

ANALIZA SPREMENB RABE TAL, HIDROLOŠKEGA REŽIMA IN EROZIJSKIH PROCESOV V POREČJU DRAGONJE

Lidija GLOBEVNIK

Vodnogospodarski inštitut, SI-1000 Ljubljana, Hajdrihova 28c

IZVLEČEK

Avtorica je opravila presojo vplivov protierozijskih ukrepov in zaraščanja površin na vodni režim in morfologijo rečne struge v porečju reke Dragonje. Rezultati analize so pokazali, da je v zadnjih 35 letih veliko sprememb predvsem pri hidrološkem režimu vodotoka. Zbrani podatki in analiza vodnega režima kažejo, da dodatni odvzemi vode iz Dragonje za namakanje iz ekološkega vidika niso upravičeni. Erozijski procesi so izjemno pomembni za morfološki razvoj struge in obvodne loke, zato bi morali ohranjati takšne procese vsaj na območjih, kjer ni intenzivne urbanizacije ali kmetijske proizvodnje.

Ključne besede: hidrologija, raba tal, erozija, Dragonja, varstvo narave, rečni sedimenti

UVOD IN OPIS PROBLEMA

Posledice večjih prostorsko in časovno določenih posegov v vodni režim, kot je na primer graditev akumulacij, so bile velikokrat analizirane. Taki tehnični posegi zaradi svoje velikosti povzročijo hiter odziv vodne dinamike. Hidrološke spremembe lahko enostavneje analiziramo in povežemo posledice z glavnimi vzroki. Posledice manj opaznih, razpršenih in dolgotrajnejših sprememb, kot na primer zaraščanje vodozbirnih površin in protierozijski ukrepi, pa so težje merljive. Še posebej, če jih proučujemo v okolju, kjer niso izključeni drugi dejavniki.

Dolina reke Dragonje je ena zadnjih dolin v Sredozemlju, kjer še lahko sledimo naravnim ali naravi podobnim procesom. Na ustju Dragonje ni turističnih naselij ali marin, kulturna krajina v dolini ima še značilnosti ekstenzivne rabe, vplivi urbanizacije in posledičnega onesnaženja so še zmerni. Tudi večjih regulacijskih posegov na Dragonji in pritokih še ni bilo. Porečje Dragonje torej ponuja možnost za presojo vplivov protierozijskih ukrepov in zaraščanja površin na vodni režim in morfologijo rečne struge.

GEOGRAFSKE IN VEGETACIJSKE LASTNOSTI OBMOČJA

Porečje reke Dragonje leži na severnem delu polotoka Istra. S svojimi pritoki se zajeda v močno razgibano flišno Koprsko gričevje, ki se razteza med planotastim Bujskim krasom na jugu in Tržaški krasom na severu. Teče iz zahoda proti vzhodu in se po skoraj 30 kilometrskem toku v Sečoveljskih solinah izliva v Piranski zaliv. Porečje je precej razčlenjeno in na gosto razrezano z omrežjem potokov, ki so oblikovali številne doline in grape. Gričevnati svet povodja Dragonje ima široke, ploščate hrbte. Posebnost tega območja je, da so se na njih razvila naselja, medtem ko so ozke doline pritokov in dolina reke skoraj nenaseljene.

Geologija in pedologija

Geološka zgradba flišnega ozemlja je razmeroma enostavna in enotna (Orožen-Adamič, 1979). Eocenska flišna sinklinala se zoži proti JV in razširi proti SZ, med Trstom in Savudrijskim polotokom. Na jugu sega v povodje antiklinalno apniško obrobje Bujskega krasa. Eocenski sedimenti sestojijo iz laporjev in peščenjakov,

vložkov breč, numulitnih apnencev in apnenčevih skladov (Osnovna geološka karta SFRJ, 1:100000, Trst). V granulaciji so opazni prehodi od debelozrnatih peščenjakov do meljevca in mikritnega apnenca (Stepančič *et al.*, 1985). Podobne so tudi razlike v kamninski sestavi, kjer se menjajo plasti laporja in peščenjaka, vmes pa se pojavljajo tudi plasti breče. Skupna debelina eocenskih klastičnih sedimentov doseže okoli 400 m. Dno doline Dragonje je pokrito z debelim aluvialnim nanosom. Na povodju Dragonje je to edina geološka enota iz terciara. Nanos sestoji v pretežni meri iz gline, v manjši meri pa nastopa tudi pesek in prod, ki je sestavljen iz prodnikov peščenjaka in apnenca. Debelina aluvialnega nanosa v spodnjem delu doline seže do 100 m. Apnenih območij je na povodju malo, predvsem sta zaradi te lastnosti in lege floristično izredno pomembni dve območji v dolini (apnenca otoka sredi fliša in aluvija) Sv. Štefan in Stena. Njuna geološka podlaga so alveolinski in numulitni apnenci. Rob bujske antiklinale sestavljajo apnenci, bogati z rudisti, ki so pogosto rožnate barve. Apnenec je pretežno debelo skladovit ali pa masiven.

Pedološke lastnosti so povzete po kartah merila 1:5000 (Stepančič *et al.*, 1985), za potrebe dela pa so bili določeni deleži posameznih talnih tipov. Na skoraj treh četrtinah (71%) površine povodja se je razvila karbonatna rendzina na flišu, saj imajo eocenski flišni sedimenti značaj mehkih karbonatnih kamenin. Kjer ni bilo večje erozije ali prekopavanja tal, se je rendzina lahko razvila v evtrična rjava tla (na flišu: 6% površin, psevdoglejena: 3% in koluvialna 1%). Kjer se na površini pojavljajo plasti peščenjaka, so se razvila globoko rigolana tla (9%) z vinogradi in vrtnarskimi površinami. Na aluvialnih naplavinah so nastala ohrečna tla, ki so tu in tam lahko tudi močno oglejena.

Meteorološki parametri

Povprečne letne vsote padavin se gibljejo med 980 mm na obalnem delu in sežejo do 1260 mm proti notranosti (Kubed). V Koštaboni, kjer merijo tipične padavine gričevnatega zaledja srednjega dela povodja Dragonje, srednja letna vsota padavin seže do 1010 mm. Minimalne letne vsote se gibljejo od 700 mm na obalnem delu do 900 mm na notranjem, vzhodnem robu povodja. V enem letu lahko na zahodnem, nižinskem delu povodja pade do 1300 mm padavin, na vzhodnem pa tudi do 2000 mm. Največ padavin pade meseca oktobra, sledita mu september in avgust. Najmanj padavin pade julija in februarja. Letno temperaturno povprečje v Portorožu (zahodni rob) je 13,6°C, v Kubedu 11,5°C (vzhodni rob). Najhladnejši so meseci januar, februar in december, najtoplejši je julij. Dnevna maksimalna padavina, 151,4 mm, je bila zabeležena na postaji Koštabona v mesecu oktobru leta 1980. V Kubedu je največ padavin v enem dnevu padlo

meseca julija (148,1 mm), ravno tako v Portorožu (133,3 mm). Povprečni 15-minutni naliv ima 20 mm padavin, maskimalni zabeležen je imel 49,1 mm padavin. V eni uri je padlo največ 66 mm padavin, povprečni enourni nalivi dajo 34 mm padavin. Klima je submediteranska (Ogrin, 1995).

