urnimi in enodnevnimi padavinami

Drugačna je stvar s korelacijo med enodnevnimi in 6 urnimi maksimalnimi padavinami. Ker temeljiti smiselna uporaba metoda enotinega hidrograma za mala rečja na nekajurnih zamikih med padavinami in odtoki, predstavljajo prav ca 6 urne maksimalne padavine nepogrešljivo dokumentacijo. S tem, da je za Ljubljano ugotovljen le korelacijski koeficient 0.73 (P.2) (med ^{enodnevnimi} 24- in 6 urnimi padavinami), pomeni to, da si z dnevnimi višinami padavin do te osnovne dokumentacije, ne moremo pomagati in da se moramo v nadaljnjih operacijah nasloniti v večji meri na registracije padavin predvsem v povojni dobi. Skoro 30 letne registracije imajo le v Mariboru, Novem mestu in Savici. V Ljubljani pa so registracije začele že pred 45 leti.

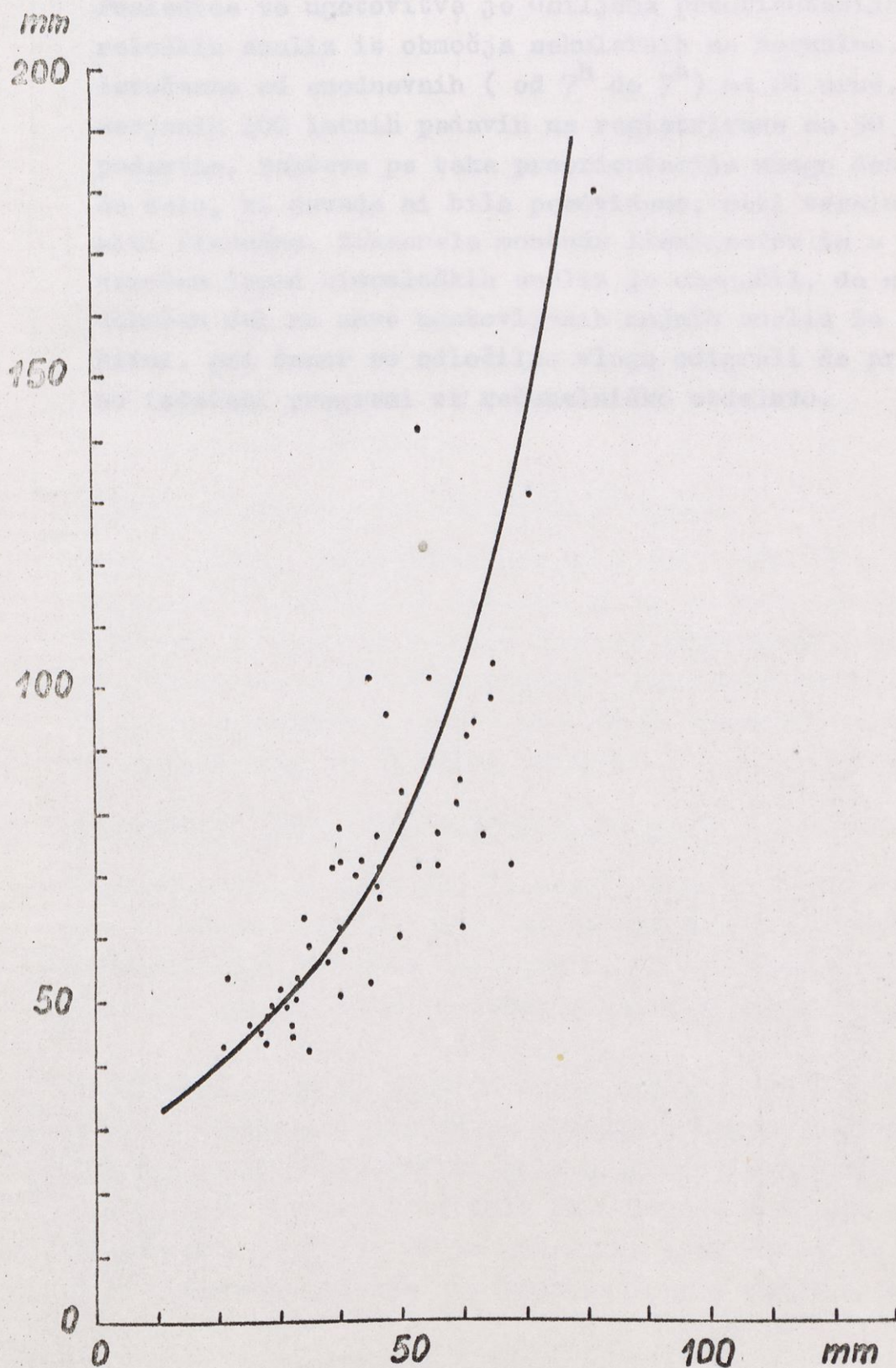
3.2.3. Zaključek

Alko sumiramo rezultate dosedanjih analiz padavin in dokumentacije ugotovimo, da so dobljeni rezultati občutno pod pričakovanji, saj :

- a. 125 letnih dnevnih opazovanj ni mogoče uporabiti brez zamotanih dodatkov za ekstrapolacijo dokumentacije ostalih postaj na isti niz, ker padavine v spodnjem delu Ljubljanske kotline niso reperzentativne za ostalo Slovenijo.
- b. Korelacija med enodnevnimi in 6 urnimi maksimalnimi padavinami ni zadostna, da bi dovoljevala trdne zaključke, na osnovi katerih naj bi bile izvajane zelo drage inve-

Regresijska zveznica za Ljubljano
med 6 (x) in 24 (y) urnimi padavinami
(1956 - 1975)

Gr. 1



sticije. Na osnovi take dokumentacije zgrajeni objekti bi ne zagotavljali varnosti. Korelacijski koeficient 0,7 namreč prav na meji še dopustne uporabe.

Posledica te ugotovitve je usiljena preorientacija meteoroloških analiz iz območja sekularnih na normalne, to je istočasno od enodnevnih (od 7^h do 7^h) na 24 urne, od izmerjenih 100 letnih padavin na registrirane ca 30 letne padavine. Zahteva pa taka preorientacija mnogo detajlnejše delo, ki seveda ni bilo predvideno, niti terminsko, niti finančno. Zakasnela montaža limnigrafov in s tem povzročen izpad hidroloških analiz je omogočil, da se je dovršen del na novo ugotovljenih nujnih analiz že realiziral, pri čemer so odločilno vlogo odigrali še pravočasno izdelani programi za računalniško obdelavo.

na dodatnih limnigrafih.

4.2. Splošna karakteristika padavinskih razmer v letu 1976

Izjemno pogostost padavinskih dnevo v letu 1976 je bila padavin malo. V razdobju od 1.1. do 30.9. je padlo na primer v Marjani 1011 mm in v Ljubljani 1369. V primerjavi s višinskimi normalnega leta 1926-1965 predstavljajo padavine v razdobju (v istem zaporedju) 0,87 % in 0,66 %. Padavine so bile precej podprazne in to dobro izrazijo.

4.3. Značilnosti padavinske razporedbe v krajih območja

Izdelane karte, izdelane na osnovi krajsih časovnih razporedov od aprila dne, so razke; saj so za pridobitev ustrezne dokumentacije potrebnih limnigrafih, in to relativno veliko število, ker je sicer izvele izločene izločene.

Iz obdobja od aprila dne do aprila dne 1976, ko je bila aktivna mreža limnigrafov na območju Poljskejskega razpisovalnega poligona, sploh ni bilo primerov intenzivnih padavin. V vsaki 5 dnevni ni bilo na celotnem področju ali celo na primeru z več kot 60 mm padavin v eni dnevi. Za primerjavo naslednji podatek : v Ljubljani je v zadnjih 30 letih

4. Rezultati analiz padavin v letu 1976

4.1. Ustreznost ombrografske mreže

Po tujih virih (kot že navedeno) zadošča za raziskovalni poligon mreža padavinskih postaj, v kateri pride po en instrument na 10 km². Tako je bilo izhodišče tudi pri nas. Analiza izrazitejših padavinskih primerov v letu 1976 pa je pokazala, da je tako gosta mreža še vedno preredka. Na vočini analiziranih primerov se je pokazalo, da manjkajo padavinski podatki za področje severovzhodno od Horjula, dalje, zahodno od limnigrafa na Mali vodi in končno zahodno od limnigrafa na Veliki Božni. Najizrazitejša je vrzel severovzhodno od Horjula. Z ozirom na teže zastavljene naloge mora biti v naslednjem letu vsaj ta lokacija opremljena z dodatnim ombrografom.

4.2. Splošna karakteristika padavinskih razmer v letu 1976

Kljub pogostim padavinskim dnevom v letu 1976 je bilo padavin malo. V razdobju od 1.1. do 30.9. je padlo na primer v Horjulu 1011 mm in v Joštu 1369. V primerjavi z višinami normalnega niza 1926-1965 predstavljajo navedene vrednosti (v istem zaporedju) 0.87 % in 0.86 %. Padavine so bile torej podpoprečne in to dokaj izrazito.

4.3. Značilnosti padavinske razporedbe v krajših časovnih obdobjih

Izohietne karte, izdelane na osnovi krajših časovnih razponov od enega dne, so redke; saj so za pridobitev ustrezne dokumentacije potrebni ombrografi, in to relativno veliko število, ker je sicer izvlečenje izolinij močno subjektivno.

Iz obdobja od srede maja do srede oktobra 1976, ko je bila aktivna mreža ombrografov na območju Polhograjskega raziskovalnega poligona, sploh ni bilo primerov intenzivnih padavin. V vseh 5 mesecih ni bilo na celotnem področju niti enega primera z več kot 60 mm padavin v enem dnevu. Za primerjavo naslednji podatek : v Ljubljani je v zadnjih 30 letih

prišlo v 3 primerih do padavin preko 60 mm v 1 sami uri!
In še drugi primer : Postaja Lučine je v letu 1926 (28. sept.) zabeležila v enem samem dnevu 341 mm, blizu 6 krat več kot je bila maksimalna dnevna višina v našem primeru (v letu 1976, do 1.10.)

4.3.1. Padavine dne 21. in 31. julija

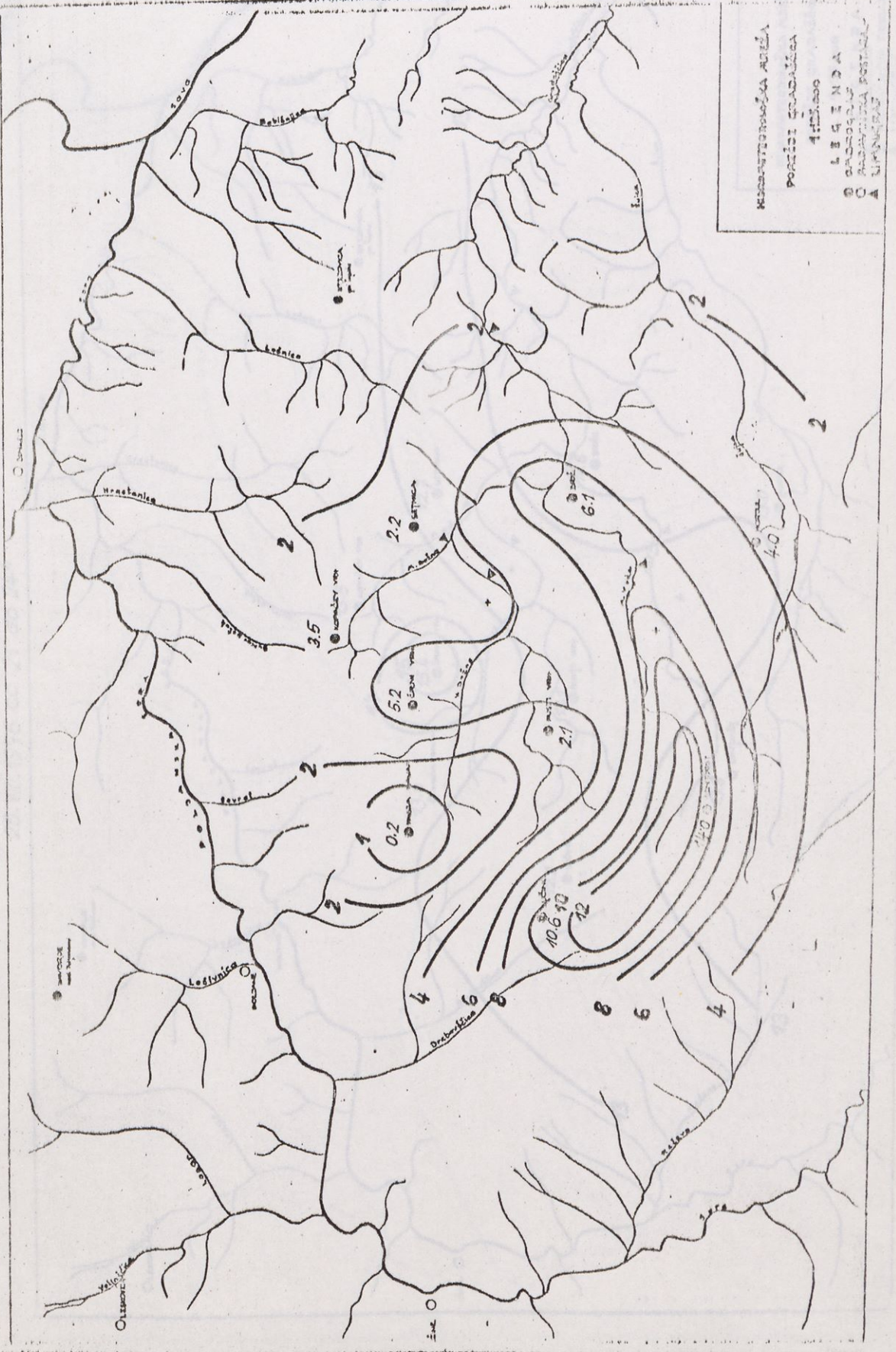
Od 10 dni z izdatnejšimi padavinami sta bila za podrobno analizo izbrana 25. in 31. julij. V obeh dnevih so bile padavine razporejene, za toplo polovico 1. leta, zelo enakomerno, saj razpon med najbolj namočeno in najbolj "suho" postajo ni prešel razmerja 5:3 [prvi dan (25.VII.) Jošt 47.2 mm, Horjul in Briše 38.6 mm; drugi dan (31.VII.) Lučine 49.8 mm, Horjul 30.5 mm]. Tak izbor je bil pretehtan in utemeljen. Vprašanje je namreč, ali vsota padavin v krajših časovnih razponih potrjuje sliko o padavinah vsega dne, ali pa so med posameznimi urami ali skupino ur, kljub izenačenosti celodnevni padavin, velike ali vsaj občutne razlike. Odgovor na zastavljeno vprašanje je nujno potreben, saj moramo računati z dejstvom, da je razpon med težiščem padavin in težiščem pretoka na tako majhnem zbirnem področju, kot je zgornja Gradaščica (nad pritokom Belico), ne le manjši od enega dne, temveč verjetno tudi od 6 ur. Če pa računamo s tem, da bodo zadrževalniki morali biti grajeni na Gradaščinih izvirnicah, torej Mali in Veliki Božni tor na Mali vodi, potem se kritični čas pomakne na 2 ali kvečjemu 3 ure.

