

Оригинални научни рад
Radislav Tošić*

EROZIJA U REPUBLICI SRPSKOJ I BOSNI I HERCEGOVINI

Abstrakt: S obzirom na rasprostranjenost erozionih procesa u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini i njihovu kompleksnost, problem erozije nema samo poljoprivredni značaj, već se sve više ističu vodoprivredni i ekološki aspekti erozije problematike. Vodoprivredni aspekt se odnosi na transport i akumulaciju erozionog materijala koji ugrožava brojne vodoprivredne objekte, dok ekološki aspekt obuhvata fenomene koji su vezani za površinsko spiranje tla i za kvalitet vode u riječnim tokovima. U radu će se izvršiti osvrt na dosadašnja istraživanja erozije u Bosni i Hercegovini, te sagledati sadašnje aktivnosti u oblasti istraživanja procesa erozije. Iskustva brojnih istraživanja koja tretiraju ovu problematiku u svijetu, a u skladu sa dominantnim fizičko i društveno geografskim procesima današnjice, nameću potrebu odlučnijeg pristupa eroziji u cilju očuvanja prirodnih resursa i zaštite životne sredine.

Кljučне ријечи : Eroziја, транспорт и акумулација, природни ресурси.

Abstract: Considering dispersion of the erosion processes in Bosnia and Herzegovina and their complexity, the erosion problem doesn't have only agricultural importance, but also more and more the problem of water resource management and ecological aspect take their importance. The water resource management aspect connects to the transportation and accumulation of the erosion materials which jeopardize numerous water management related objects, while ecological aspect of erosion includes the phenomenon which are connected to surface erosion of the terrain and to the quality of water in the river flows. This paper will present the overview of previous research related to erosion in Bosnia and Herzegovina as well as survey current activities the erosion process research. Experiences of numerous researches treating this problem around the world, and according to predominant physical and social

* Dr Radislav Tošić, docent Prirodno – matematičkog fakulteta, Univerziteta u Banjoj Luci, M. Stojanovića 2, 78 000 Banja Luka, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina.

geographic processes nowadays impose the need of more determined access to the erosion for the purpose of preservation of natural resources and environmental protection.

Key words : Erosion, transport and accumulation, natural resources.

Uvod

Pored brojnih definicija eroziju zemljišta možemo definisati i kao odvajanje i translociranje dijelova zemljišta radom erozivnih agenasa sa svojih izvornih lokacija na novu lokaciju, gdje se otkinuti ili raspadnuti materijal taloži. Morfološke karakteristike erozije jasno se uočavaju u reljefu nekog geoprostora, a još je i Nill te tragove opisao kao „otiske prstiju“ koji svjedoče o postojanju erozivnih procesa. Pored vode, vjetra, i drugih erozionih agenasa, eroziju može izazvati intenzivno korištenje zemljišta: oranje, pretjerana ispaša, kao i nekontrolisana sječa šume. Ljudi su u eroziji prepoznali stvarni problem i počeli posmatrati eroziju kao prijetnju održivoj poljoprivrednoj proizvodnji i produktivnosti zemljišta. Da je ovaj problem od ranije prisutan svjedoče i saznanja nekih ranijih civilizacija koje su eroziju zemljišta posmatrale kao prijetnju razvoju poljoprivrede. Prema Bennett-u (1939) postojale su terase napravljene i prije Hrista da bi se sačuvala stabla maslina od erozije na Mediteranu (Benett, 1939). Loudermilk (1953) je otkrio da su poljoprivredne površine, koje su bile razvijene 10.000 godina p.n.e. u Mesopotamiji, preobražene u pustinju premještanjem pješčanih nanosa uzrokovanih ogoljavanjem šuma i erozijom zemljišta.

Njihova ravna zemlja je bila plodna, ali još jednom je zemljište popustilo pred nekontrolisanim iskorištavanjem i erozijom, te postalo neproduktivna pustinja.

Navedeni primjeri govore da problem erozije nije novijeg datuma, te da se njemu posvećivala velika pažnja i u prošlosti. Imajući to u vidu, a s obzirom na geološke, geomorfološke, hidrološke, klimatološke, biogeografske, društveno-geografske i druge specifičnosti prostora Bosne i Hercegovine, može se reći da erozija predstavlja naučni problem kojem se istraživači moraju ozbiljno posvetiti. Istovremeno, međutim, rješavanje problema vezanih za eroziju predstavlja i potrebu u cilju racionalnog korištenja resursa i održivog razvoja.

Geoprostor Bosne i Hercegovine se odlikuje prisustvom velikog broja bujica i površina pod erozijom. Preduslovi za razvoj ovih pojava i procesa su geološko-geomorfološke specifičnosti, pedološke i klimatološke karakteristike, te načini korištenja zemljišta i stanje šumskog fonda.

Bosnu i Hercegovinu odlikuju erozioni procesi različitih kategorija i intenziteta, ali i značajno prisustvo bujica. Od cjelokupne površine prostora Bosne i Hercegovine 89.01 % je zahvaćeno erozionim procesima različitih

kategorija, dok je bujičnim tokovima zahvaćena površina od 12 970 km² ili 25,4 % teritorije Bosne i Hercegovine¹.