Vegetacijske in floristične lastnosti porečja Dragonje

Porečje Dragonje sodi po fitogeografski razdelitvi Slovenije v submediteransko fitogeografsko območje (Wraber, 1989; Kaligarič, 1997), za katero je značilna listopadna submediteranska vegetacija. Na flišnih tleh raste združba gabrovca in puhovca (*Ostrya - Quercetum pubescentis*). Glede na menjajoče se mikroklimatske in talne razmere se združba pojavlja v variantah z gradnom (*Quercus petraea*), puhovcem (*Quercus pubescens*) in cerom (*Quercus cerris*). Cer zasledimo predvsem v višjih predelih, puhavec na toplejših in sušnih rastiščih, graden pa v hladnejših legah (Kaligarič, 1997). V dolini Dragonje in njenih pritokih raste tudi najtoplejša oblika submediteranskih listopadnih gozdov - vegetacija kraškega belega gabra (*Quercus - Carpinetum orientalis*).

Od grmovnega sestoja so tipične združbe črnega trna in gloga. Z njimi je poraslo predvsem zaledje Dragonje, medtem ko so v dolini Dragonje tudi združbe vrb in topolov. Drevesno floro logov spodnje doline (pod Škrlinami) sestavljajo črni in beli topol (*Populus nigra*, *Populus alba*) ter bela in rdeča vrba (*Salix alba*, *Salix purpurea*), črna jelša (*Alnus glutinosa*) in svib (*Cornus sanguinea*). Po drevju se vzpenja navadni srobot (*Clematis vitalba*), pridružuje pa se mu vinska trta (*Vitis vinifera*). V reki rastejo jezerski biček (*Schoenoplectus lacustris*), trst (*Phragmites communis*) in kolenčasti dristavec (*Potamogeton nodosus*). Med zelišči je pogosta preslica (*Equisetum telmateja*). Evmediteranska vrsta zgornjega odseka Dragonje so venerini laski (*Adiantum capillus - veneris*), redko kukavičevka splavka (*Limodorum abortivum*) in splošno razširjena hodeča lobodika (*Ruscus aculeatus*). Poleg mediteranske flore pa so tipične tudi kraške vrste, ki pripadajo gozdnim in travnišnim tipom vegetacije. Pojavljajo se na prodiščih Dragonje, ki so bogatejša z apnenci (*Linum tenuifolium*, *Asperula cynanchica*, *Scrophularia canina*, *Euphorbia nicaeensis*, *Coronilla coronata*, *Polygala nicaeensis subsp. mediterranea*, *Globularia punctata*, *Scorzonera villosa*, *Teucrium montanum*...). Kraški so tudi nekateri travniki v dolini Dragonje, kjer prevladujeta *Bromus erectus* in *Brachypodium rupestre*. Med zelišči so pogoste *Eryngium amethystinum*, *Plantago holosteum*, *Scorzonera villosa*, *Carex tometosa*, *Carex halleriana* in druge. Med kraške elemente se mešajo tudi nekatere alpske vrste kot alpska madronščica (*Linaria alpina*) in liburnijska ivanjščica (*Leucanthemum liburnicum*) (Kaligarič, 1997; Wraber, 1987a, 1987b).

METODA DELA

Z analizo digitalnega modela reliefa mreže 100 m x 100 m so bile ugotovljene reliefne lastnosti porečja Dragonje. V geografski informacijski sistem so bile vnešeni podatki o geoloških (osnovna geološka karta merila 1:100000), pedoloških enotah (vir podatkov pedološka karta 1:5000, VGI 1985). Hidrografska mreža glavnega vodotoka in pritokov (merilo 1:25000) za osnovne prikaze je bila prenešena iz Vodnogospodarskega informacijskega sistema (Uprava RS za varstvo narave).

Za analizo meteoroloških in hidroloških parametrov so bila izbrana obdobja 1961-1990, 1961-1995 in 1971-1995. Za obdobje 1961-1990 so bile izračunane le osnovne statistike letnih in mesečnih parametrov padavin in pretokov, zato pač, da lahko rezultate primerjamo z že izvedenimi analizami (HMZ, 1998). Uporabljeni so mesečni podatki padavin in temperatur, merjeni v Kubedu (1961-1990), in mesečne vrednosti padavin, temperatur, števila ur sončnega obsevanja, relativne vlage in hitrosti vetra na postaji v Portorožu (1961-1995). Po Penmanovi metodi so bile izračunane mesečne povprečne vrednosti potencialne evapotranspiracije za Portorož (1961-1995). Zaradi primerjave evapotranspiracije med Portorožem in Kubedom so bile izračunane tudi mesečne vrednosti potencialne evapotranspiracije za obe lokaciji po Thornthwaitovi metodi, obdobje 1961-1990.

Hidrološke lastnosti porečja so bile izračunane na osnovi podatkov vodomerne postaje pod cestnim mostom Dragonja-Kaštel. Časovna serija izmerjenih višin vode in pretokov za obdobje analize ni popolna, zato so bili podatki dopolnjeni s pretočnimi krivuljami (razmerje višin vode in pretokov) in regresijskimi krivuljami med višinami vode na v.p. Kubed (Rižana) in v.p. Podkaštel (Dragonja). Korelacijske koeficiente in regresijske krivulje, ki so bile pri tem uporabljene, prikazuje tabela 1.

Tab. 1: Korelacijski koeficienti in regresijske krivulje med v.p. Rižana Kubed in v.p. Dragonja Podkaštel za obdobje 1959-1972.

Tab. 1: Correlation coefficients and regression curves between water station Rižana Kubed and water station Dragonja Podkaštel for the 1959-1972 period.

	Vodostaji	Pretoki
1959	$K = 0,82; H_{pod} = 0,46 \cdot H_{kub} - 15,13; R^2 = 0,67$	0,60
1960	$K = 0,77; H_{pod} = 0,946 \cdot H_{kub} - 41,812; R^2 = 0,59$	
1963	$K = 0,60; H_{pod} = 0,565 \cdot H_{kub} + 10,5044; R^2 = 0,40$	
1964-1971	$K: 0,85, 0,75, 0,70, 0,80, 0,82, 0,83, 0,80$	
1972	$K = 0,78$	0,55

Legenda: K-korelacijski koeficient; H_{pod} : višina vode v.p. Podkaštel; H_{kub} : višina vode v.p. Kubed; R^2 : vsota kvadratov razlik

Spremembe vodnobilančnih parametrov so bile ugotovljene za 35-letno (1961-1995) in 25-letno (1971-1995) obdobje. Izračunani so bili linearni trendi (koeficienta linearne regresijske krivulje) srednjih letnih in mesečnih pretokov, letnih visokovodnih konic ter letnih in mesečnih krivulj trajanja. Da sem ovrednotila velikost spremembe, sem po regresijski krivulji simulirala izbran parameter za leto 2000. Enako je bil določen trend mesečnih meteoroloških parametrov: padavin, temperatur in potencialne evapotranspiracije po Penmanu in Thornthwaitu, maksimalnih dnevnih padavin leta ter vrednosti 30- in 60- minutnih nalivov. V članku so prikazani letne vrednosti in trendi padavin, potencialne ETP po Penmanu, maksimalnih dnevnih padavin, teoretičnih odtokov in merjenih pretokov porečja (kontrolni profil v.p. Podkaštel) ter mesečne vrednosti in trendi teoretičnih odtokov. Teoretični odtok je od mesečnih vrednosti padavin odšeta mesečna vrednost potencialne ETP. Razlika je večja ali enaka nič. Trendi drugih meteoroloških parametrov so prikazani v Globevnik & Sovinc (1998).