4.3.1.1. Razporedba enournih padavin

Iz karte K 3 je razvidno, da je dne 31. julija bila razporedba enournih padavin zelo neenakomerna, saj je med 18^h in 19^h padlo na primer na Joštu 14.0 mm, na Pasji ravani pa komaj 0.2 mm, torej le ena sedemdesetina (1/70). Pas glavnih padavin pa je potekal po dolinah Drebovščice in Male vode. Verjetnost za nastop primera, ko je bila 14 mm/ura padavin, je ca 5 krat letno.

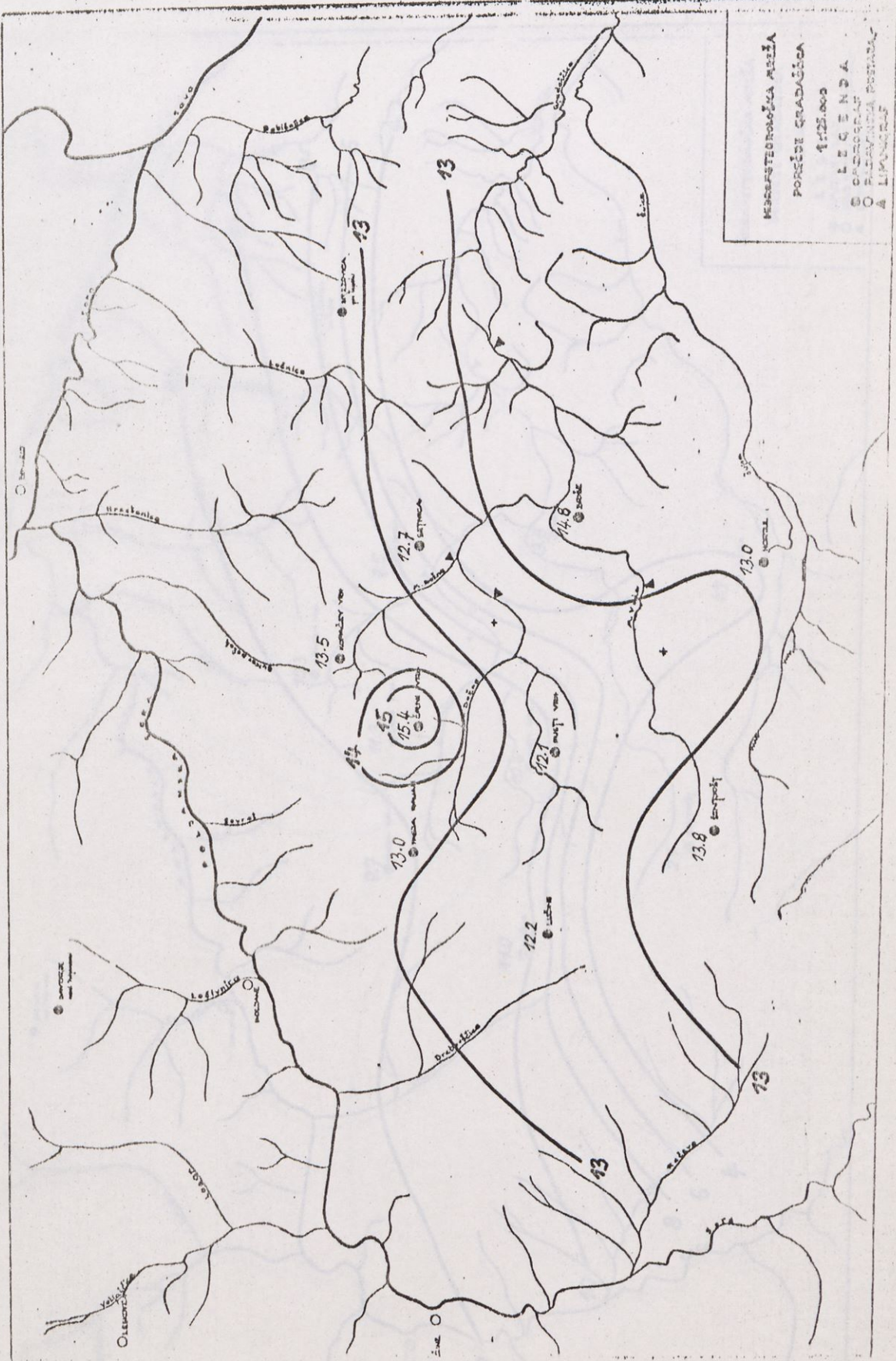
Razporedba enournih padavin
31. III. 1976 od 18 do 19h

K.3



Razporedba triurnih padavin
25. VIII. 1976 od 21^h do 24^h

K.4



4.3.1.2. Razporedba 3 urnih padavin

Med primeri 3 urnih padavin je poučna razporedba med 21. in 24.h 25.julija (K 4) zato , ker so padavine bile močno izenačene na vsem področju, (ekstrema: Pusta ravan 12.1 mm, Črni vrh 15.4 mm), medtem ko je bilo razmerje 6 dni kasneje in med 19. in 22. (K 5) bistveno bolj razgibano. Ekstremno razhajanje: Jošt 2.1 mm, Črni vrh 11.3 mm.

4.3.1.3. Razporedba 6 urnih padavin

Med primeri 6 urnih padavin se pokaže že močna zgladitev med postajami. V neredkih primerih (26.junija med 00 in 06h, 25.VII. med 15.h in 21.h^{K.6} ali med 21.h in 03.h naslednjega dne, ali med 16h in 22h dne 31.julija je izenačenje padavinske razporedbe že slična oni pri celodnevnih padavinah; vsekakor to ni pravilo, ampak posledica le nekaj ur trajajočega dežja.

4.4. Zaključek

Analizirani primeri so pokazali, da so razlike v višini istočasnih padavin med poedinimi postajami tem večje, čim krajši je časovni razpon in obratno. Prikazane razmere v Polhograjskih Dolomitih niso posebnost, saj so take razmere znane tudi iz večjih mest, katerih kanalizacija je dimenzionirana prav na osnovi velikih razlik v višini padavin tudi na kratkih razdaljah.

5. Razporedba padavin po trajanju, izdatnosti in gi težišča

5.1. Kartiranje

V programu za prvo leto raziskav je bilo tudi kartiranje izbranih nalivov in ustreznih pretokov. Cilj kartiranja je bil, da se v naslednjem letu izvrši prav na osnovi kartiranih primerov, sistematizacija intenzivnih deževij, ki naj pokaže, v katerih intenzitetnih pasovih so padavinski primeri najčesejši, dalje, v kakšnem razmerju so si padavinski primeri različnih stopenj trajanja padavin in končno, kedaj nastopi maksimum padavin: na začetku dežja, natančneje, v prvi, drugi ali zadnji tretjini deževja.

Postavljena naloga je bila realizirana, vendar ne grafično, temveč numerično, z računalnikom. Izdelani so bili ustrezni programi in rezultat so tabelarični pregledi, torej tudi tisto delo, ki je bilo po prvotnem programu predvideno šele za drugo leto raziskav. Analiza je bila izvršena na osnovi podatkov postaje Hotedršica.

5.2. Trajanje in višina padavin

Kot je bilo pričakovati, so najčesejši primeri deževij z najkrajšim, v statistiki upoštevanim časom. Do 5 ur trajajoči primeri so zastopani s 35 %, z nad 2 dni pa le z dobrimi 11 %. Do 10 mm je bilo skoro 44 % primerov, nad 30 mm pa le slabe 14 % deževij (Pr. 3).

5.3. Težišče padavin

Od zastavljenih treh ciljev je bila posebna po-

KLASIFIKACIJA PADAVINSKIH PRIMEROV

Pr. 3

V LETU 1975 (v %)

	PRIMEROV	TEŽIŠČE (%)			DOLŽINA (ure)				VIŠINA (mm)							
		do 33	do 66	do 100	do 5	10	30	50	nad 50	do 10	20	30	40	50	75	nad 75
K R A J																
HOTEDRŠICA	77	51	29	20	35	13	32	11	9	44	26	14	5	3	3	5
VZH. STAJERSKA	60	51	32	17	47	20	28	4	1	61	21	8	4	3	2	1

zornost posvečena poslednjemu: v kateri čas deževanja pade težišče padavin. Efekt padavin, odtok, ni enak - v odstotkih padavin - ako so te nastopile z maksimum na začetku ali na koncu deževanja. Zaradi izhlapevanja in evapotranspiracije, zapolnjevanja terenskih depresij, infiltracije v površino in seveda zaradi izravnave deficita v podtalnici, so izgube vode največje na začetku padavin. Zato maksimum padavin na začetku nima takega efekta, kot na koncu. Odtočni koeficient je mnogo večji, ako nastopijo najintenzivneše padavine na koncu dežja. Analize so pokazale, da ima preko 50 % padavinskih primerov maksimum padavin na začetku, torej v prvi tretjini, v drugi blizu 30 % in na koncu, v zadnji tretjini, le cca 20 % (pr. 3).

5.4. Karakteristika dolgotrajnih deževij

Za končni cilj zastavljene naloge so pomembni le primeri velikih odtočnih koeficientov. Ti so pogojeni z dolgotrajnimi padavinami, dalje, izjemno izdatnimi padavinami, in končno s tako časovno razporedbo, da težišče padavin ni še na začetku deževja. V letu 1976 ni bilo niti enega primera izdatnih padavin, saj je bila tudi ob največjem deževju poprečna višina padavin na celotnem zbirnem področju Gradaščice nad Belico le blizu 40 mm, potrebno pa bi bilo - za smiselno statistiko - vsaj 10 primerov z izdatnimi padavinami.

Neizrazitost padavin v letu 1976 je bila vzrok

za iskanje pomožne, še sprejemljive rešitve. Da bi dobili vsaj osnovno orientacijo o značilnostih dolgotrajnih deževij, je bila uporabljena dokumentacija postaje Črni vrh pod Polhovim Gradcem, sredi zbirnega področja Velike in Male Božne (Pr.4)

Analizirano je bilo 10 letno opazovalno obdobje 1966 - 1975. Analiza je zajela primere deževij s trajanjem do 18 dni in zabeležen je bil tudi dan, na katerega je padlo v posameznem deževnem primeru, največ padavin. Meja 18 dni je sicer velika, vendar v mejah realnosti. Saj imamo med padavinskimi singularitetami dve najizrazitejši, na začetku maja in sredi zadnje dekade oktobra, ki imata poprečno trajanje, preko 8 dni, v redkih, vendar ne povsem izjemnih primerih, pa presežejo 20 dni.

Najnižji, v analizi še upoštevani, so primeri deževij, ko je padlo vsaj 20 mm in ki so trajala od 2 do 15 dni. Deževja so razdeljena v 4 razrede: nad 20 mm, nad 40 mm, nad 60 mm in na 80 mm. V legendi preglednice 3 je tolmačenje za uporabljene črke. V 10 letih je bilo 192 kritičnih deževij, torej cca 20 letno.

5.4.1. Razporedba deževij po trajanju v dnevih

Kot je bilo pričakovati, je največ deževij "kratkotrajnih" (enodnevna v analizi niso upoštevana); na dvodnevna odpade 35 primerov ali 18 %. Novo je spoznanje, da pogostost 3, 4, 5, 6 in tudi 7-dnevni deževij le polagoma pada, od 35 dvodnevni na 17 primerov 7-dnevni deže-

KARAKTERISTIKA DEŽEVIJ

Pr. 4

ČRNI VRH NAD POLHOVIM GRADCEM

1965 - 1975

TRAJANJE PAD. POKS. DNI	2	3	4	5	6	7	8	9	10	NAD 10 DNI	VSOTA A B C D
1	9 7 2 19 7	4 1 7 4 2	1 2 2 6 1	2 1 5 3 4	2 2 2 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 2 2 2	16 12 5 13 20
2	16 4 15 4	15 3 1 9	1 9 4 12	3 6 4 1	4 1 4 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	2 2 2 2	10 40 10 7
3	9 3 8 2	3 8 1 2	1 2 1 1	1 3 1 2	1 3 1 2	1 3 1 2	3 3 3 2	1 1 1 1	1 1 1 1	1 1 1 1	26 7 9 5
4	6 2 5 1	2 5 1 1	2 6 0 1	6 2 2 1	2 2 2 1	2 2 2 1	2 2 2 1	2 2 2 1	2 2 2 1	2 2 2 1	19 3 8 1
5	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	4 2 5 1	2 3 9 1
6	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	2 1 1 1	6 6 10 1
NAD 6 DNI	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	6 1 1 1	5 5 13 5
VSOTA A B C D	16 10 4 35	15 6 4 31	7 7 7 29	6 7 4 28	3 4 6 11	1 2 2 11	1 3 2 17	1 1 1 12	1 1 1 3	1 1 1 2	50 37 29 76

LEGENDA:

A			
	B		
		C	
E			D

A = ŠTEVILO PRIMEROV MED 20.1 IN 40.0 112112

B = ŠTEVILO PRIMEROV MED 40.1 IN 60.0 112112

C = ŠTEVILO PRIMEROV MED 60.1 IN 80.1 112112

D = ŠTEVILO PRIMEROV NAD 80.1

E = VSOTA VSEH PRIMEROV

vij. Daljša deževja so zelo redka, saj odpade na deževja do 7 dni skupno 164 primerov ali 85 %. Odstotek med posameznimi intenzivnimi skupinami (a) nad 20 mm- 40 mm, b) nad 40 mm, c) nad 60 mm in nad 80 mm) so razlike velike. Pri najnižji skupini, med 20 in 40 mm (a) v tabeli ^{Pr.4} število primerov sistematično pada, od 16 primerov dvodnevnih deževij, na 1 primer 7-dnevnega dožja. V naslednjih dveh skupinah po vsaj približno izenačene vse do 6 dnevnega dožja, vendar je pri skupini deževij med 60 in 80 mm že očiten nasprotni trend, ki pride do popolnega izraza v najvišjem razredu, nad 80 mm, kjer so zaporedne vrednosti za 2, 3, 4, 5, 6 in 7-dnevna deževja 5, 6, 8, 11, 11 in 12 primerov v desetletnem obdobju.

Preglednica 4 vsebuje le podatke do 10 dni ločeno, za dneve nad 10 dni in do 18 dni pa skupno v eni koloni. Vzrok so bili redki primeri deževij s preko 10 dni trajanja. Tabela je bila sicer izdelana podrobno tudi za primere od 11 do 18 dni, zaradi preglednosti pa je bila skržena. Omembe vredno je le to, da so bili primeri z več kot 17 dnevi padavin v desetih letih trije. Ker nas zanimajo predvsem primeri najizrazitejših padavin, velja poudariti, da odpade v tej skupini (d) kar $\frac{2}{3}$ vseh primerov na deževja s trajanjem od 2 do 7 dni, najčesteje pa je prag 80 mm presežen pri deževjih s trajanjem 7 dni.

5.4.2. Razporedba deževij po dnevu maksimalnih padavin

Tudi v tem primeru je bilo prvotno število raz-

redov zmanjšano in to od 11 na 7, tako da je zadnji razred nad 6. dan, na katerega naj bi prišel maksimum padavin.

Iz kolone 11 je razvidno, da predstavljajo skupino zase primeri deževij, v katerih je bil maksimum padavin že prvi ali drugi dan. Na to skupino odpade 109 primerov ali 56 %. Na ostale štiri razrede, od 3. do 6. dne (maksimum), odpade 37 % in na primere, ko je bil maksimum padavin v 7 do 11 dnevu pa le še 7 % vseh primerov (192 primera).

Podobno kot pri trajanju so tudi pri dnevu nastopa maksima padavin razlike med posameznimi razredi, vsekakor so tokrat manjše. Očitna pa je že na prvi pogled matematična nujnost, da so pri dvo in trodnevnih padavinah na prvem mestu primeri, ko nastopi maksimum v prvem ali drugem dnevu. Prav tako je bilo pričakovano, pa čeprav ni brezpogojno nujno, da se pri dolgotrajnih padavinah, naprimer nad 10 dnevnih, pojavlja maksimum padavin najčešče med 6 in 11 dnevom in to v razredu d, torej najmočnejših padavin. Od vsega 16 primerov 10 in več dnevno-čih deževij je bil maksimum po 5 dnevu v 11 primerih ali 79 %.

5.4.3. Zaključek

Čim daljša so deževja, tem manjša je verjetnost njihovega pojavljanja. Tako zdrkne pogostost v razredu a (med 20 in 40 mm) že pri 7-dnevnih deževjih na pogostost 1 krat v 10 letih. V najvišjem razredu, d (nad 80 mm), pa

so najštevilnejša 7-dnevna deževja.

Za prognozo ekstremnih valov je pomembno zlasti spoznanje, da nastopi maksimum padavin v dolgotrajnih (nad 10 dni) in izdatnih padavinskih primerih (nad 80 mm) najčešče šele po 5 dnevu deževja.

Prvi podatek predstavlja detajlnejše poudarjanje padavinske razporeditve, tako po stopnji intenzivnosti, kakor tudi po trajanju padavine. Za obdobje zadnjih 20 let smo na splošno podrobno preučili vse primerke, ki so bili v obdobju 1950-1970. V tem obdobju je bilo 10 let, ko ni bilo nobene padavine, kar je bilo posledica tega, da so bili v tem obdobju vsi podrobni podatki izgubljeni. V ostalih letih pa so bili podatki o padavinah zelo pomanjrljivi, kar je posledica tega, da so bili v tem obdobju vsi podrobni podatki izgubljeni. V ostalih letih pa so bili podatki o padavinah zelo pomanjrljivi, kar je posledica tega, da so bili v tem obdobju vsi podrobni podatki izgubljeni.

Stopnja reprezentativnosti podatkov je bila zelo nizka, kar je posledica tega, da so bili v tem obdobju vsi podrobni podatki izgubljeni.

Na bi morali vedeti, da so bili v tem obdobju vsi podrobni podatki izgubljeni. V ostalih letih pa so bili podatki o padavinah zelo pomanjrljivi, kar je posledica tega, da so bili v tem obdobju vsi podrobni podatki izgubljeni. V ostalih letih pa so bili podatki o padavinah zelo pomanjrljivi, kar je posledica tega, da so bili v tem obdobju vsi podrobni podatki izgubljeni.

6. Časovna razporedba padavin

Neustrezna sekularna padavinska opazovanja in izostanek pričakovanih korelacij med višinami padavin v različnih časovnih razponih na isti postaji, oboje je vodilo do iskanja drugačnega izhoda za rešitev zastavljene naloge, kot pa je bilo v začetku predvideno.

Prvi poizkus predstavlja detajlnejše poznavanje padavinske razporedbe, tako po stopnji intenzivnosti, enako, kot tudi po trajanju padavin. Za dobo zadnjih 20 let so na razpolago podrobni podatki o obeh pravkar omenjenih padavinskih parametrih za mesto Ljubljano. Ta dokumentacija bi bila še prav posebno dragocena za reševanje zastavljene naloge, ako bi obstojala dovolj trdna vsklajenost med padavinskimi procesi v spodnjem delu Ljubljanske kotline in med procesi v njenem zapadnem obrobju, v Polhograjskih Dolomitih.

6.1. Stopnja reprezentativnosti postaje Ljubljana za procese nad poiskusnim poligonom

Da bi dobili ustrezno sliko sta bila sprovedena dva poiskusa. Prvi je bil posredno že naveden. Primerjane so bile letne višine padavin vseh postaj obravnavanega zbirnega področja, skupno 10 postaj in to za povojni niz. Rezultat je bil odločno pozitiven. Metoda kvocientov je, kot omenjeno že v enem predhodnih poglavij, pokazalo povsem zadovoljive rezultate. Toliko o višinah padavin (K.2)

Drugi parameter, trajanje in nastop padavin, je bil ugotovljen z analizo urnih vrednosti na vseh postajah poligona, primerjalna postaja pa je bila Ljubljana. Analiza je zajela mesec julij 1976, ki je bil namočen poprečno. Na celotnem področju, vključno z Ljubljano, je bilo v juliju 6 izrazitih prehodov hladne fronte, padavin pa je prejela vsaka postaja ob slehernem prehodu od 20 do 25 mm. Zaostala je le Ljubljana s 17 mm, na prvem mestu pa je Jošt z vsaj 30 mm ob vsakem prehodu. Prikazani zaostanek Ljubljane ustreza orografskim specifičnostim spodnjega dela Ljubljanske kotline.

Tudi časovno izkazujejo vse postaje veliko skladnost, vsaj kar zadeva začetek in konec padavin, ki sta praktično ista v Ljubljani in v Polhograjskih Dolomitih. Z ozirom na hitrost prehoda front in na majhno razdaljo, cca 20 km, je bil tak rezultat tudi pričakovan. Vsekakor pa je potrebna velika stopnja opreznosti zlasti, ko je beseda o skladnosti v višini padavin v toku vsega padavinskega primera. Vsi analizirani primeri, tako v juliju (predhodni odstavek) podobno kot v ostalem letu 1976 (brez mesecev november in december) štejejo med neizrazite padavinske primere, ako postavimo kot izhodišče izdatnost nalivov s povratno dobo že 0.1, še v večji meri, če podaljšamo povratno dobo na 0.01 ali celo 0.001, to je nalive, katerih verjetnost nastopa je 1 krat na 1000 let. Ta problem, skladnost višine padavin, enako kot tudi čas maksimalnega izcejanja na večjem področju ob izjemnih nalivih, bo obravnavan v naslednjem letu, vendar je že sedaj gotovo, da bodo rezultati močno defrirali od primera do primera.

Za prvo stopnjo v analizi, boljše iskanju, v pogleda v problem o časovni razporedbi padavin, predstavljajo 20 letne registracije v Ljubljani (1956 - 1975) dobro izhodišče za tovrstno sliko tudi vsega raziskovalnega področja (v Polhograjskih Dolomitih).

6.2. Trajanje padavin

Iz karte K. 8 je razvidno, da so med letom padavine zelo različno razporejene. V petletnem nizu naprimer (1966-1970) so bile dekade s preko 100 minut trajajočimi padavinami predvsem v prvi dekadi januarja, v drugi dekadi februarja in v drugi dekadi novembra. Dnevni čas je zelo različen. V januarju je bil v prvi dekadi čas maksimalnega trajanja padavin zjutraj in opoldne, v februarju skoro preko vsega dne, v novembru pa zopet v opoldanskih in popoldanskih urah in zvečer do 20 ure.

Nasproten ekstrem, najmanj časa z dežjem, (manj od 20 minut) izkazujejo predvsem: druga dekada aprila, tretja dekada junija, tretja dekada julija, prva in tretja dekada septembra in večji del oktobra. Glede dnevnega časa velja le okvirna ugotovitev, da so v polletju, boljše, od aprila do vključno avgusta, najugodnejše razmere v dnevnem času, v septembru in oktobru pa je v dnevnem času le za spoznanje več padavin kot v nočnih urah. Z ozirom na kratko opazovalno dobo je komaj verjetna možnost, spoznati iz letne in dnevne razporedbe trajanja padavin kakršnokoli zakonitost.

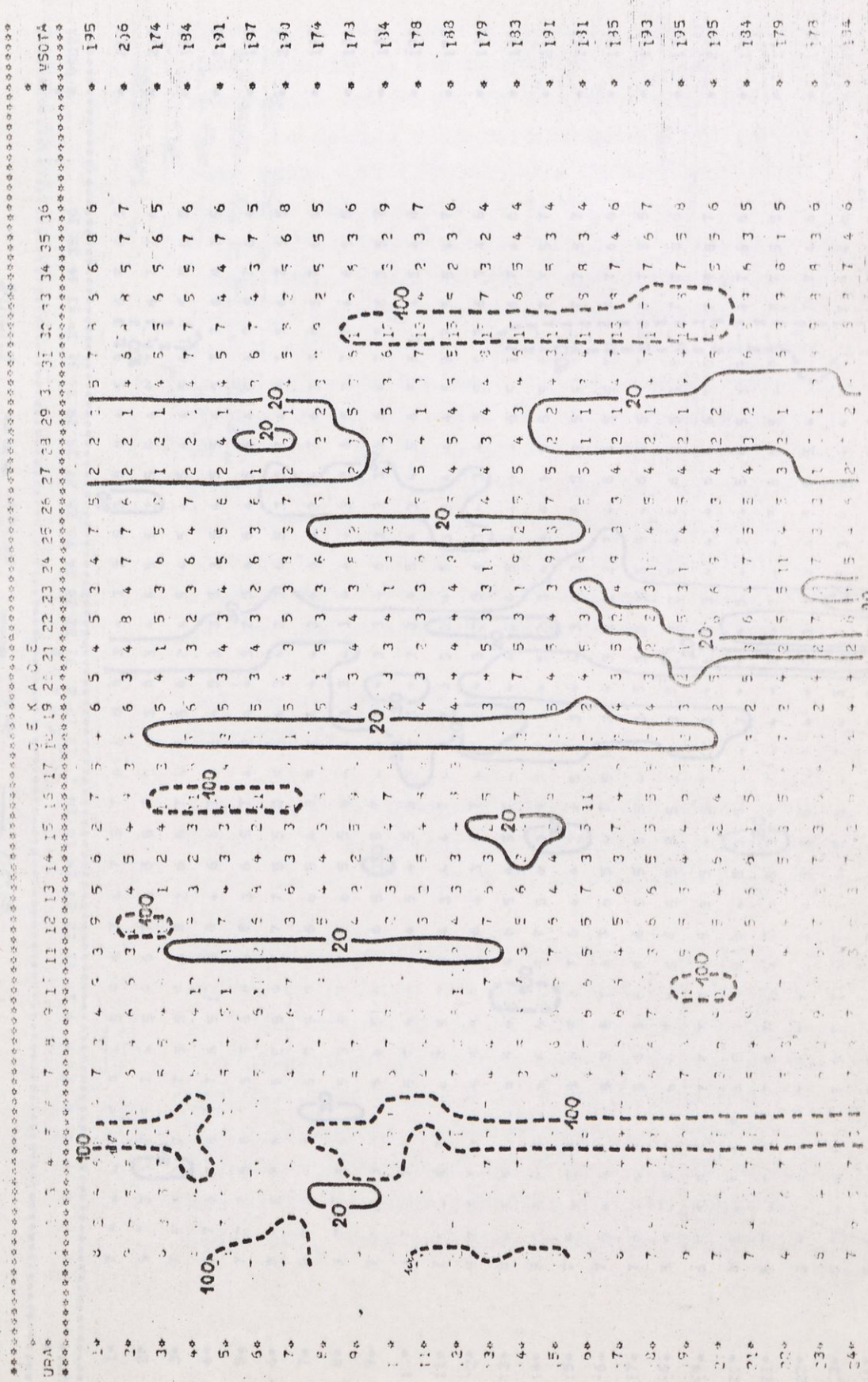
Srednje dekadno

irajanje padavin v Ljubljani

1966 - 1970

K8

≤ 20 — ≥ 100 — minute



Podobna karta (trajanje padavin), le za daljši niz (1956-1975) ima nasprotja med dekadami z ekstremnim trajanjem že močno zabrisana (K. 9). To je le dokaz, kako nereprezentativen je niz samo petih let (1966-1970). Obratno govorijo izginula nasprotja v karti 20 letnih registracij o relativni izenačenosti trajanja padavin preko vsega leta. Vsekakor velja opozoriti na minimum trajanja padavin v najtoplejših dekadah leta, zadnji dekadi julija in prvih dekadah avgusta, in na največje trajanje v drugi dekadi novembra. Prehodi front se vrste dokaj enakomerno preko vsega leta, le da so poleti ob SZ vetrovih brez komplikacij in zato hitri, kar ima za posledico kratkotrajne padavine, v jeseni pa pride do formiranja plitkejšega ali globjega sekundarnega ciklona nad severnim Sredozemljem. Prehod fronte je zato počasnejši in padavine so dolgotrajne.