Z geografskimi informacijskimi sistemi (AUTOCAD MAP 3, IDRISI) je bila ugotovljena sprememba rabe tal na porečju. Uporabljeni so bili zračni posnetki obdobja 1971-1994 in digitalni ortofoto iz leta 1996 (GURS, MOK).

Za primerjavo erozijskih procesov med letoma 1971 in 1994 je bila uporabljena Gavrilovičeva metoda. Po njej je bila izračunana površinska, globinska in stranska erozija. Izdelan je bil račun za 36 profilov (Globevnik *et al.*, 1995). Koeficienti za leto 1971 so bili privzeti iz študije PUH (1971), za leto 1994 pa so bile upoštevane spremenjene razmere. Te so vidne v koeficientih zaščite (stanje vegetacije), razvitosti erozijskih procesov in erozijskem potencialu. Koeficienti so bili ugotovljeni na podlagi zračnih posnetkov iz leta 1994 in ogledov terena. Ocena količin skupnega dotoka materiala v vodotok za leto 1994 je bila narejena po enaki metodi kot leta 1971 (Gavrilović). Transportna zmogljivost Dragonje v študiji PUH (1971) ni bila ozvrednotena, podane pa so bile povprečne granulometrijske (zrnavostne) sestave erodiranega materiala v procentih deleža posameznih frakcij. Zrnavostna sestava rinjenih plavin leta 1971 je bila zato simulirana na podlagi procentualnega deleža frakcij. Zrnavostna sestava za leto 1996 je bila ugotovljena na podlagi odvzetih vzorcev plavin na šestih profilih reke Dragonje.

REZULTATI

Reliefne in hidrografske lastnosti porečja

V sliki 1 so podane osnovne reliefne lastnosti povodja glede na nadmorsko višino, nagib in smer. Višina gričevnatih hrbtov se giblje od 150 m nadmorske višine na zahodni strani do 450 m nadmorske višine na

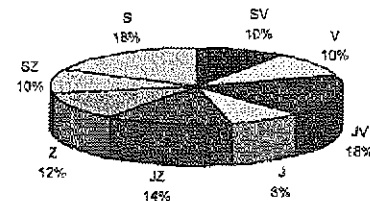
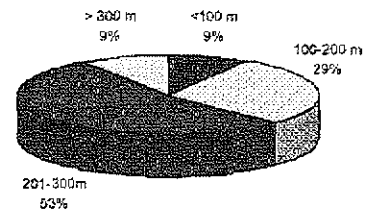
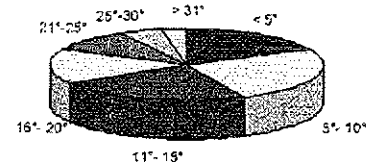
vzhodni strani. Več kot 50% površine povodja ima od 200 do 300 m nadmorske višine, medtem ko ima manj kot 10% površin nadmorsko višino do 100 m. Največji vrh povodja je 486 m. Več kot 50% porečja ima naklon med 5° in 15°. To so površine ravnih podolgovatih hrbtov gričevnatega zaledja. Skoraj desetina površin ima naklon večji kot 25°. Največ površin je nagnjenih na severno in jugovzhodno smer (po 18%), najmanj na južno (8%). Porazdelitev leg površja na druge smeri neba je dokaj enakomerna.

Oblika porečja in hidrografska mreža sta prikazani na sliki 2. Velikost vodozbornega zaledja do hidrološkega merskega profila v vasi Dragonja (v.p. Podkaštel) je 86,9 km², do Mlinov - Škrič (začetek solin) pa 90,5 km². Od tega jih 80% leži v Sloveniji. Dolžina struge je 28,8 km in ima povprečni padec 1,13%, v površnem delu 2,8%, srednjem delu 0,8%, v spodnjem pa le 0,2%.

Raba tal in zaraščenost z grmovno-drevesno vegetacijo

Raba tal

V tabeli 2 je podan pregled rabe tal za šest katastrskih občin (Cunder, 1996), ki skoraj v celoti ležijo na porečju Dragonje. V analiziranih katastrskih občinah je kmetijskih zemljišč 36%, gozdnih in grmiščnih pa skoraj 60%.



Sl. 1: Procentualna zastopanost naklonov površja, nadmorskih višin in leg površja glede na strani neba.
Fig. 1: Share (in %) of surface inclinations, altitudes and surface positions in relation to cardinal points.

Tab. 2: Raba tal v šestih katastrskih občinah, ki zastopajo 60% površin porečja Dragonje.
Tab. 2: Land-use in six cadastral councils representing 60% of the Dragonja catchment.

Katastrska občina	Št. k.o.	Pov.	njive	travinje	trajni nasadi	Km. zar.	gozd	nerodovitno
		ha	ha	ha	ha	ha	ha	ha
Krkavče	2625	642	103,16	67,12	63,96	83,18	271,58	53,0
Koštabona	2624	1060	131,86	98,53	110,26	197,72	451,63	70,0
Boršt	2623	945	74,0	167,52	63,28	137,96	439,24	63,0
Marezige	2611	721	128,96	136,76	95,04	54,0	252,24	54,0
Truške	2613	1681	207,08	298,05	47,40	256,92	796,55	75,0
Topolovec	2622	783	157,08	142,76	5,12	104,92	321,12	52,0
	skupaj	5832 ha	802 ha (13.4%)	911 ha (15.6%)	385 ha (6.6%)	835 ha (14.3%)	2533 ha (43.4%)	367 ha (6.3%)

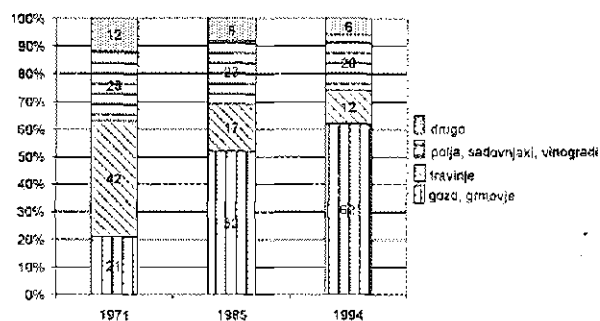
Legenda: Št.k.o.: številka katastrske občine, Pov.: skupna površina katastrske občine; Km.zar.: kmetijska zemljišča v zaraščanju

Zaraščenost z grmovno-drevesno vegetacijo

Na porečju Dragonje je bila leta 1971 z gozdom zaraščena petina površin, kar je manj kot povprečje obalnih občin tega leta (Savnik, 1980). Leta 1974 je bil delež gozdnih površin na porečju 27%, obdelovalnih površin 48% in pašnikov 13% (Orožen-Adamič, 1979). Hitrost zaraščanja je bila največja v letih 1970-1985. V povprečju se je zaraslo 40% površin. Leta 1994 je bilo z grmovno-drevesnimi in gozdnimi površinami pokritih kar 62% porečja. Najmanj so se zarasli predeli južno od reke Dragonje v spodnjem delu porečja (po sotočju s Pinjevcem). Ti so bili leta 1971 komaj 15% gozdni, danes pa se grmiščno-gozdna vegetacija razrašča na tretjini površin. Zaraščenost se je najbolj povečala na jugovzhodnem delu povodja, na območju potoka Stranica, pod Trsekom. Na novo se je zarasla skoraj polovica površin. Te so bile prej precej gole in nagnjene k eroziji, zato so tu opravljal tudi večja pogozdovna dela. Procesi zaraščanja so tesno povezani s procesi depopulacije in deagrarizacije, dodatno pa so jih pospešili tudi z umetnim pogozdovanjem. Zaznavna je tudi sprememba zaraščenosti doline pod Škrlinami. Leta 1971 je bilo 16% površin pokritih z grmovno-drevesno vegetacijo, leta 1994 pa 32%. Dejstvo, da se je v zadnjih desetih letih povečala številnost gozdno-grmovnih ptičjih vrst v dolini, potrjuje to dejstvo (Sovinc, 1998). Dinamiko zaraščanja z grmovno-drevesno vegetacijo na porečju Dragonje prikazuje slika 2.