Dodatne informacije omogočata Grafikon 2 in Grafikon 3.

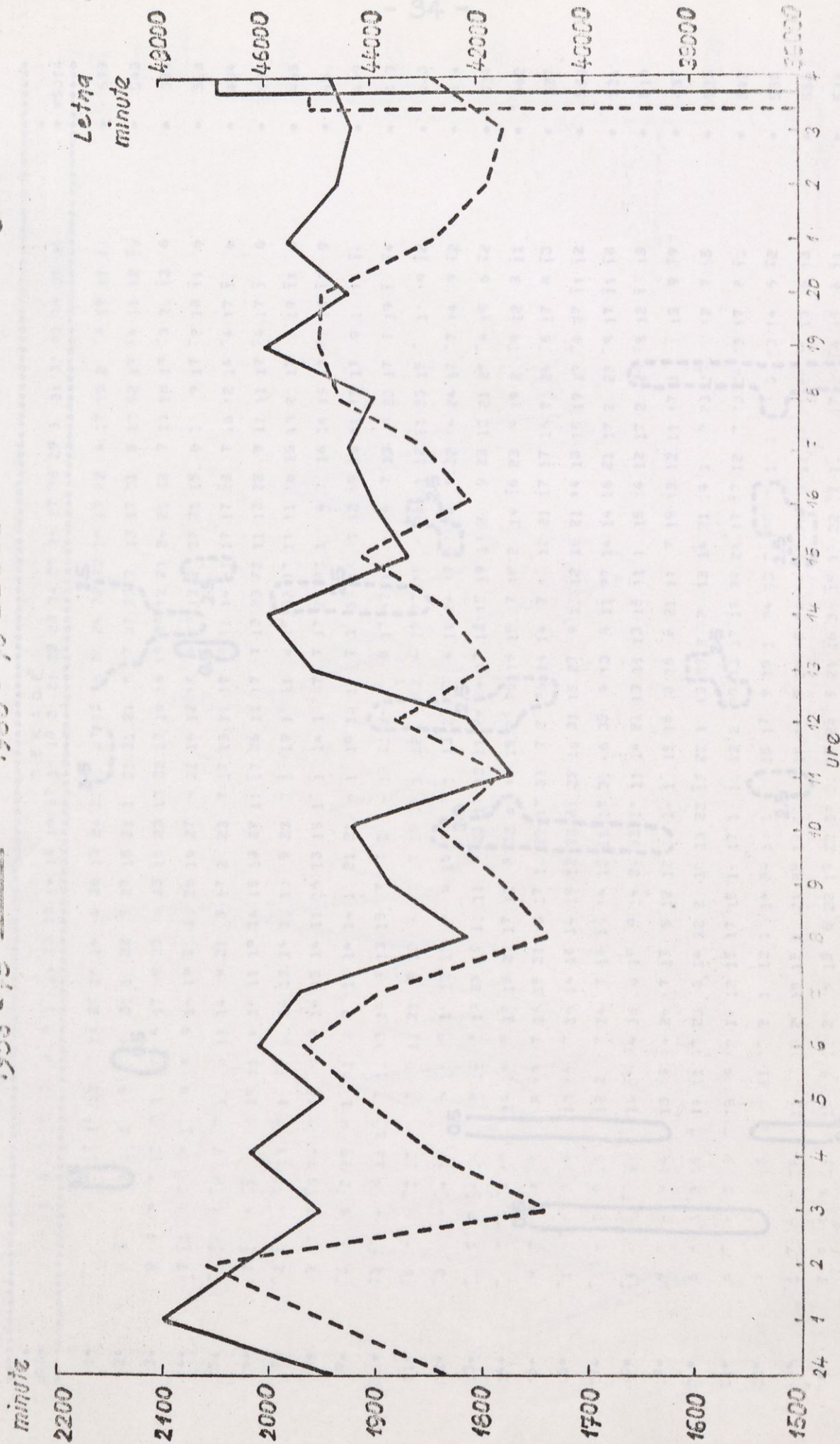
Grafikon 2 prikazuje dekadno vsoto minut s padavinami v posamezni uri in to preko vsega leta za luster 1966-1970 in za 20-letno obdobje 1956-1975.

Najčesešče so padavine v petletnem nizu 1966-1970 med prvo in drugo uro po polnoči, za tem med 5 in 7 uro in med 18 in 21 uro. Nasprotno je bilo v obravnavanem petletnem obdobju najmanjša pogostost padavin med 2 in 3 uro, dalje med 7 in 9 uro in med 22 in 24 uro. Dodatno besedo za služi drugi maksimum med 5 in 7 uro in to zato, ker je po ljudskem izročilu dež, ki začne ob sedmi uri, brez izgledov na daljše trajanje.

Srednje dekadno trajanje padavina (1 minutah) po posameznih urah dneva

Gr. 2

1956 - 75 ——— 1966 - 70 - - - -



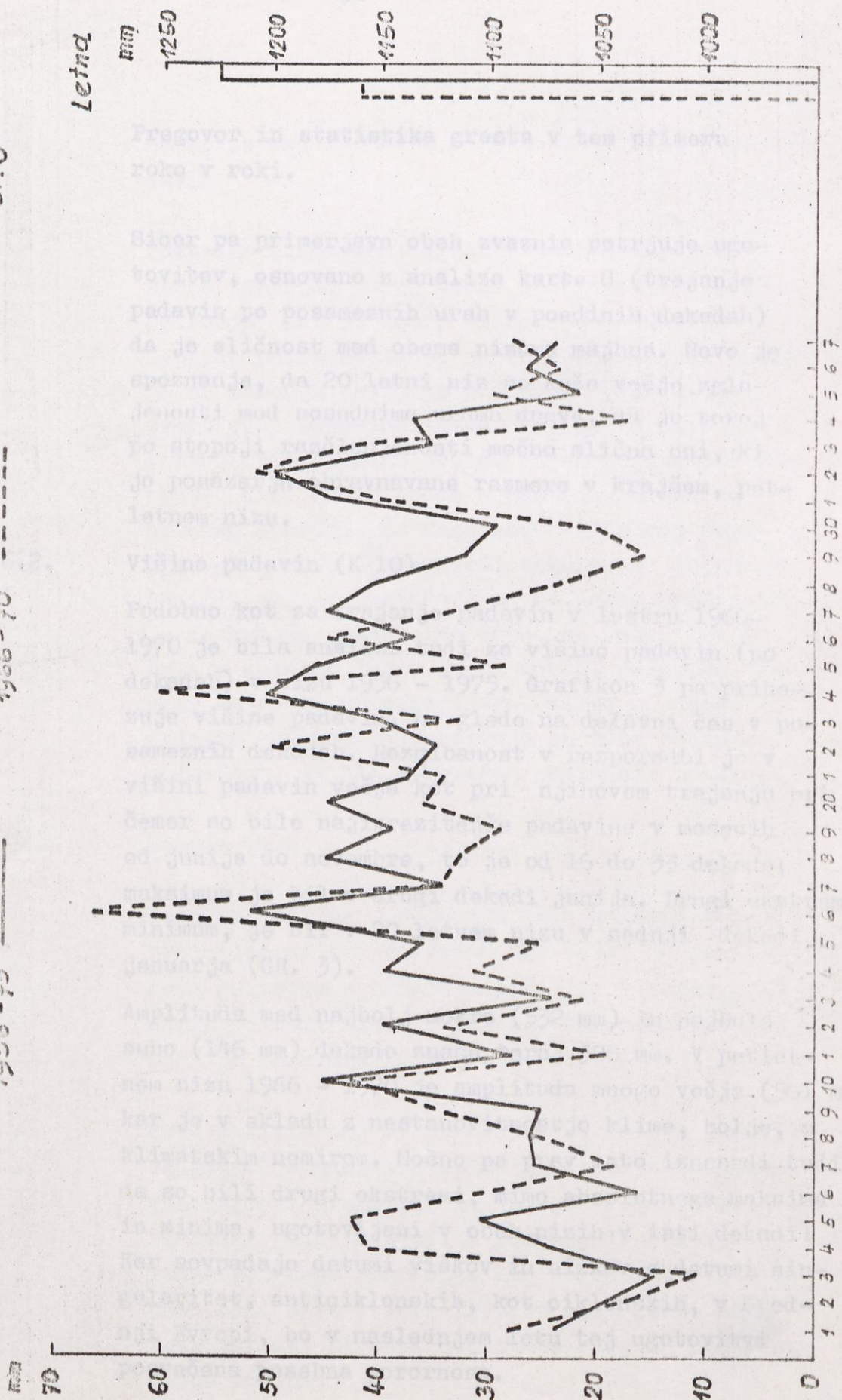
К 10

— 0.5 — 2.5 —

1
 2
 3
 4
 5
 6

[illegible]

Srednje dekadne višine padavin (v milimetri) po posameznih dekadah letja Gr. 3



Pregovor in statistika gresta v tem primeru roko v roki.

Sicer pa primerjava obeh zveznic potrjuje ugotovitev, osnovano z analizo karte 8 (trajanje padavin po posameznih urah v poedinih dekadah) da je sličnost med obema nizoma majhna. Novo je spoznanje, da 20 letni niz ne kaže večje zglajenosti med sosednjima urama dneva, da je torej po stopnji razčlenjenosti močno slična oni, ki jo ponazarja obravnavane razmere v krajšem, petletnem nizu.

6.2. Višina padavin (K 10)

Podobno kot za trajanje padavin v lustru 1966-1970 je bila analiza tudi za višino padavin (po dekadah) v nizu 1956 - 1975. Grafikon 3 pa prikazuje višine padavin, ne glede na delovni čas v posameznih dekadah. Razgibanost v razporedbi je v višini padavin večja kot pri njihovem trajanju pri čemer so bile najizrazitejše padavine v mesecih od junija do novembra, to je od 16 do 33 deкаде; maksimum je bil v drugi dekadi junija. Drugi ekstrem, minimum, je bil v 20 letnem nizu v zadnji dekadi januarja (GR. 3).

Amplituda med najbolj mokro (532 mm) in najbolj suho (146 mm) dekadо znaša torej 386 mm. V petletnem nizu 1966 - 1970 je amplituda mnogo večja (561 mm) kar je v skladu z nestanovitnostjo klime, boljše, s klimatskim nemirom. Močno pa prav zato iznenadi tudi, da so bili drugi ekstremi, mimo absolutnega maksimuma in minima, ugotovljeni v obeh nizih v isti dekadi. Ker sovpadajo datumi viškov in nižkov z datumi singularitet, anticiklonskih, kot ciklonskih, v Srednji Evropi, bo v naslednjem letu tej ugotovitvi posvečena posebna poročnost.

7. Razmerje med točkovno in ploskovno višino padavin

Padavinska dokumentacija je omejena na posamezne postaje, torej točke celotnega zbirnega področja. Ker je komaj možno, da bi padavine izbrane povratne dobe, ugotavljeno za eno postajo na območju zbirnega področja, bile istočasno tudi padavine vsega območja za isto povratno dobo, pomeni to, da moramo ugotoviti povratno dobo ne za točko - postajo, ampak za celotno območje. Za tako enoto - celoto območje - ni govora o ^{že} obstoječi sekularni dokumentaciji, saj so raziskovalni poligoni organizirani za krajšo opazovalno dobo, za nekaj let in šele v zadnjem času. Da bi dobili jasnejšo, čeprav še vedno orientacijsko, sliko o odnosu padavin med posamezno postajo in vsem zbirnim področjem, je bil sproveden naslednji poizkus:

7.1. Metoda dela

Celotni poligon v Polhograjskih Dolomitih je razdeljen na tri pravokotnike tako, da je njihova površina v razmerju 3:2:1 in v istem razmerju je tudi število postaj. Razporeditev postaj je razvidna iz skice K.7.

Prva analiza naj bi pokazala, na kateri postaji se pojavlja maksimum padavin v vsakem od 3 pravokotnikov, druga pa, kakšno je razmerje med višinami padavin poedine postaje do padavin vsega zbirnega področja. Ker so ombrografi bili montirani šele v letu 1976, so bili le iz tega leta izbrani primeri najintenzivnejših padavin, vsega 10 dni.

7.2. Najčesči dan z maksimum padavin

V prvem pravokotniku so bile 3 postaje: Kopačev vrh, Setnica in Črni vrh. Maksimum padavin je bil na Črnem vrhu 5 krat, 4 krat v Setnici in le enkrat na Kopačevem vrhu.

V drugem pravokotniku so bile dodatne še 3 postaje: Pasa ravon, Pusti vrh in Belišo; Najčesče je bil maksimum na Črnem vrhu, 3 krat, na Pasa-ji ravni pa nikoli (ostale po dvakrat).

V tretjem pravokotniku so bile dodane še postaje Lučine, Jošt in Horjul, maksimum padavin je bil kar osemkrat na Joštu, po enkrat pa v Lučinah in Horjulu.

Spoznanje prvega prijema je zelo poučno, čeprav ne iznenadi, le potrdi pričakovanja. Ob izrazitih padavinskih primerih nastopa maksimum najčesče na postaji, ki ima tudi v dolgoletnem poprečku največ padavin. Kadar so padavine spremljane z izrazitimi konvektivnimi procesi pa je možen tudi drugačen vrstni red.

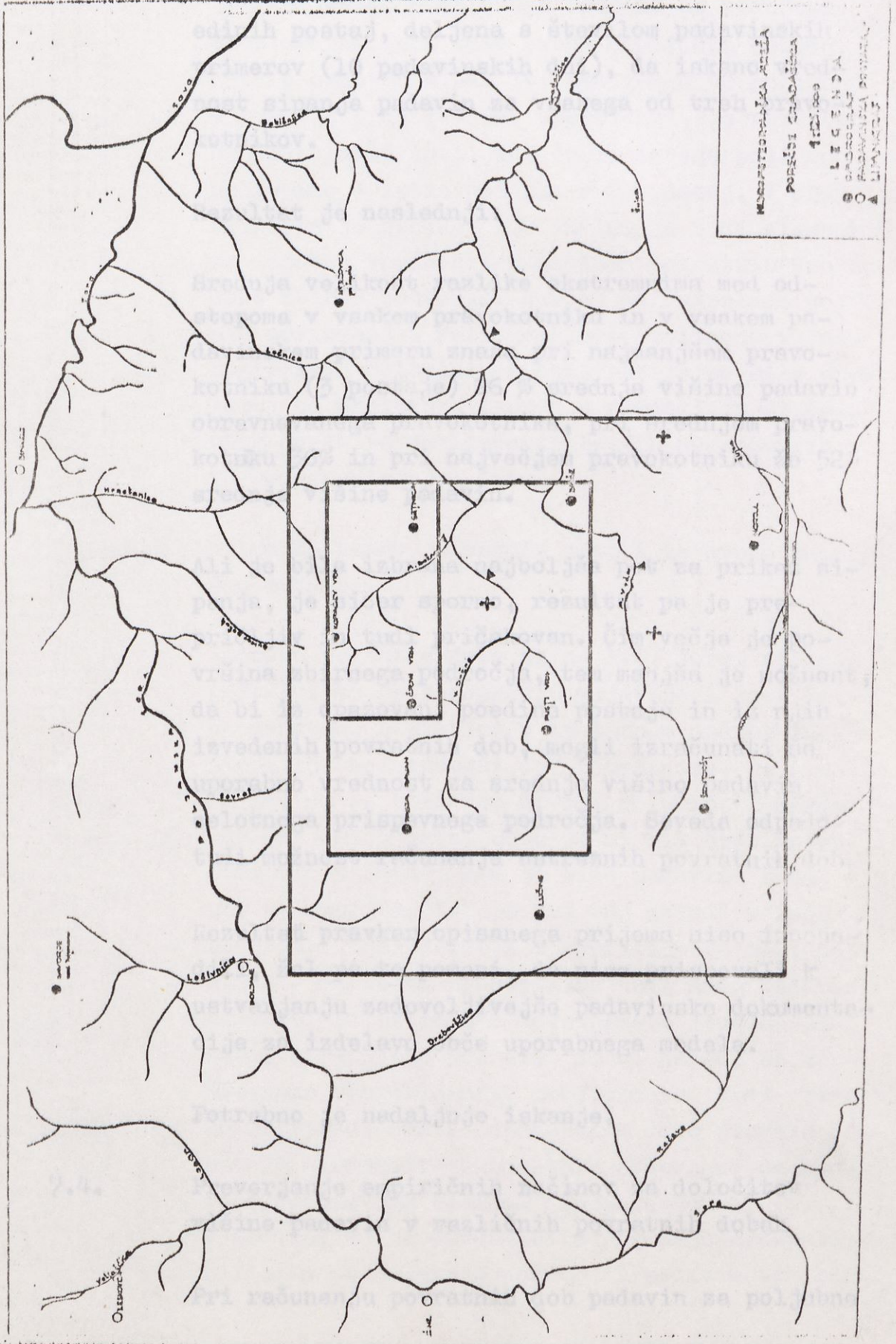
7.3. Razmerje med padavinami vseh postaj in padavinami zbirnega področja

Za odgovor na drugo vprašanje je bila izbrana naslednja pot:

Za vsak pravokotnik je bila srednja višina padavin in za vsak padavinski primer je bil ugotovljen odstopek poedine postaje od poprečne višnosti vsakega od teh pravokotnikov. Vsota vseh odstopov po-

11
X

Orientacijske moje primerjalnih površin



edinih postaj, deljena s številom padavinskih primerov (10 padavinskih dni), da iskano vrednost sipanja padavin za vsakega od treh pravokotnikov.

Rezultat je naslednji:

Srednja velikost razlike ekstremnima med odstopoma v vsakem pravokotniku in v vsakem padavinskem primeru znaša pri najmanjšem pravokotniku (3 postaje) 26 % srednje višine padavin obravnavanega pravokotnika, pri srednjem pravokotniku 36% in pri največjem pravokotniku že 52% srednje višine padavin.

Ali je bila izbrana najboljša pot za prikaz sipanja, je sicer sporno, rezultat pa je prepričljiv in tudi pričakovan. Čim večja je površina zbirnega področja, tem manjša je možnost, da bi iz opazovanj poedine postaje in iz njih izvedenih povratnih dob, mogli izračunati še uporabno vrednost za srednjo višino padavin celotnega prispevnega področja. Seveda odpade tudi možnost računanja ustreznih povratnih dob.

Rezultati pravkar opisanega prijema niso iznenadili, žal pa to pomeni, da niso prispevali k ustvarjanju zadovoljivejše padavinske dokumentacije za izdelavo obče uporabnega modela.

Potrebno je nadaljnje iskanje.

7.4.

Preverjanje empiričnih načinov za določitev višine padavin v različnih povratnih dobah

Pri računanju povratnih dob padavin za poljubne

časovne razpone je bila mesto sedaj splošno uporabljenega Gumblovega teorema do zadnjega časa uporabljena tako zvana empirična metoda, katere osnovna misel je: ako imamo na poligonu 4 postaje s 25 letnimi opazovanji, je rezultat ekstrapolacij isti, kot če iz istega poligona uporabimo 4 letne podatke s 25 postaj. V obeh primerih je produkt 100 in 100 je tudi elementov za izračun vrednosti različnih povratnih dob za dano zbirno področje. Ker ni na razpolago ustreznih opazovanj z raziskovalnega poligona v Polhograjskih Dolomitih (registracije so šele prvo leto) bo preizkus izveden s podatki iz Slovenskih goric po zaključenih letnih opazovanjih, to bo v naslednjem letu.

Hitrejšo oceno je mogoče dobiti za drugo empirično metodo.

Izračun povratne dobe za $n = 1.0$, torej višine padavin, ki se v poprečju pojavlja 1 krat letno vzamemo, postavimo, v 15 letnem opazovalnem nizu, 15. najmočnejši dež v tem nizu, ne glede na to, da so bili med prvimi 15 primeri morda kar 4 v istem letu, zato pa ni bil štet noben primer v 3 letih, ker so bile padavine tedaj pač neizrazite. Ker je pri tej metodi mogoče uporabiti tudi deževja s koeficientom $n=2$, $n=3$ ali $n=4$, torej upoštevajoč tudi manj izdatne primere, bi ta metoda dovoljevala izračun deževij z različno povratno dobo, seveda ob upoštevanju uporabljenega koeficienta, tudi takrat, ko je zaradi kratke opazovalne dobe premalo osnovnih elementov vsakoletnih ekstremov za uporabo Gumblovega teorema (formule Nemca,). V kolikor bi ta metoda bila preverjena, uspela, bi bilo po 3 letnih podrobnih padavinskih re-

gistracijah in iskoristitvi vseh izrazitejših padavinskih primerov, za izdelavo izohietnih kartic mogoče izračunati za veliko število primerov padavin celotnega poligona, enako kot tudi njegovih manjših sektorjev, kakor pač ustrezajo ti lokaciji limnigrafov.

7.5. Zaključek

Šele vsaj 3 letne registracije padavin in ustrezna preverjanja pa bodo pokazala uporabno vrednost obeh prijemov. Izgledi niso veliki, ker z matematičnega zornega kota motreno, nobena od navedenih poti ni utemeljena.

P.46 OSNOVNE VREDNOSTI NALIVOV

minute postavlja	5	10	15	30	45	60	120	180	360	720	1080	1440
POSTOJNA	a	19.0	24.0	26.0	29.3	36.2	40.3	43.2	57.8	67.9	88.3	138.1
	b	9.0	11.6	14.9	20.4	23.0	26.3	31.1	35.0	46.5	58.1	63.2
JAVORJE	a	13.0	23.0	26.0	43.5	49.0	53.0	70.9	72.7	107.4	115.9	118.3
	b	7.5	10.4	11.7	17.0	19.2	22.0	26.6	29.5	35.0	43.9	48.8
LJUBLJANA	a	16.5	23.0	27.9	45.0	60.2	62.0	90.5	98.0	109.3	110.1	110.1
	b	8.0	11.5	14.5	19.0	22.0	23.4	28.0	32.0	43.4	54.6	56.1

LEGENDA: a = absolutni maksimum

b = nalivi s povratno dobo n = 1

8. Značilnosti sinoptičnih situacij, v katerih je bilo v letu 1976 največ padavin

Kot je bilo že prikazano, je bilo leto (do 31. oktobra 1976) podpovprečno mokro. Sinoptične situacije, ki so pogajale najizrazitejše padavinske primere v letu, ne kažejo nikakih posebnosti.

- 8.1. Opis posameznih primerov

14. 2.

Čez srednjo Evropo se je proti jugu raztezala višinska dolina, ki je povzročila nad Slovenijo jugozahodno cirkulacijo. Ob tem nas je prešel frontalni sistem, vezan na Genovski ciklon, kar je bilo vzrok za izdatne padavine.

9. 3.

Obsežno višinsko jedro hladnega zraka je imelo središče nad južno Skandinavijo, zato so v višinah pihali nad vzhodnimi Alpami in severnim Balkanom jugozahodni vetrovi. Pri nas so bile padavine pod vplivom tople fronte, vezane na slabo izražen Genovski ciklon. Cel frontalni sistem se je zaradi širjenja evropskega anticiklona umikal proti jugu.

22. 4.

Nad Slovenijo je bil v višinah jugozahodnik na obrobju odcepljenega jedra hladnega zraka, ki je imelo središče nad Baltikom. Čez Alpe se je nad Genovski zaliv pomaknil ciklon, katerega frontalni sistem je tudi pri nas povzročil padavine.

26. 4.

Odcepljeno jedro hladnega zraka je bilo nad severnim Sredozemljem, zato je bila nad Slovenijo v vi-

šinah jugovzhodna cirkulacija. Nad Balkanom je bilo območje nizkega zračnega pritiska, ob prehodu hladne fronte pa je Slovenija dobila močne padavine.

26. 5.

Os doline je potekala žez zahodno Evropo. Ob višinskem jugozahodniku je Slovenijo dosegla hladna fronta, vezana na ciklon s središčem nad Dansko.

27. 5.

Nad severno Italijo in severnim Jadranom je nastal sekundarni ciklon, fronta pa je potekala žez Slovenijo. V višinah je bila še jugozahodna cirkulacija, ki pa je že 28. 5. s pomikom osi doline proti vzhodu prešla v severozahodno.

24. 7.

Padavine je povzročil ciklon, ki se je iznad severnega Sredozemlja pomaknil na južni Balkan in se pri tem še poglobil.

1. 8.

Nad zahodno Evropo se je izoblikovala višinska barična dolina, tako da se je nad našimi kraji vzpostavila jugozahodna cirkulacija. Ob tem sta nas iz severne smeri prešla dva zaporedna frontalna vala.

11. 8.

Nad Slovenijo se je, v višjih plasteh prehodno, vzpostavil jugozahodnik, v severnem Sredozemlju pa je bilo območje nizkega zračnega pritiska.

2. 9. - 4. 9.

Na vzhodni strani višinske doline je bil nad našimi kraji jugozahodnik, sprva so bile padavine

še od hladne fronte, ki je bila že nad srednjo Jugoslavijo, 3. 9. pa je nastal Genovski ciklon, tako da smo prešli v območje njegovega frontalnega sistema. 4. 9. se je središče ciklona pomaknilo nad srednji Jadran, topla fronta pa je v Sloveniji še povzročila padavine.

29., 30., 31. 10.

Zaradi višinske doline nad zahodno Evropo so bili nad Slovenijo jugozahodni zračni tokovi. V nižinah je 29. nastal Genovski ciklon, 30. pa sta Slovenijo prešli topla in nato hladna fronta, vezani nanj. 31. se je ta ciklon že umaknil nad vzhodno Evropo.

8. 2. Okvirna sistemizacija situacij, ki so dale največje padavine

Od enajstih opisanih situacij, ki so dale v Sloveniji obilo padavin, je bila v devetih primerih v višinah jugozahodna cirkulacija, v petih od teh primerov pa je bil v nižinah Genovski ciklon, v dveh od preostalih številnih primerov z višinsko jugozahodno cirkulacijo je šlo za prehod hladne fronte, v drugih dveh pa je bil ciklon v severnem Sredozemlju. V enem primeru je bila višinska cirkulacija jugovzhodna, ciklonalna, v nižinah pa je Slovenijo prešla hladna fronta;; v zadnjem primeru (24.7.) je povzročil padavine prehod ciklona (od severa proti jugu). Skupna značilnost vseh teh primerov je nizka lega polarne fronte in ciklonalna ukrivljenost tokovnic v višjih plasteh atmosfere. Večinoma gre za jugozahodnik na vhodu (sprednji) strani barične doline, katere os poteka žez zahodno Evropo.