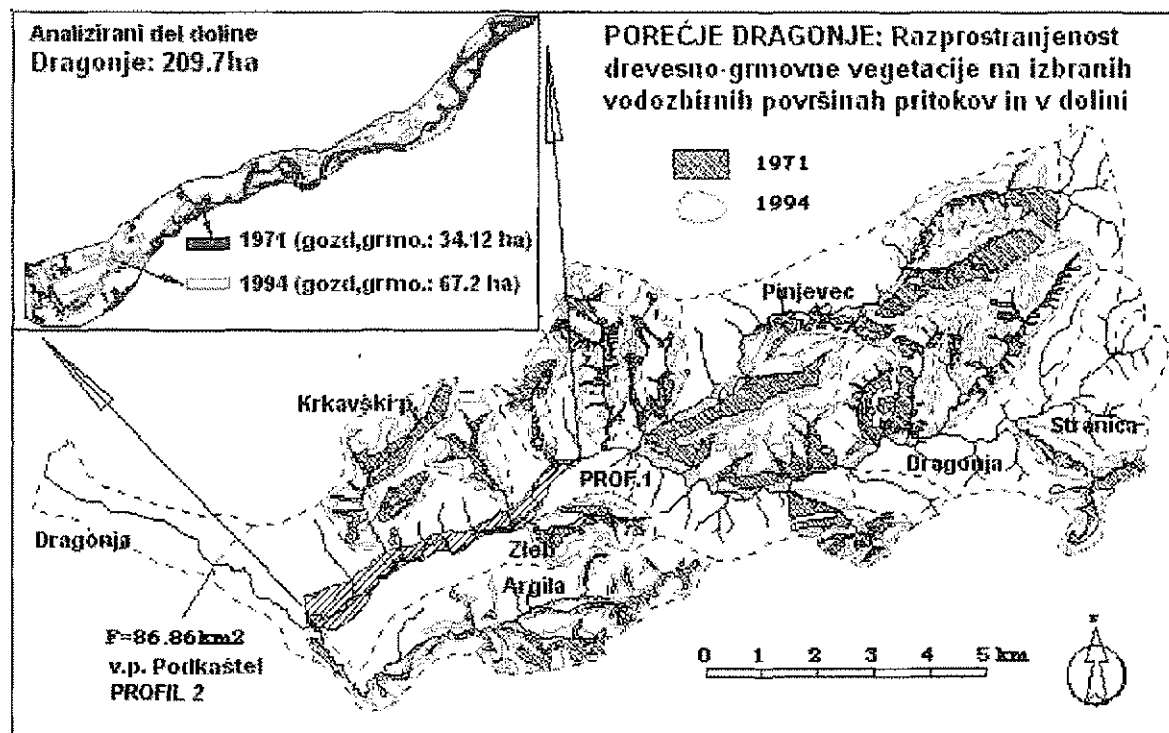
Sprememba rabe tal 1971-1994

Spremembo rabe tal na porečju med letoma 1971 in 1994 prikazuje slika 3. Gozdno-grmiščna vegetacija se je razširila predvsem po opuščeni pašnikih in travnikih ter po saniranih erozijskih površinah. Pašniki in travniki so leta 1971 pokrivali 42% površin, danes le 12%. Obdelane površine so se zmanjšale za petino (s 25% na 20% celotne površine).



Sl. 3: Sprememba rabe tal v porečju Dragonje (86,9 km²), povzeti so tudi podatki Savnika (1980) in Cundra (1996).

Fig. 3: Changes in land-use of the Dragonja catchment (86.9 km²), with the data of Savnik (1980) and Cunder (1996) also being taken into account.



Sl. 2: Dinamika zaraščanja z grmovno-drevesno vegetacijo v porečju Dragonje.

Fig. 2: Overgrowing dynamics with shrub-tree vegetation in the Dragonja catchment.

Trendi zaraščanja kmetijskih površin so vidni tudi iz študije Pavlina (1991). Na 219,8 ha velikem testnem območju pri kraju Marezige se je v letih 1975-1988 uresničevala intenzifikacija kmetijske proizvodnje v bližini kraja, medtem ko je v večjih oddaljenostih zaznavna deagrarizacija (zaraščanje in opuščanje kmetijskih zemljišč). Enako velja za testno območje Topolovec (207,4 ha), ki leži na najmanj naseljenem območju porečja. Gozdnate površine so se v letih 1975-1988 povečale za 5,4% (kar je 4,2% na 10 let). Zaraslo se je 4,2 ha pašnikov in 5 ha travnikov.

Sproščanje materiala (erozija)

Ovrednotene površine erozije na Dragonji so podane v tabeli 3.

Tab. 3: Površinska erozija v letu 1971.

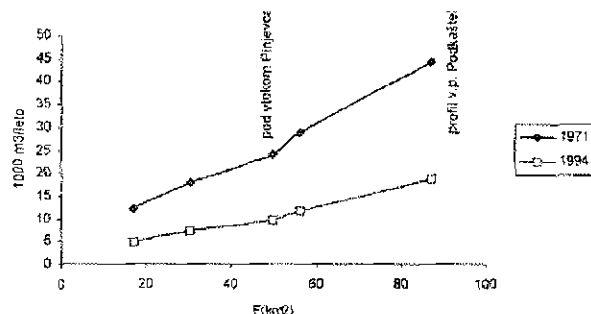
Tab. 3: Surface erosion in 1971.

Območje (slika 2)	Celotna površina	Erodirana površina
do PROFILA 1 (Škrline-sotočje Pinjevca in Dragonje)	5149 ha	372,6 ha (7%)
med PROFILOM 1 in 2	3537 ha	289,2 ha (8%)
do PROFILA 2 (v p. Podkaštel)	8686 ha	662 ha (7,6%)

Površinska erozija je bila leta 1971 najmočnejša na zgornjem delu povodja. Na porečju Stranice je bilo erodirane kar 30% površine, na porečjih potokov pod Gemami in Gunjači pa 14%. Čez 10% površin je bilo erodiranih tudi v zaledjih potokov Roman, Hrvatini, pod Pučami in Argile. Tega leta je bilo na porečju 12163 km razvitih erozijskih jarkov (globinska erozija), pod večjo bočno erozijo pa je bilo 1592 km strug. V okviru sanacijskih del, ki so se začela v drugi polovici 70-ih let in se nadaljevala v 80-ih, je bilo zgrajenih 192 manjših protierozijskih stabilizacijskih objektov in 5 večjih prodnih pregrad (Globevnik et al., 1998). Danes je intenzivno erodiranih le okoli 280 km strug, kar je le 18% skupne dolžine iz leta 1971 (VGI, 1985). Opravljala so se tudi vegetacijska stabilizacijska dela na odprtih površinah (predvsem pogozdovanje s črnih borom). Intenzivna pogozdovalna dela so bila opravljena na 42 ha površin, ki potem postala jedra nadaljnjega širjenja vegetacije. Površinski erozijski procesi na Stranici danes potekajo le na 8% površine (19 ha), na Trseku pa le na 1% (Globevnik et al., 1998).

Na sliki 4 sta prikazani vsotni krivulji količin sproščenega materiala v zaledju izbranega profila za leti 1971 in 1994. Podrobnejši račun je pokazal, da je zaradi površinske erozije danes iz zaledja odnešeno v nižje ležeče predele 10856 m³/leto, zaradi globinske in bočne (stranske) erozije pa 7874 m³/leto. Globinska in bočna erozija (erozija jarkov) je največja v zgornjem

delu povodja ter na predelu pod sotočjem Dragonje s Pinjevcem do potoka Žleb. V začetku 70-ih let se je sproščalo nekaj več kot 44.000 m³ materiala na leto (površinski erozijski procesi: 26.612 m³/leto, globinski in bočni erozijski procesi: 17.461 m³/leto). V povprečju se danes sprošča za 40% manj materiala, kot se ga je leta 1971. Protierozijski ukrepi so očitno dosegli namen.



Sl. 4: Količine sproščenega materiala (iz vodozbirnih površin izbranih profilov) vzdolž Dragonje v letih 1971 in 1994.

Fig. 4: Quantities of released materials (from water-collecting surfaces of selected profiles) along the Dragonja in 1971 and 1994.

Pritok plavin v vodotok in zrnavostna sestava rinjenih plavin

Skupni letni odtok sproščenega erozijskega drobirja (pritok plavin v glavne odvodnike) je bil leta 1971 ocenjen na 25.000 m³/leto (PUH, 1971). Danes se letno odplavi v odvodnike povprečno 10.700 m³ materiala. Dotok plavin v odvodnike se je tako od leta 1991 zmanjšal za 67%. Povprečna zrnavostna sestava plavin celotnega območja leta 1971 je bila pretežno meljasto peskasta (45% melja, 33% peska, 19% prodca in 3% proda z grobljo). Rezultati zrnavostne analize so prikazani v tabeli 4, grafični prikaz zrnavostne sestave vzorcev plavin na sliki 5.

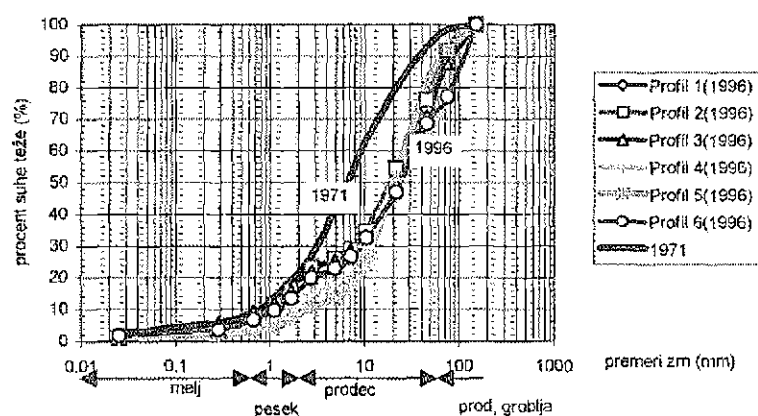
Velikost srednjega zrna se z oddaljenostjo od ustja navzgor v povprečju poveča od 28 mm na 56 mm. Zaradi lokalnih vplivov se velikosti srednjih zrn lahko precej razlikujejo od povprečja. Tako je srednje zrno večje od pričakovane povprečne velikosti pri vzorcu 4. Vzorec je bil namreč odvzet pod močno erodirano levo-brežno steno, od koder je znatno povečan dotok plavin. Odložene plavine se niso sprane in obdelane. Nasproten pojav nastopa v profilu 5, ki ima manjše srednje zrno. Pod sotočjem Pinjevca in Dragonje se struga namreč razširi, kar povzroča odlaganje drobnejših frakcij materiala. Krivulja na sliki 5 kaže, da so leta 1971 prevladovala drobnejše frakcije kot leta 1996. Velikost srednjega zrna na spodnjem odseku je bila manjša kot 10 mm.

Tab. 4: Opis profilov in parametrov odvzetih vzorcev rinjenih plavin.

Tab. 4: Description of profiles and parameters of bed load samples.

Št.	Opis mesta	F [km ²]	L [km]	γ [g/cm ³]	D _m [mm]	D ₉₀ [mm]
1	Pred vtokom Argile	74,5	9+741	2,78	29,3	81
2	Sv. Štefan	73,5	10+550	2,77	28,6	68
3	Jamnjek	66	12+790		34,6	85
4	Petrinjevca (pod flišno steno)	64	14+532	2,62	63,3	108
5	po sotočju s Pinjvcem	51,5	17+065	2,73	26,6	65
6	nad sotočjem s Pinjvcem	30	17+700	2,78	56,3	110

Legenda: Št.: številka vzorca; F: velikost zaledja; L: dolžina vodotoka od ustja (v.p. Podkaštel: 6+600 km), γ: specifična teža vzorca; D_m: aritmetično srednje zrno ($d_m = \sum \Delta d_m \cdot \Delta P / P$, P: suha teža vzorca, ΔP: delni presejek suhe teže vzorca za izbrano sito); D₉₀: 90% vseh zrn je manjših od te velikosti)



Sl. 5: Povprečna zrnavostna sestava rinjenih plavin reke Dragonje leta 1971 in posamezne zrnavostne sestave vzorcev rinjenih plavin leta 1996.

Fig. 5: Average grain size structure of the Dragonja bed load in 1971 and separate sample grain size structures of its bed load in 1996.

Hidrologija

Opis hidroloških lastnosti

V tabeli 5 so podani karakteristični pretoki izbranih obdobj, v tabeli 6 pa verjetne visoke vode.

Tab. 5: Karakteristični pretoki izbranih obdobj, v.p. Podkaštel.

Tab. 5: Characteristic flow rate during selected periods of time, water station Podkaštel.

PRETOKI (m ³ /s)	1961-1990	1961-1995	1971-1995
povp. (srQsr)	1.72	1.64	1.20
maxQmax (največji zabeležen pretok)	97.2	97.5	97.5
minQmin (najmanjši zabeležen pretok)	0	0	0
povp.(srQmin)	0.40	0.36	0.23

Legenda: srQsr-srednji letni pretok; srQmin-srednja vrednost mesečnih minimalnih pretokov leta

Tab. 6: Verjetne visoke vode (Pearson III, izračun iz letnih visokih konic 1961-1995).

Tab. 6: Possible high waters (Pearson III, estimate from 1961-1995 annual high peaks).

verjetnost nastopa	povratna doba	interval zaupanja 5%	pretok	interval zaupanja 95%
1%	100 let	191 m ³ /s	138 m ³ /s	111 m ³ /s
5%	20 let	137 m ³ /s	104 m ³ /s	86 m ³ /s
20%	5 let	89 m ³ /s	72 m ³ /s	61 m ³ /s
50%	2 leti		46 m ³ /s	

Hidrološke spremembe

Spremembe letnih vrednosti padavin, pretokov in potETP

Trende letnih količin pretokov, padavin in potenciale evapotranspiracije (potETP) prikazuje tabela 7. Trend