9. Simulirani primer visokovodnega vala

Zlasti po drugi svetovni vojni se je Ljubljana močno razširila tudi proti zapadu in jugozapadu. To pa je področje, ki je bilo konec septembra 1926, torej pred 50 leti v velikem delu pod vodo. Severno od železniške proge je segla tedaj poplava do Žitnikove ulice, to je že v samo staro občino Ljubljana, pred viško cerkvijo pa naj bi voda drla na Tržaški cesti s toliko silo, da je odnesla voznika, voz in konje. Pod vodo je bilo tudi sedaj razvijajoče se industrijsko področje jugozahodne Ljubljane. Ker se sličen primer, kot posledica izjemnih padavin v Polhograjskih Dolomitih (konec septembra 1926), ne sme več primeriti, je nujno potrebno ugotoviti vsaj okvirne vrednosti takratnih padavin, njihovo povratno dobo in seveda maksimalni pretok.

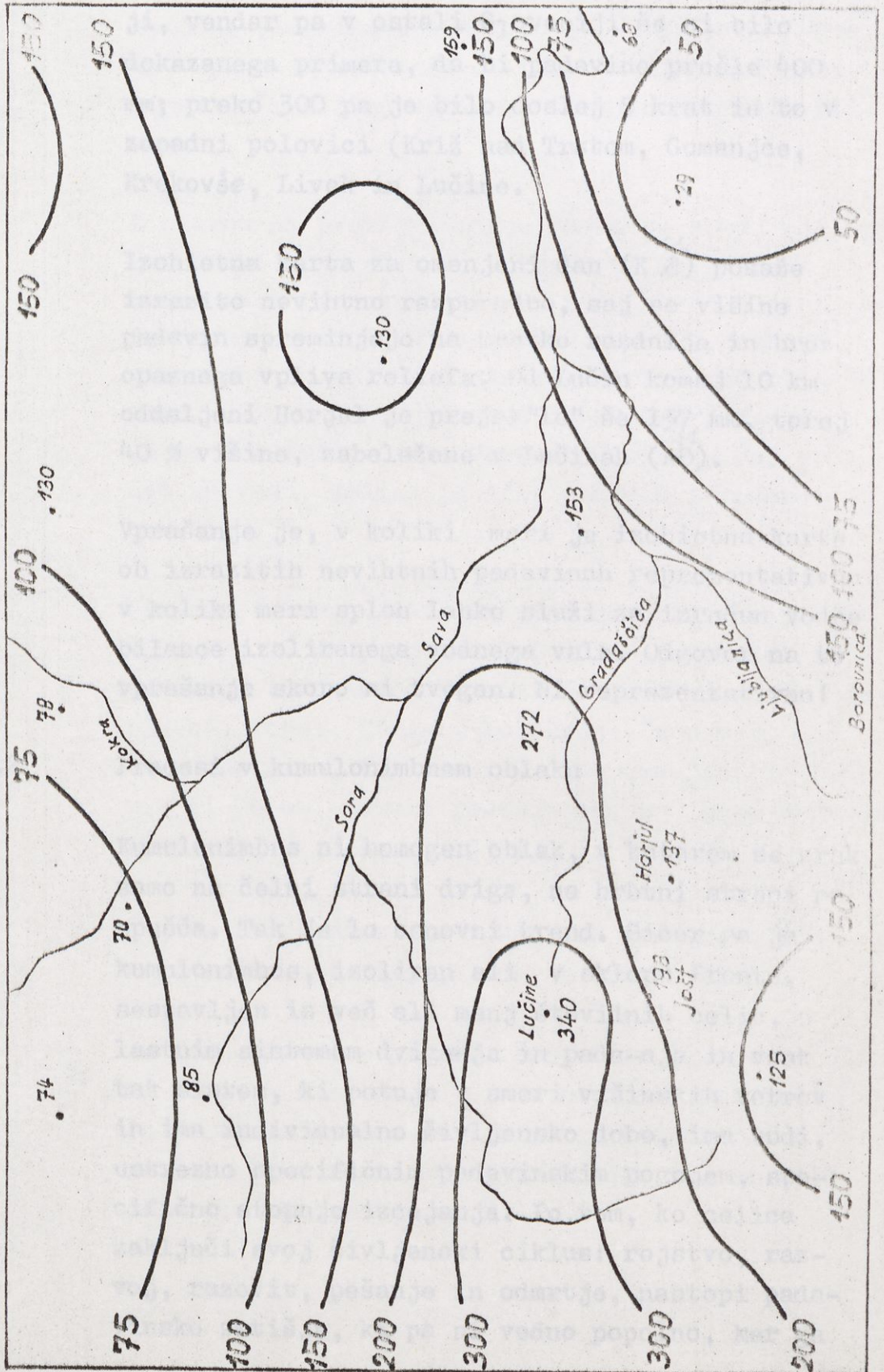
9.1. Ocena padavinskih podatkov ob izrazitih nevihtah

Dne 26. in 27. septembra 1926 so bile izjemno izdatne padavine. V velikem delu Slovenije so bile padavine, izmerjene 28. septembra ob 7 uri zjutraj, najizdatnejše enodnevne padavine v vseh dosedanjih opazovanjih in to velja tudi za Polhograjske Dolomite. Tako so v Ljubljani namerili 340 mm, v Fužinah 300 in v Topolu (Katarina) 272 mm.

Višine preko 300 mm v enem dnevu so v Sloveniji zelo redke, tako da lahko upravičeno ocenimo primer kot izjemen. Reya navaja sicer kot absolutni maksimum, preko 600 mm, na postaji Mužica v Rezi-

Padavine dne 28.9.1926

K.44



ji, vendar pa v ostali Sloveniji še ni bilo dokazanega primera, da bi padavine prešle 400 mm; preko 300 pa je bilo doslej 5 krat in to v zapadni polovici (Križ nad Trstom, Gomanjce, Krekovše, Livek in Lučine.

Izohietna karta za omenjeni dan (K¹¹₂) pokaže izrazito nevihtno razporedbo, saj se višine padavin spreminjajo na kratke razdalje in brez opaznega vpliva reliefa. Od Lučin komaj 10 km oddaljeni Horjul je prejel "le" še 137 mm, torej 40 % višine, zabeležene v Lučinah (K¹¹₂).

Vprašanje je, v koliki meri je izohietna karta ob izrazitih nevihtnih padavinah reprezentativna, v koliki meri sploh lahko služi za izračun vodne bilance izoliranega vodnega vala. Odgovor na to vprašanje skoro ni tvegan. Ni reprezentativna!

9.2

Procesi v kumulonimbem oblaku

Kumulonimbus ni homogen oblak, v katerem se zrak samo na čelni strani dviga, na hrbtni strani pa spušča. Tak je le osnovni trend. Sicer pa je kumulonimbus, izoliran ali v sklopu fronte, sestavljen iz več ali manj številnih celic, s lastnim sistemom dviganja in pada-nja in vsak tak sistem, ki potuje v smeri višinskih vetrov in ima individualno življensko dobo, ima tudi, ustrezno specifičnim padavinskim pogojem, specifično stopnjo izcejanja. Po tem, ko celica zaključi svoj življenski cikel: rojstvo, razvoj, razcvit, pešanje in odmrtje, nastopi padavinsko zatišje, ki pa ni vedno popolno, ker ga

oslabijo vplivi sosednih celic in seveda splošna padavinska dispozicija na polarni fronti. Opisani proces se ob prehodu hladne fronte ponavlja^v različno velikem številu neenakih primerov.

Z ozirom na pravkar podano shemo je komaj verjetno, da bi bila slika o padavinski površinski razporedbi reprezentativna, saj je vedno dobljena iz preredke mreže padavinskih postaj, katerih vrednosti so na karti ekstrapolirane več milijonkrat. Zelo majhna, neznatna je zato verjetnost, da so izohietne karte reprezentativne. Saj prav nič ne vemo, koliko je bilo padavin v vmesnem prostoru.

Primer: V Dvoru pri Ljubljani je bilo dne 22. 6. 1976 kar 76 mm padavin. Istočasno so imele padavine tudi sosednje postaje: Šmarna gora, Ljubljana, Topol, Horjul, Tomišelj, Črna vas, Lučine, Setnica, Kopačev vrh. Kot omenjeno je Dvor prejel 76 mm, ostale postaje pa, po istem vrstnem redu: 13, 29, 32, 8, 0, 16, 13, 3, 5 mm.

Kaj pa se je dogajalo v vmesnem prostoru, med navedenimi postajami, o tem ne vemo ničesar.

Tudi za padavine dne 27. septembra 1926 prav nič ne vemo, kaj se je dogajalo naprimer med Lučinami in Topolom. Gotovo je le, da je Mačkov potok povzročil silno razdejanje. In kakšne naj bi bile padavine omenjenega dne?

9.3. Maksimalni izmerjeni nalivi različnih časovnih razponov v sosedstvu raziskovalnega rajona

Meteorološki zavod razpolaga s sicer gostomrežo ombrografov, vendar zaradi bližnje Ljubljane na raziskovalnem poligonu v Polhograjskih dolomitih ni ustreznih registracij. Poleg Ljubljane sta bila že pred daljšo dobo postavljena ombrografa tudi v Postojni in na Javorju nad Poljanami. Sicer registracije niso začele na vseh treh postajah v istem času, vendar so podatki, kljub časovni nehomogenosti, zelo poučni. Preglednica Pr.4b vsebuje, ^(Pr. 4b) kot je razvidno iz legende, absolutno najmočnejše, doslej ugotovljene nalive in dalje višino nalivov s pogostostjo $n = 1$, torej take, ki nastopajo enkrat (1 krat) letno.

9.3.1. Nalivi s pogostostjo $n = 1$

Vrednosti v drugi vrsti so dokaj izenačene. To ne iznenadi. Vse tri postaje imajo prilično iste višine padavin, ki so za cca 400 mm nižje od povprečja na raziskovalnem poligonu. Analize za celo Slovenijo so pokazale, da pri razponih, ki predstavljajo osnovno dokumentacijo za dimenzioniranje mestnih kanalizacij, torej 3, 5, 10 in 15 minutah, nadmorska višina in vrednost letnih višin padavin nimajo nikakega bistvenega vpliva na stopnjo izcejanja vlage. Pri daljših časovnih razponih pa je oba vpliva vse bolj čutiti.

9.3.2. Vrednosti absolutnih maksimov

Bolj zamotana je situacija pri absolutnih, najmočnejših doslej, ugotovljenih deževjih, različnih

časovnih razponov na obravnavanih treh postajah (Postojna, Javorje nad Poljanami, Ljubljana). Do razpona 15 minut izkazuje vse tri postaje dokajšnjo skladnost, potem pa se razhajanja močno povečajo. Zlasti občutna je razlika pri 2 urnih deževjih. Absolutni, doslej zabeleženi maksimum za ta časovni razmak, je v Ljubljani prešel 90 mm, v Postojni pa niti polovico tega. Da bi bila premoč Ljubljane posledica daljšega opazovalnega niza, ni mogoče izključiti, vendar prepričljivega dokaza zato ni; zlasti še, ker je situacija pri 12 urnih padavinah na vseh treh postajah še že taka, da kaže nasproten trend. Ta pride do popolnega izraza pri 24 urnih padavinah, ko je Postojna s 145 mm sigurno na prvem mestu, Ljubljana pa prav tako sigurna na zadnjem - 110 mm.

9.3.3. Zaključek

Obe spoznanji obvezujeta, da višin padavin za časovne razpone, večje od 1 ure, ni mogoče uporabiti za hidrometeorološke cilje brez korekcije. Ta pa bo zadostno utemeljena šele potem, ko bodo na razpolago vsaj 3 letne registracije na postajah raziskovalnega poligona.

9.4. Višina padavin z dolgimi povratnimi dobami

Padavine, kakršne so bile dne 26. in 27. septembra 1926, izmerjene 28. septembra, ne moremo vključiti v količinski razpon, ki ustreza pogostosti $n = 1$ ali $n = 0.1$, torej enkrat v 10 letih. S kakšno pogostostjo se tako izdatne enodnevne višine padavin pojavljajo, je razvidno iz pre-

glednice Pr. 5 ter 6. Toliko izcejanje se pojavi v Lučinah približno 1 krat na 500 let, ono iz Ljubljane, (istega dne 153 mm) pa vsakih 100 let.

Z ozirom na gospodarsko škodo, ki bi jo morebitna ponovitev poplav iz leta 1926 povzročila, je prav ako vzamemo kot osnovo za simulirani primer visokega vala in njegovih padavin, prav maksimalno, doslej ugotovljeno višino padavin, ki ustreza cca 500 letni povratni dobi v Lučinah.

9.5. Razporedba padavin dne 27. 9. 1926

Z določitvijo za višino celodnevni padavin s povratno dobo cca 500 let in ki ustreza maksimalnim dnevnim padavinam prav dne 27. septembra 1926, problem padavin tega dne nikakor ni rešen.