Tab. 7: Srednji letni pretoki, padavine in potETP s karakteristikami časovnih trendov.**Tab. 7: Mean annual flow rates, precipitation and potential evapotranspiration with characteristic time trends.**

letne količine	POVPREČJE			NAGIB REGRESIJSKE KRIVULJE $\Delta Q, \Delta P, \Delta ETP$			% SPREMEMBE GLEDE NA POVPREČJE $\Delta Q\%, \Delta P\%, \Delta ETP\%$		
	1961- 1990	1961- 1995	1971- 1995	1961- 1990	1961- 1995	1971- 1995	1961- 1990	1961- 1995	1971- 1995
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s/le	m ³ /s/le	m ³ /s/le	%	%	%
Pretoki (Q)	1.72	1.64	1.20	-0.077	-0.057	-0.027	-4.08	-3.50	-2.25
Padavine (P)	3.18	3.16	3.07	-0.018	-0.014	-0.003	-0.55	-0.43	-0.11
PotETP(P)P*	2.23	2.22	2.26	0.008	0.004	-0.001	0.36	0.17	-0.02

Legenda: PotETP(P)P*: potencialna ETP za Portorož po Penmanovi metodi

srednjih letnih pretokov je negativen v vseh treh obdobjih. Trend letnih pretokov obdobja 1971-1995, kjer je vpliv začetnega intervala najmanjši, izkazuje letno zmanjšanje pretokov za 27 l/s (2,3% povprečnega pretoka). Po obdobju 1961-1995 simulirani srednji pretok leta 2000 doseže le 20% povprečnega pretoka, po obdobju 1971-1995 pa 60% povprečnega pretoka. Trend letnih padavin tega obdobja je negativen, vendar veliko manj kot trend sprememb pretokov (3 l/s/leto). Enako velja za trend potencialne evapotranspiracije računane za Portorož po Penmanovi metodi.

Tab. 8: Po krivulji trenda simulirani srednji pretok leta 2000.**Tab. 8: Mean flow rate in 2000, simulated after the trend's curve.**

Pretoki (m ³ /s)	povprečje obdobja	Simulirani pretoki za leto 2000	Opomba
1961- 1995	1,64	0,36	časovna serija se začne z mokrim padavinskim in pretočnim obdobjem
1971- 1995	1,20	0,74	časovna serija se začne s povprečnim pad. in pret. obdobjem

Negativni trend imajo tudi letne padavine, medtem ko ima potETP rahlo pozitivni trend. Količinska razmerja prikazujejo krivulje letnih vrednosti in trendov padavin, potencialne ETP, maksimalnih dnevnih padavin, teoretičnih odtokov in merjenih pretokov porečja (kontrolni profil v.p. Podkaštel) (slika 6). Negativni trend pretokov obdobja 1961-1995 je kar 4-krat večji od negativnega trenda teoretičnega odtoka. Nasprotno pa trend teoretičnega odtoka postane celo pozitiven v obdobju 1971-1995, kar kaže na še večjo razliko med dejanskimi in teoretičnimi pretoki. Merjeni pretoki obdobja 1961-1972 so vedno večji od teoretičnih, merjeni pretoki 1973-1980 večji ali enaki teoretičnim in merjeni pretoki vsega

preostalega obdobja manjši od teoretičnih tudi do 40%.

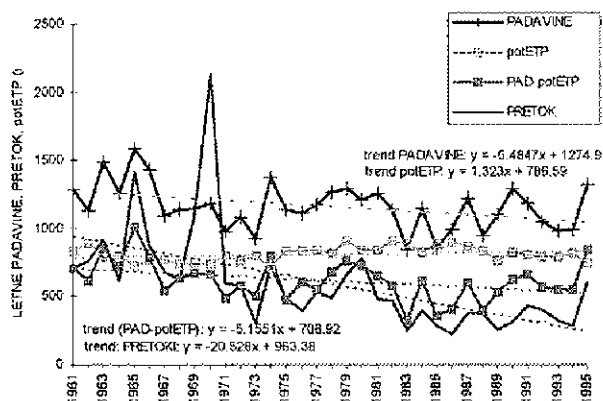
Spremembe mesečnih vrednosti teoretičnih
in merjenih pretokov

Hidrograme in rezultate analize trendov mesečnih pretokov prikazujeta sliki 7 in 8. Obdobje med junijem in septembrom je suho, medtem ko je v preostalih mesecih pretok večji od povprečja obdobja. Simulirana hidrograma za leto 2000, s katerima so prikazani trendi spreminjanja, pa pokazuje, da se pretoki v vseh mesecih precej zmanjšujejo. Tak enoten zaključek ne velja za teoretične pretoke. Leti se v dveh mesecih celo povečujejo, v preostalih pa manj zmanjšujejo kot merjeni pretoki. Ugotovimo lahko:

- Izrazita suša, ki se običajno pojavlja v juliju in avgustu, se širi na junij in september. V teh mesecih se tudi velikost pretokov močno zmanjšuje, trend kaže celo na to, da ti meseci ostajajo brez pretoka.
- Pojavlja se novo sušno obdobje med decembrom in marcem, ki ga lahko imenujemo kar zimska suša.
- Med vsemi najbolj vodnata postajata meseca maj in oktober.
- Povprečna hidrograma merjenih pretokov in teoretičnih pretokov (PAD-potETP) kaže na to, da viški jesensko zimskih padavin (september-december) odtekaajo vse do junija. Pojavlja pa se močan trend zmanjševanja odtekanja viškov padavin. Merjeni pretoki ostajajo večji od teoretičnih le še v aprilu in maju.

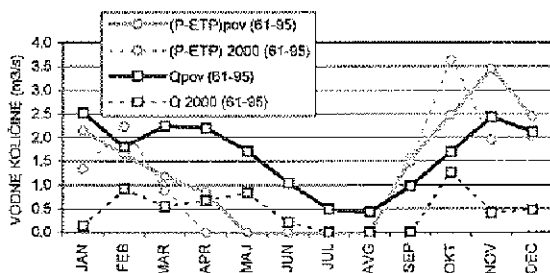
Spremembe letnih in mesečnih krivulj trajanja

Pretoke oziroma intervale pretokov, ki se spreminjajo, kažejo linearne regresije (trende) krivulj trajanja (število dni s pretoki v izbranih rangih). Število dni trajanja pretokov v letu za povprečje obdobja in simuliranega števila dni trajanja pretokov leta 2000 prikazuje slika 9. Razlika kaže na to, da se število dni z nizkimi pretoki (0-0,8 m³/s) povečuje na račun zmanjšane števila dni s srednjimi in visokimi pretoki.



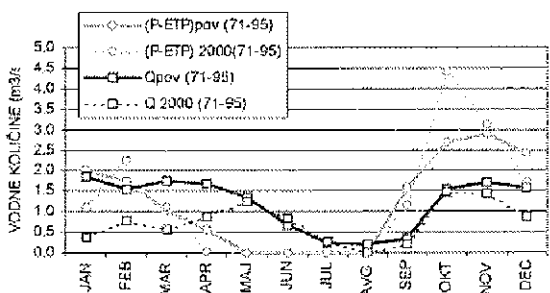
Sl. 6: Letne padavine, potETP, teoretični ter merjeni odtok s trendi, obdobje 1961-1995.

Fig. 6: Annual precipitation, potential evapotranspiration, theoretical and measured effluent with trends in the 1961-1995 period.



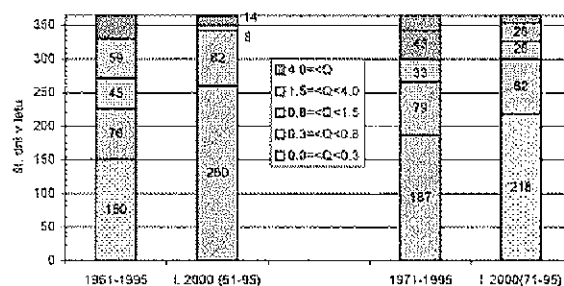
Sl. 7: Teoretični in merjeni mesečni pretoki obdobja 1961-1995 ter simuliranih odtokov v letu 2000, kot ga kažejo trendi mesečnih sprememb.

Fig. 7: Theoretical and measured monthly flow rates for the 1961-1995 period and of simulated effluents in 2000, as shown by monthly changes trend.



Sl. 8: Teoretični in merjeni mesečni pretoki obdobja 1971-1995 ter simuliranih odtokov v letu 2000, kot ga kažejo trendi mesečnih sprememb.

Fig. 8: Theoretical and measured monthly flow rates for the 1971-1995 period and of simulated effluents in 2000, as shown by monthly changes trend.



Sl. 9: Povprečno število dni trajanja pretokov izbranih obdobj in simulirano število dni trajanja pretokov v letu 2000.

Fig. 9: Average number of days of duration of discharges during selected periods and simulated number of days of duration of discharges in 2000.

DISKUSIJA

Analiza trendov letnih pretokov je pokazala, da se pretoki v porečju zmanjšujejo. To potrjuje tudi analiza trendov mesečnih pretokov in krivulj trajanja. Obdobje poletne suše se podaljšuje v junij in september. Suša je tudi čedalje hujša, saj se število dni z ekstremno nizkimi pretoki večja. Pojavlja se tudi obdobje zimske suše med decembrom in marcem. Število dni s pretoki, večjimi od $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$, se zmanjšuje v vseh mesecih (Globevnik & Sovinc, 1998), najbolj pa v pozno jesenskih in zimskih, v katerih se tudi najpogosteje pojavljajo. Iz ugotovitev v poglavju Spremembe mesečnih vrednosti teoretičnih in merjenih pretokov sledi, da na porečju ne prihaja več do skladiščenja vodnih zalog. Jesensko zimski viški padavin, ki naj bi odtekali vse do junija, se manjšajo. Še več, trendi mesečnih pretokov kažejo, da so merjeni pretoki večji od teoretičnih le v maju. Meteorološke spremembe v širši okolici (padavine, potETP) so glede na spremembe pretočnega režima skoraj zanemarljive. Močan trend nižanja pretočnih količin si lahko razložimo le s tem, da je dejanska evapotranspiracija večja od računanega potencialne. Ker je potETP računana za travnate površine, pojav negativne razlike lahko razložimo s tem, da je potETP za gozdne površine veliko večja od potETP za travnate površine ali pa da se izgubljena razlika vode vgrajuje v lesno maso. Še bolj verjetno je, da kot vzrok velikega in opaznega zmanjševanja pretokov nastopa kombinacija obeh pojavov.

Zmanjševanje pretokov in večja sušna obdobja so povezana z večjo razprostranjenostjo in rastjo drevesno-grmiščne vegetacije na povodju, ki se je z 20% razširila na 62% površin. Intenzivno zaraščanje se je začelo v 70ih letih. Sredi 80ih so bili srednji letni pretoki že vsi manjši od teoretičnih odtokov (PAD-potETP). Pretoki zadnjega obdobja pa so manjši do 40% teoretičnih odtokov. Nasprotno je bila bilanca pozitivna v letih,

preden se je začelo zaraščanje. Ne le šibka drevesno grmovna vegetacija, temveč tudi slabo poraščene ali celo gole površine so prispevale k temu, da so padavine odtekle, izhlapevanje pa je bilo manjše od potencialno možnega.

Vodni režim izgublja tipiko submediteranskega karakterja, za katerega je značilno, da se pojavlja eno, letno sušno obdobje. Formira se še zimsko sušno obdobje. Redkeje pojavljanje visokih vod (spremenjena krivulja trajanja) in zmanjšani dotok plavin v struge pa sta spremenila tudi morfološki karakter vodotoka. Novo dinamično ravnovesje se je prilagodilo manjšemu številu in nižjim visokim vodam, hkrati pa tudi manjšim količinam novega materiala iz zaledja. Dno struge ima manj drobnih frakcij, kot jih je imelo pred 25 leti, je večinoma sprano in ponekod že poglobljeno. Zaraščajo se prodišča, struga se oža (Globevnik, 1998). Celotna vodna dinamika se je zmanjšala, poplavljenost loke ni več tako pogosta.

ZAKLJUČEK

Rezultati analize so pokazali, da so naravni procesi na porečju Dragonje izraziti. V zadnjih 35 letih zaznavamo velike spremembe predvsem pri hidrološkem režimu vodotoka. Dokazano je bilo, da je gozdna vegetacija tista, ki porablja večino padle vode oziroma povzroča veliko izhlapevanje, tako da je v strugi iz dneva v dan manj. Pionirska vegetacija se sicer že spreminja v zrelo, bolj stabilno rastlinsko odejo glede porabe vode, vendar bi se z nadaljnjim zaraščanjem trend zniževanja pretokov nadaljeval.

Opisani trendi se v tem trenutku nemara že zaključujejo ali prevešajo v nov cikel. Poznavanje teh ciklusov je bistvenega pomena pri sprejemanju odločitev glede razvoja območja. Znani so programi kmetijskega razvoja, pridelava vrtnin in sadja v dolini z namakanjem ter razširitev nasadov na pobočjih. Porečje Dragonje še vedno ostaja tudi potencialni vir za oskrbo obale z vodo. Graditev zadrževalnika(ov) je še vedno mogoča. Zbrani podatki in analiza vodnega režima pa kažejo, da dodatni odvzemi vode iz Dragonje za potrebe namakanja iz ekološkega stališča niso upravičeni. V strugi se namreč pretaka vse manj vode. Najmočnejša v tem trenutku je pobuda za zaščito območja kot krajinskega parka, saj ima veliko vrednost v nacionalnem (zatočišče in bivališče redkih živali, rastišča izjemnih rastlin, iztek v ramsarski lokaliteti, tradicionalna raba tal, neposeljena dolina) in mednarodnem okviru (redka še ne poseljena in tehnično urejena dolina Jadrana). Ne glede na izbrano razvojno pobudo bodo dejavnosti morale upoštevati naravne danosti, med katerimi je vodni režim najbolj bistven. Reka Dragonja namreč daje osnovni pečat dolini taka, kot je (ali je bila), razvojne pobude pa v večini primerov izhajajo iz nje. Dilema, kako urejati in nadzirati posege v vodni in obvodni prostor, pa še zdaleč ne bo edina. Enako pomembno bo treba sprejeti stališče do rabe tal na celotnem porečju, predvsem do gospodarjenja z gozdom in preprečevanjem erozije. Erozijski procesi so izjemno pomembni za morfološki razvoj struge in obvodne loke, zato bi morali ohraniti takšne procese vsaj na območjih, kjer ni intenzivne urbanizacije ali kmetijske proizvodnje.

ANALYSIS OF THE CHANGES IN LAND-USE, WATER REGIME AND EROSION PROCESSES IN THE DRAGONJA RIVER CATCHMENT

Lidija GLOBEVNIK

Watermanagement Institute, SI-1000 Ljubljana, Hajdrihova 28c

SUMMARY

The environmental impacts of large human interventions in water regime, such as building of reservoirs and regulating channels, have been studied a number of times. Such technical interventions cause, due to their extensiveness, a quick response by the water dynamics. The hydrological changes can be distinctively analysed and the impacts linked with the main causes. However, the impacts of the less visible, dispersed and lasting changes, such as overgrowing of the watershed and antierosion measures, are much more difficult to assess, particularly if studied in the environment where other factors are present as well.