Analiza ombrograma ljubljanske postaje ne kaže nikakih posebno izdatnih padavin v krajših razponih 1, 2, in 3 ur. Največ dežja, blizu 30 mm, je padlo med 9.30 in 10.30, sicer pa so bile padavine dokaj enakomerno razdeljene. Praktično brez dežja je bilo med 16, in 20 uro 27. septembra., nakar so sledile do 4 ure zjutraj dokaj enakomerne padavine, po cca 4 mm na uro. Postopno odmiranje padavinske aktivnosti se je podaljšalo v zgodnje dopoldanske ure naslednjega dne (28. 9. 1926). Takšna je bila časovna razporedba padavin v Ljubljani. Kako pa so se vrstili nalivi, različnega potrajanja in intenzivnosti na območju med Lučinami in Topolom (Katarina) pa ne vemo ničesar. Iz predhodnih izvajanj se sledi, da so ekstrapolacije brez fizikalne osnove. Z ozirom na katastrofalni obseg poplav pa je dovoljeno, da simuliramo tako časovno razporedbo padavin, ki ustvarja

/ 2

URA

POTRATNA DORA

Pr. 5

	10	25	50	100	200	1000	10000
1	57,5	69,3	78,0	86,6	95,2	115,1	143,6
2	69,3	83,6	94,5	105,1	115,8	140,4	175,5
3	79,9	95,9	109,5	122,0	134,5	163,3	204,5
4	89,5	103,7	123,0	137,2	151,3	184,0	230,8
5	98,1	113,1	135,2	150,9	166,5	202,7	254,5
6	105,8	123,1	146,2	163,2	180,2	219,6	275,9
9	124,1	151,1	172,5	195,0	213,3	260,5	327,9
12	137,1	163,1	191,5	214,4	237,3	290,2	365,9
15	146,8	180,3	205,7	230,6	255,4	312,9	395,0
18	155,1	191,5	218,1	244,7	271,2	332,7	420,5
24	176,1	217,7	248,5	279,2	309,7	380,5	481,5

Opcija a) Pri verjetnostni analizi padavin je bilo leto 1926 upoštevano.
 b) Vrednosti so dobljene iz enodnevnih padavin postaje
 Lučine in s korelacijskimi koeficienti Ijubljane

POVRATNE DOBE ZA LJUBLJANO (1956 - 1975)

- 52 c -

POVRATNE DOBE-LETA JRE	2	5	10	25	50	100	250	500	1000	10000
1	25.1	35.2	41.8	50.2	56.5	62.7	70.8	77.0	83.2	103.6
2.	35.4	43.5	52.1	63.1	71.2	79.2	89.8	97.8	105.8	132.3
3	35.6	49.8	59.2	71.1	80.0	88.7	100.3	109.0	117.7	146.6
4	39.3	54.2	64.1	76.4	85.6	94.8	106.8	115.9	125.0	155.2
5	42.4	58.2	68.6	81.8	91.5	101.2	114.0	123.6	133.2	165.2
6	45.2	61.3	72.0	85.5	95.5	105.5	118.6	128.5	138.3	171.2
9.	51.7	70.4	82.9	98.6	110.3	121.8	137.1	148.6	160.1	198.3
12	57.1	77.4	90.8	107.8	120.4	132.8	149.3	161.7	174.1	215.4
15	60.6	81.6	95.5	113.0	126.1	139.0	156.0	168.9	181.8	224.4
18	63.5	86.4	101.6	120.8	135.0	149.1	167.7	181.7	195.8	242.3
24	76.7	97.8	115.8	138.4	155.2	171.9	193.8	210.4	227.0	282.0
ENODNEVNE PADAVINE	63.1	86.8	102.4	122.2	136.9	151.4	170.6	185.1	199.6	247.7

optimalne pogoje za visok vodni val. Za doseg tega cilja suponiramo:

- A) da so dosegle padavine v vmesnem prostoru med Lučinami in Topolom višino cc a 450 mm;
- B) Da so padavine na celotnem zbirnem področju do Belice imele poprečno višino 340 mm, kolikor je sicer prejela le postaja Lučine in kar ustreza 500 letni povratni dobi te postaje;
- C) Da so imele tudi 3, 6 in 12 urne maksimalne padavine obravnavanega dne višino, ki ustreza 500 letni povratni dobi ;
- D) Da so bile 6 urne maksimalne padavine v sklopu 12 urnih maksimalnih padavin;
- E) Da imajo 6 urne maksimalne padavine 100 % dotočni koeficient, 12 urne 97 % odočni koeficient.

Simulirane vrednosti so brez dokumentirane opore, na kolike in kakšne ovire je visokovni val naletel, predno je prispel do Belice (in Ljubljane), dalje, za koliko časa je bilo ustavljeno normalno napredovanje vala, za katerega tudi ni znano, kolika je bila njegova vsebnost. To pomeni, da niso na razpolago nikakršni niti posredni podatki o spreminjanju intenzitete padavin v času in prostoru, niti ni nikakih prijemljivih podatkov o poteku visokega vala, o

vsebnosti maksimalnega in celotnega vala. Po drugi strani pa ni prav nikake opore za osporavanje realnosti suponirane padavinske razporedbe.

9.6. Spornost odtočnih koeficientov

Delno utemeljitev tako izjemno visoko postavljenega koeficienta najdemo v preglednice Fr.7.

September 1926 je bil normalno namočen, torej dobro namočen že vse do zadnjih dni, ko je prišlo do podvojitve mesečne dolgoletne višine padavin. Tudi število dni z različno stopnjo namočenosti, je bilo normalno, le število dni s preko 10 in 20 mm je bilo celo nadpovprečno veliko.

KARAKTERISTIKA PADAVINSKE RAZPOREDBE V SEPTEMBRU 1926 Fr. 7

ZA LJUBLJANO

Parameter	normalno	126
mesečna višina padavin (v mm)	140	298
število dni z 0,1 mm	10,5	9
1.0	8.3	8
5.0	6.0	5
10.0	4.1	5
20.0	2.5	4

Sicer pa zaslužijo odtočni koeficienti ob ekstremnih padavinah dodatno osvetlitev.

V praksi se le izjemoma odločamo za odtočne koeficiente, večje od 0.80. Ker so naši mostovi in nasipi praviloma dimenzionirani na visoke vode s povratno dobo 50 let, ostajajo projektanti najraje pri odtočnih koeficientih manjših od 0.80, preko 0.90 pa ne dože nihče.

Analize več dni trajajočih, enako kot tudi izoliranih intenzivnih deževij in ustreznih visoki vod dajo praviloma odtočne koeficiente med pragoma 0.40 in 0.50 in tako sliko so dali tudi analizirani primeri na Gradaščici in Pesnici v zadnjih cca 10 letih. Logiki se tudi protivi misel, da bi praktično vsa voda, ki jo vstvari deževje, odtekla, saj je znano, kaj vse je vzrok, da dospe v strugo v kratkem času, to je v času direktnega odtoka, le del moče, ki je bila izcejena nad danim prispevnim področjem.

V praksi se je uveljavilo, da priznamo 0.90 % odtočni koeficient 1.000 letnim vodam ali padavinam. Taka odločitev utegne biti pravilna, vendar ne povsod! Poglejmo, kaj pomeni izguba 10 % (100 % - 90 %) pri različni višini padavin!

Pri 100 mm ne prispe do struge, kot direktni odtok, 10 mm, pri 400 mm pa 40 mm. Torej: čeprav so pogoji za "izgubo" ugodnejši (ako trajajo padavine enak čas), pri manj intenzivnih padavinah, naj bi bila "izguba" večja pri večjih padavinah. Ako v naslednjih izvajanjih ni izpadel kak dejalnik, ki bistveno prispeva k zmanjšanju odtočnega koefici-

enta, potem je rezultat naš dosedanje prakse daleč od stvarnih razmer.

V našem primeru, ko so (27.9.1926) padavine dosegle v Lučinah 341 mm, suponirano pa je, po razdejanju sodeč, da so na področju vzhodno od Lučin krepko presegle 400 mm, je deževalo praktično ves dan. V sličnih primerih, se giblje relativna vlaga v Ljubljani med 85 (opoldne) in 95% (zvečer, ponoči in zjutraj). To pomeni, da je izhlapevanje minimalno in isto velja za evapotranspiracijo; zlasti še, ker je rastje ob prehodu iz septembra v oktober že v fazi prehoda v zimski počitek. V poprečju znaša evapotranspiracija na prehodu v oktober 2 mm dnevno, gotovo pa ostaja ob deževnih dneh pod 1 mm dnevno. Če pri tem še upoštevamo, da je listje enako mokro, pa naj bo 400 mm padavin ali le $1/10$ tegaⁱⁿ dalje, da so terenske depresije zaradi predhodnih padavin že zapolnjene in isto suponiramo tudi za podtalne akumulacije, tudi sama infiltracija ne more dati odgovora na vprašanje, kam naj bi izginilo 10 %, v našem primeru cc a 40 mm vode.

Če potrditmo realnost trditve o izgubi 40 mm, pomeni to, da bi tolikšne dnevne padavine v sklopu daljšega padavinskega obdobja z manj izdatnimi padavinami sploh ne vplivajo na povečanje pretokov. Vresnici pa povzročajo tolikšne padavine (ca 40mm) dvig vodostajev celo tedaj, ko gre za izoliran padavinski primer, in mora biti, vsaj v veliki meri, vsem tistim faktorjem, ki vplivajo na stopnjo odtočnega koeficienta, zadoščeno šele po začetku padavin, ki so dvig pretoka povzročile.

Dosedanja izvajanja v tem zaglavju so obravnavale

enodnevnne, praviloma 24 urne padavine. Še mnogo bolj pride paradoks - zgolj 90 % odtočnega koeficienta - do veljave pri krajših časovnih razponih, 12, 6 in 3 urnih maksimalnih padavinah, ko skoro ni časa, ne za pronicanje, niti ne za izhlapevanje.

Pravilen zaključek analize je verjetno naslednji: pri optimalnih pogojih za velik odtočni koeficient: z vlago nasičena površina, nepropustna tla, slabi ako ne minimalni pogoji za izhlapevanje, ekstremno intenzivne in izdatne padavine se v naših klimatskih razmerah odtočni koeficient dvigne tudi nad 0.90.

9. 7. Povezava med padavinami in pretoki

Sodobna hidrološka dokumentacija za projektiranje akumulacij je zajeta v dveh parametrih: vsebnosti celotnega vala in vsebnosti maksimalnega pretoka. Za področja, kjer niso na razpolago dolgoletne registracije vodostajev, je edina rešitev uporaba metode enotinega hidrograma in to v treh variantah: klasičnega, trenutnega in sintetičnega. Za prvi dve so potrebne simultane meritve, pretokov kot padavin, za zadnjo pa le padavin. Žal so hidrološke meritve zaradi višje sile v prvem letu odpadle, tako naj bi bila rešitev za izvedbo zastavljenega plana le sintetični hidrogram. Tu pa nastopijo zapreke.

Relief je v Polhograjskih Dolomitih preveč razgiban! Metoda sintetičnega hidrograma namreč še ni dosegla želene stopnje dovršenosti. V prvi kombinaciji upošteva samo dolžino vodotoka in njegov poprečni padec, v drugi pa površino zbirnega področja in njegovo poprečno nagnjenost. Tudi v izjemno ugodnih okoli-

ščinah - resnično velika enotnost reliefnih značilnosti zbirnega področja - poprečni nagib ne sme bistveno prekoračiti 5° . V Polhograjskih Dolomitih reliefne enotnosti ni, poprečni nagib pa je tudi prekoračen - s faktorjem 5 in še več. Čeprav mednarodna hidrološka služba favorizira temeljne raziskave te vrste, je trenutno stanje tako, da moramo za sedaj opustiti tudi to pot (namreč uporabo sintetičnega enotnega hidrograma).

V enem od diplomskih del na gradbeni fakulteti v Ljubljani (Starc M., glej literaturo) je bila tudi obravnavana problematika enotnega hidrograma, njena uporabnost pa preverjena prav na gornjem delu Gradaščice. Med dragoceno dokumentacijo, zbrano v omenjenem delu, sta tudi faktorja n in K in kompletne Gama funkcije, izračunane na sicer pičlih in tudi nesigurnih (brez registracij) opazovanjih, ki pa za našo nalogo vendar še zadoščajo. Saj je bilo težišče dela, v prvem letu raziskav, reševanje meteorološke problematike, povezava med padavinami in pretoki pa naj bi dala le okvirno sliko.

Iz omenjenega diplomskega dela povzeta faktorja, za zbirno področje do postaje Belica, ki je za cca $8,6 \text{ km}^2$ večje od onega nove postaje Dvor pri Polhovem Gradcu (78.6 km^2) imata faktorja n in K vrednosti 1.845 in 7.850.

Na osnovi navedenih vrednosti za oba faktorja in simuliranih padavin v dnevih 27. do 28. septembra 1926 so bili dobljeni rezultati za 4 različne razporedbe triurnih padavin (preglednica 8).

Zaporedje	1	2	3	4	5	6	7	8
Kom- bina- cija								
1.	5	32	55	152	36	34	13	3
2	5	32	0	142	55	32	26	28
3	5	36	34	23	3	55	152	22
4	5	26	34	13	3	45	142	12

Simulirane triurne srednje netto padavine (v milimetrih)
28. septembra 1926 nad raziskovalnim poligonom

Rezultat simuliranih optimalnih padavinskih pogojev za visoko vodo je zastrašujoč! Iz grafikona 4 je razvidno, da ustreza padavinam s povratno dobo 500 let val z vsebnostjo $615 \text{ m}^3/\text{sek}$ in to že v Dvoru pri Polhovem Gradcu, odkoder je do Ljubljane še cca 12 km, z novimi pritoki Gradaščice, med njimi tudi Šuica.

Ali so to res 500 letne vode?