The valley of the Dragonja river is one of the last ones in the Mediterranean, where natural or nature-like processes can still be studied today. There are no tourist facilities or marines in its mouth, the cultural landscape in the valley has retained the characteristics of extensive farming, while the impacts of urbanisation and consecutive pollution are still fairly moderate. Neither have there been any large-scale regulations carried out in the river's course and its tributaries. The Dragonja catchment has thus given us a possibility to assess the impacts of the antierosion measures and overgrowing of watershed on the water flow and river morphology.

The results of the analysis have shown that natural processes in the Dragonja catchment are quite distinct. In the

last 35 years some great changes have been noted particularly in the hydrological regime. It has been established that it is the forest vegetation that uses most of the water or causes such transpiration that there is increasingly less water in the Dragonja river. Primary vegetation has indeed begun to transform into a mature, more stable vegetable cover as far as water consumption is concerned, but with further overgrowing the trend of reduced flow rate would certainly continue.

The described trends are at this moment probably being brought to an end, or are transcending into a new cycle. To know these cycles is of prime importance when passing decisions concerning the development of this area. The programmes for its agricultural development are already known, as well as that vegetables and fruit are being grown in the valley with the aid of irrigation, and that plantations are being expanded on the slopes of the valley. The Dragonja catchment is still a potential source for the Slovene Littoral to be supplied with water. Construction of impounding reservoir(s) is still possible, although the gathered data and the carried out analysis of the river dynamics have shown that any additional taking of water from the Dragonja for the needs of irrigation is not justifiable as far as ecology is concerned. Namely, there is less and less water flowing in the riverbed. The strongest initiative at the moment is to protect the area as a landscape park, for it is of great value not only at the national level (sanctuary and habitat of rare animals, habitat of exceptional plants, efflux of the river on a Ramsar site, traditional land-use, unpopulated valley) but also at the international level (rare and still unpopulated and technically untouched Adriatic valley). Irrespective of the selected development initiative, the planned activities will have to consider the area's natural givennesses, especially the water regime. The fact is that the Dragonja is giving the character to the valley such as it is (or has been), while the development initiatives derive mostly from it. The dilemma of how to control the interventions in the river and its surroundings, however, will certainly not be the only one. Equally important will be to define the standpoint towards land-use in the entire catchment, particularly towards forest management and erosion prevention. As the erosion processes are extremely important for the morphological development of the bed and the riverine woodland, such processes should be preserved at least in the districts with no intensive urbanisation or farming.

Key words: hydrology, land use, erosion, Dragonja, nature protection, river sediments

VIRI IN LITERATURA

- Cunder, T., (1996).** Raba skupne in kmetijske zemlje v katastrskih občinah v porečju Dragonje. Aerofotointerpretacija. Kmetijski inštitut Slovenije.
- Globevnik, L., Fazarinc, R., Sovinc, A., (1995).** Desertification risk assessment and land use planning in a Mediterranean coastal area. Slovenian case: Dragonja river catchment. Peco 1993.
- Globevnik, L., (1998).** Analysis of river morphological and environmental changes with the integration of historical data and image processing. Modeling soil erosion, sediment transport and closely related hydrological processes. IAHS Publ. no. 249, 1998. p. 279-285.
- Globevnik, L., Sovinc, A., (1998).** Impact of catchment land use changes on river flows: the Dragonja River, Slovenia. Hydrology in a changing environment. Proceedings of the British hydrological society international conference, Exeter. Volume I. p. 525-533.
- Globevnik, L., Sovinc, A., Fazarinc, R. (1998).** Land degradation and environmental changes in the Slovenian Submediterranean, The Dragonja River Catchment. Geoökodynamik. XIX, p. 281-291.
- Geodetska uprava RS (GURS).** Ciklično aerosnemanje Slovenije v merilu 1:17500 iz leta 1971, 1975, 1985, 1994, 1996.
- Kaligarič, M., (1997).** Rastlinstvo Primorskega krasa in Slovenske Istre - travniki in pašniki. Knjižica Annales. Koper.
- Mestna občina Koper (MOK).** Digitalni ortofoto, 1996. Prostorski informacijski center.
- Meteorološki godišnjak II,** Padavine, SFRJ, Letna poročila za obdobje 1935-1985.
- Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano. (1993).** Gozdnogospodarski načrt gospodarske enote Istra 1990-1999.
- Ministrstvo za okolje in prostor - Hidrometeorološki zavod RS (HMZ). 1988.** Klimatografija Slovenije, Padavine 1951-1980, Drugi zvezek, Ljubljana 1988.
- Ministrstvo za okolje in prostor - Hidrometeorološki zavod RS (HMZ). 1995.** Klimatografija Slovenije, 1961-1990, Padavine, Ljubljana, 1995.
- Ministrstvo za okolje in prostor - Hidrometeorološki zavod RS (HMZ).** Meteorološki letopis Slovenije 1991, 1992, 1993, 1994.
- Ministrstvo za okolje in prostor - Hidrometeorološki zavod RS (HMZ), 1998.** Površinski vodotoki in vodna bilanca Slovenije. Ljubljana.
- Ministrstvo za okolje in prostor - Hidrometeorološki zavod RS (HMZ).** Podatkovna baza - arhiv.
- Ogrin, D. (1995).** Podnebje slovenske Istre. Knjižica Annales. Koper.

Orožen-Adamič, M. O. (1979). Geografske značilnosti poplavnega sveta ob Dragonji in Drnici. Geografski zbornik XIX, 1979.

Pavlin, B. (1991). Sodobne spremembe kmetijske rabe tal v izbranih obmejnih pokrajinskih enotah primorske Slovenije. Geographica Slovenica 22 II. Ljubljana.

Podjetje za urejanje hudournikov (PUH) (1971). Erozijska tal in hudourniki, Dragonja v slovenski Istri. Poročilo. Ljubljana.

Savnik, R. (1980). Krajevni leksikon Slovenije. DZS. Ljubljana.

Sovinc, A. (1998). Ptice doline Dragonje - deset let kasneje. Annales. 13: 81-90.

Stepančič, D., Lobnik, F., Ruprecht, J., (1985). Tla Slovenskega Primorja. Študija kompleksne vodnogospodarske rešitve za povodja pritokov obalnega območja. Vodnogospodarski inštitut. Ljubljana.

Vodnogospodarski inštitut (VGI), 1985. Študija kompleksne vodnogospodarske rešitve za povodja pritokov obalnega območja. C-461. Poročilo. Ljubljana.

Vodnogospodarski inštitut (VGI), 1987. Hidravlične modelne raziskave objektov za odvajanje visokih voda za dispozicijo vodne energije akumulacije Dragonja. Poročilo. Ljubljana.

Vodnogospodarski inštitut (VGI), 1988. Idejni načrt ureditve struge Dragonje, C-517, januar 1988. Ljubljana.

Vodnogospodarski inštitut (VGI), 1990. Vodnogospodarske osnove Slovenije. Ljubljana.

Vodnogospodarski inštitut (VGI), 1993. Pogoji sproščanja in transporta plavin, Program Voda in prostor, 1. faza. C-997. Poročilo. Ljubljana.

Wraber, T. (1987a). Rastlinski svet doline Dragonje. Smernice za načrtovanje posegov - Dragonja. Medobčinski zavod za varstvo naravne in kulturne dediščine. Poročilo.

Wraber, T. (1987b). Botanični utrinki iz doline Dragonje. Proteus. 49/ 6. s. 215-218.

Wraber, T. (1989). Rastline od Krasa do morja. CZ. Ljubljana.