Med karakteristikami simuliranih padavin je tudi to, da so tako 3, enako kot tudi 6 in 12 urne padavine s povratno dobo 500 let in dalje, da je supahirana srednja višina vsega zbirnega področja postaje Dvor prejela 340 mm padavin v 24 urah. Kolikšna je verjetnost, da nastopijo maksimalne padavine dane povratne dobe za vse 4 časovne parametre v istem dnevu? Za ta odgovor so potrebne dodatne analize padavinskih razmer pri nas in to v širšem pasu. Očitno pa je eno: tak primer, kot je bil simuliran, je možen in moramo z njim računati; kolikšna je njegova stopnja verjetnosti, pa bodo pokazale nadaljne razis-

kave. Posredna pot ocenjevanja pa vodi do naslednjega zaključka:

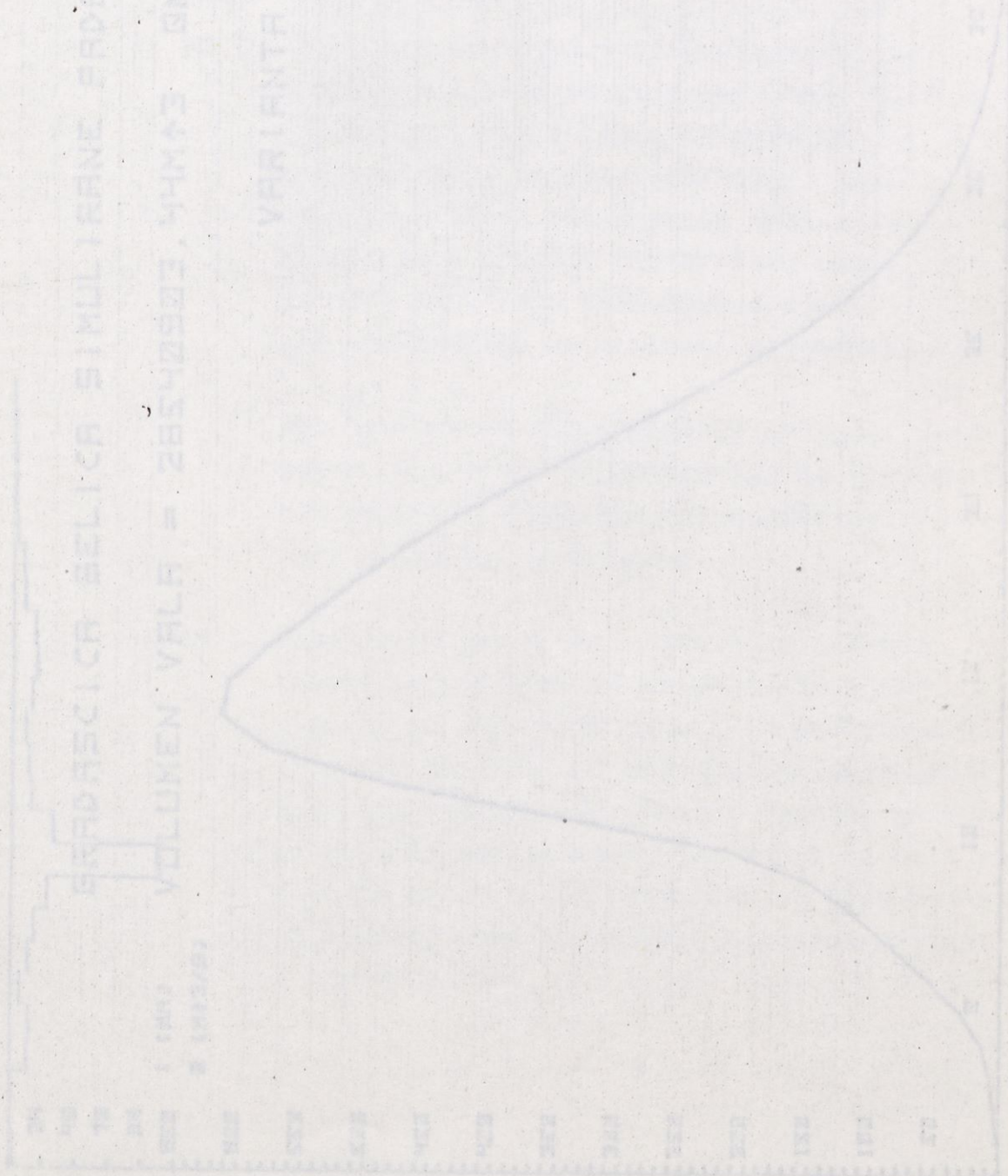
Z metodo enotinega hidrograma in na osnovi dovolj številnik meritev je za 50 letne padavine zbirnega področja Rance na Pesnici, (cca 110 mm), ki je po površini prilično enako našemu v Polhograjskih Dolomitih (cca 80 km²), bil izračunan maksimalni pretok cca 110 m³/sek. Približno isto vrednost (med 100 in 120 m³/sek so po empiričnih pomagalih dobljene 50 letne vode tudi po dveh drugih avtorjih. Sledi torej, da je za padavine cca 110 mm v Slovenjskih goricah, ustrezni maksimalni pretok cca 110 m³/sek. V našem primeru, v Polhograjskih Dolomitih, so pobočja neprimerno bolj strma, padavin je bilo 3 krat več (simuliranih), zato je bil odtočni koeficient mnogo večji. Prav nobenega razloga ni, da ne bi po taki primerjavi pripisali kot spodnjo mejo maksimalnega vala s krajšo povratno dobo, morda 100 let, vrednost cca 400 m³/sek. Osebno mnenje avtorja te ocene pa je, da je spodnja meja postavljena nizko.

V "Jutru" je dne 29. septembra 1926 pisalo, da se je Gradaščica zaradi velike hitrosti penila na širini 200 m. Vzemimo, da je bila v poprečju voda v tem delu globoka 2 m, hitrost pa naj bi bila 3 m/sek. Če pripičemo poročevalcu, da je povečal širino peneče se Gradaščice za 100 %, dobimo še vedno 100 X 2 X 3, zopet 600 m³/sek.

Ako znižamo maksimalni val od cca 600 na dobrih (cca) 400 m³/sek - zaradi skrajšane povratne dobe in zaradi majhne verjetnosti, da bodo v istem padavinskem primeru kar v 4 osnovnih časovnih razponih presegle padavine maksimalno vrednost dotične povratne dobe -

potem omenjena spodnja meja verjetno res ni postavljena previsoko. Čvrsta ocena bo mogoča šele, ko bodo na razpolago ustrezne hidrološke meritve, ki so v prvem letu raziskav žal izostale.

Nekaj pa je že ta trenutek gotovo. Ocena, da je pretok v letu 1926 dosegel le 280 m³/sek, ni realna, niti za Dvor, niti za Vič.



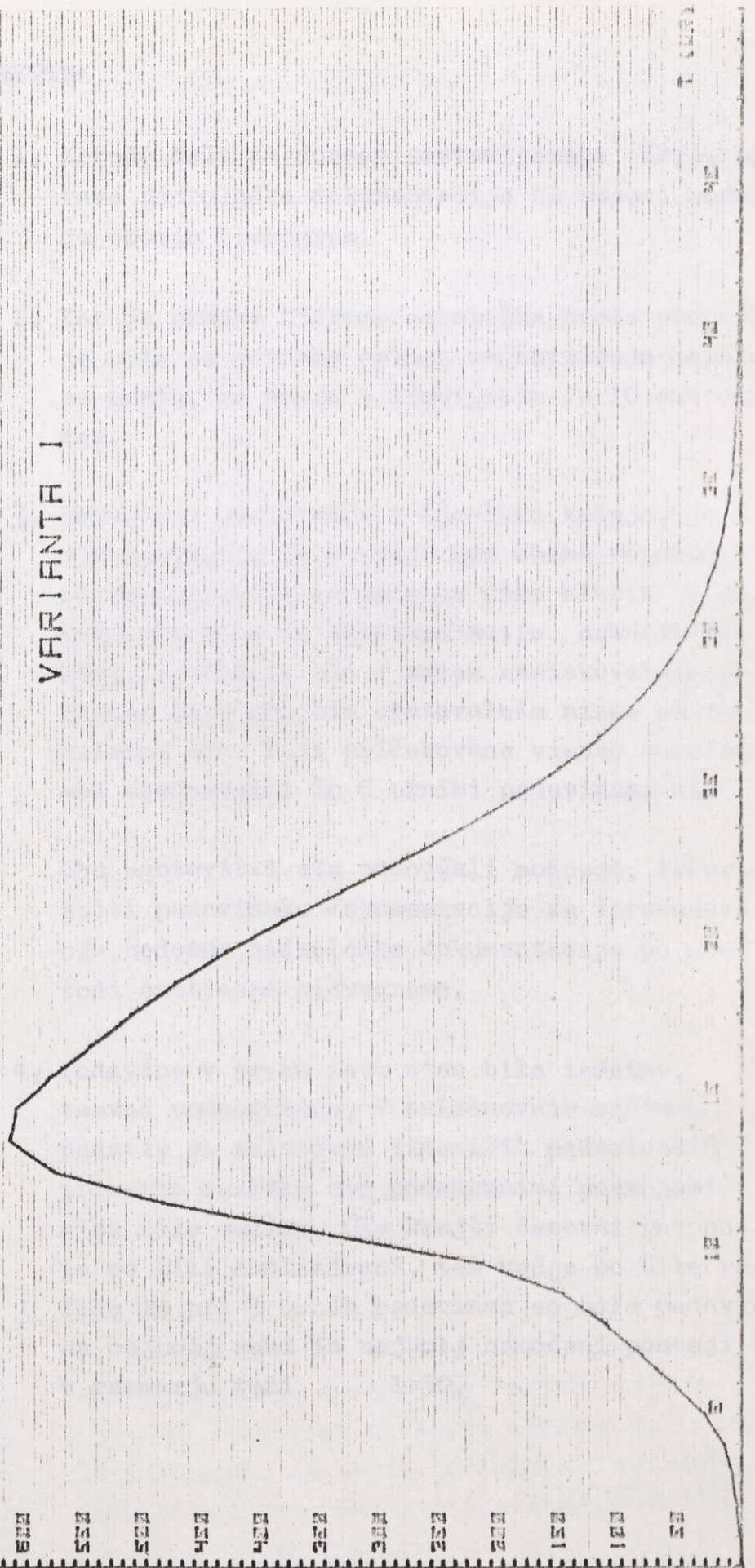
Gr. 4

GRADACIJA BELICA SIMULIRANE PADAVINE ZA LETO 1926

VOLUMEN VALA = 28540903.44M43 QMAX = 615.32M43/S

1 (MM)
2 (M42/S)

VARIANTA I



9.

POVZETEK

- Ad 1. Metoda dela za dosego zastavljenega cilja, pri-
rave hidrološke dokumentacije na osnovi modela,
je enotin hidrogram.
- Ad 2. Ker je uradna hidrometeorološka mreža preredka,
je bila za potrebe naloge organizirana dopolnil-
na mreža, ki šteje 4 limnigrafe in 10 ombrogra-
fov.
- Ad 3. Sekularna opazovanja v Ljubljani kažejo, da
dokumentacije te postaje med obema vojnama ni
reprezentativna in zato ne more služiti v pri-
čakovani meri za ekstrapolacijo ostalih po-
staj, v bližini ali v samem raziskovalnem po-
ligonu in s krajšim opazovalnim nizom na se-
kularni niz. Tudi pričakovane visoke korelacije
med enodnevnimi in 6 urnimi padavinami ni.
- Obe ugotovitvi sta zmanjšali možnost, izkori-
stiti padavinsko dokumentacijo za izračunava-
nje sodobne hidrološke dokumentacije po me-
todi enotinega hidrograma.
- Ad 4. Padavine v prvem letu niso bile izdatne,
temveč podpoprečne, V celodnevnih višinah
padavin ob relativno izrazitih padavinskih
primerih razlike med posameznimi postajami
niso bile velike. Čim krajši časovni razponi
pa so bili analizirani, tem večje so bile raz-
like in pri 3 urnih padavinah so bile padavine
na najbolj suhi in najbolj namočeni postaji že
v razmerju tudi 1:50.

Ad.5. Najčešči med primeri kritičnih padavin so tisti s šibkimi padavinami in kar 35 % odpade na padavine do 5 ur, najnižja, v statistiki izbrana grupa, pod 10 mm, pa je zastopana kar s 44 % vseh primerov. V polovici primerov je težišče padavin v prvi tretjini (50 %), komaj 1/5 primerov (20 %) pa ima težišče v zadnji tretjini. Med več dni trajajočimi padavinami odpade 2/3 primerov na take s trajanjem od 2 do 7 dni, primeri, ko je padlo preko 80 mm, pa so najčešči pri 7 dnevnih padavinah.

Za prognozo ekstremno visokih valov je važno spoznanje, da nastopi maksimum padavin v dolgotrajnih (nad 10 dni) in izdatnih padavinskih primerih (nad 80 mm) najčešče šele po petem dnevu deževanja.

Ad 6. Dnevna in letna razporedba dežja kažeta tem manjša nasprotja med posameznimi urami in dekadami, čim daljši je opazovalni niz. Vsekakor pa je minimum trajanja padavin poleti, ko so prehodi front s severozapada, največje pa je trajanje v jeseni, ko se prehodi front, zaradi sredozemskih depresij, močno opočabijo.

Kar zadeva višino padavin med letom, je analiza pokazala, da se datumi viškov in nižkov, vsej v osnovi ^{ujemajo} z pojavi ciklonskih in anticiklonskih singularitet.

Ad 7. Za dosego cilja naloge bi bilo zelo važno, najti zakonitost v odnosu višine padavin poedine postaje do srednje višine zbirnega področja. Rezultat ustrezne analize ni vspodbujajoč. Pokazalo se je le pričakovano pravilo, da so razlike med navedenima parámetroma tem večje, čim večji je poligon.

Ad 8. Analiza sinoptične situacije v primerih, ki so povzročile nad področjem poligona največ padavin v letu 1976, je potrdila že znano pravilo, da so izdatne padavine vezane praviloma na prehodne hladne fronte v sklopu prodorov hladnega zraka nad zapadno Sredozemlje.

Ad 9. Pri optimalnih, vendar še vedno možnih, padavinskih pogojih, bi utegnil vodni val na postaji Dvor prekoračiti celo 600 m³/sek. Ni pa mogoče predvideti, kakšna naj bi bila povratna doba takega primera, ko bi maksimalne padavine različnih časovnih razponov (3, 6 in 12 ur) in s povratno dobo 500 let, nastopile v istem padavinskem primeru. S posrednimi, dokaj subjektivnimi merili, pa naj bi v primeru katastrofalnih poplav konec septembra 1926 maksimalni val ne bil pod 400 m³/sek.

Do objektivne, s padavinskimi procesi primer-
no utemeljene ocene, je pot še neznana.







Narodna in univerzitetna knjižnica
v Ljubljani

SBK 6109