Tabela 1. Stanje erozije po kategorijama prema Karti erozije SR Bosne i Hercegovine - 1979 - 1985 (Lazarević R., 1985).

| Kategorije erozije | Fe (km ²) | % od Fe | % od F |
|--------------------|-----------------------|---------|--------------|
| V kategorija | 36.016,83 | 79,03 | 70,34 |
| IV kategorija | 4.402,54 | 9,66 | 8,60 |
| III kategorija | 3.843,52 | 8,43 | 7,50 |
| I kategorija | 716,74 | 1,57 | 1,41 |
| II kategorija | 594,92 | 1,31 | 1,16 |
| Ukupno: | 45.574,55 | 100,00 | 89,01 |
| Akumulacija nanosa | 5.629,58 | - | 10,99 |
| Ukupno : | 51.204,13 | | 100,00 |

Kao direktna posljedica djelovanja erozionih procesa izdvajaju se produkcija i transport nanosa. Prema Karti erozije SR Bosne i Hercegovine produkcija nanosa iznosi 16,518.030,89 m³/god. ili 322,59 m³/km²/god, a transport nanosa 8,805.286,42 m³/god nanosa ili 193,21 m³/km²/god (Lazarević R., 1985). Predstavljeni rezultati stanja erozije, produkcije i transporta nanosa, nekontrolisana sječa šuma u proteklom periodu kao i činjenica da su na uređenju bujica i zaštiti zemljišta od erozije najviše realizovane tehničke mjere zaštite u koritima, te biotehničke mjere na svega 10 000 ha, nameću zaključak da problem erozije nije samo tehnički problem, već prije svega potreba društva u cjelini. Donošenje određenih mjera i njihova realizacija mora biti u skladu sa naučno - istraživačkim studijama koje su proizvod naučnog pristupa eroziji i tretiranja erozije kao naučnog problema, te potrebe Bosne i Hercegovine u cilju zaštite njenog prirodnog potencijala i očuvanja životne sredine.

1. Percepcija erozije u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini

Erozija zemljišta predstavlja opasnost za proizvodnju hrane, produktivnost zemljišta, površinsko oticanje, kvalitet vode, zasipanje akumulacija, estetske karakteristike pejzaža i dr. Prepoznavanje problema erozije zemljišta na globalnom nivou je privuklo pažnju naučnika, naročito u posljednjih nekoliko decenija. Mnogo je urađeno i postignuto u istraživanju i kontrolisanju erozije u svijetu, ali većina korištenih metoda je više rasvjetljavala i određivala gubitke zemljišta nego ukazivala na prostore koji su pogodni za razvoj erozivnih procesa.

¹ Ukupna površina SR Bosne i Hercegovine, prema statistici je 51.129 km². Međutim, planimetrisanjem sa TK 1:25 000 u toku izrade Karte erozije, po granicama preuzetih od Republičke geodetske uprave u Sarajevu, ta površina je iznosila 51.204,13 km², odnosno veća je za 75,13 km². Nastale razlike su svakako posledica tačnijeg merenja sa karte krupnog razmera.

Dakle, više su ulagani naponi u zaštitu zemljišta na prostorima koji su već pod izraženim erozionim procesima, nego naponi da se naučnim istraživanjima definišu potencijalni prostori za razvoj erozionih procesa i odrede načini korištenja prostora od čega u velikoj mjeri zavisi geneza i razvoj erozionih procesa. Iako je najveća pažnja posvećena istraživanju negativnih efekata erozije, ona ima i svoje pozitivne uticaje. Na primjer, deponovanje nanosa u aluvijalnoj ravni poboljšava kvalitet zemljišta usljed čega se produktivnost zemljišta na koja se deponuje materijal povećava. Takođe, pozitivan efekat ovog procesa je stvaranje ogromnih zaliha riječnog nanosa koji se tretira kao značajan prirodni resurs, odnosno građevinski materijal. Budući da su prirodni resursi ograničeni, nezaobilazan je racionalan pristup problemu erozije jer neodgovorno korištenje prirodnih resursa predstavlja lošu osnovu za ukupan društveno-ekonomski razvoj. Iako je proces erozije bio prisutan na našoj planeti i prije pojavljivanja čovjeka kao normalan geološki proces, on nije predstavljao opasnost kao što to danas predstavlja. Antropogena erozija je do sada nepovratno uništila 430 miliona hektara poljoprivrednog zemljišta, odnosno oko 30 % ukupnih obradivih površina naše planete. Prirodna produkcija nanosa prema poslednjim procjenama iznosi 9,9 milijardi tona godišnje, dok je antropogenim djelovanjem prouzročena 2,5 puta veća erozija ili produkcija nanosa od 26 milijardi tona godišnje (Lal, 1990). Van Camp (2004) u svojim istraživanjima upućuje na procjene da će do 2010. godine, ukoliko se ne pristupi mjerama i tehnikama zaštite od erozije, sa površina afričkog i azijskog kontinenta biti odnijeto oko 149 miliona hektara visokokvalitetnog zemljišta, što je s obzirom na broj stanovnika i potrebe za hranom krucijalan problem. Dakle, problem antropogene erozije proporcionalan je gustini populacije na pojedinim kontinentima (Van Camp et al. 2004). U skladu sa trendom ovog procesa, na što ukazuju prezentovani kvantitativni pokazatelji, brojne državne institucije problem erozije zemljišta sve češće stavljaju u prvi plan. Naravno, razlog je potpuno drugačiji pristup ovom problemu koji je nekad tretiran samo kao proces nepovratnog gubitka plodnog zemljišta. Danas, u svjetlu novih društveno-ekonomskih procesa, problem erozije zemljišta posmatramo sa vodoprivrednog i ekološkog aspekta. Vodoprivredni aspekt erozije zemljišta je daleko poznatiji, vezan je za transport nanosa u riječnim tokovima, odnosno za problem akumulacije. Budući da erozioni proces u slivu prevazilazi transportnu snagu vodotoka dolazi do zasipanja vodoprivrednih objekata od kojih su akumulacije najugroženije. Međutim, ekološki aspekt problematike erozije i nanosa manje je poznat. Erozijska zemljišta ima novu „dimenziju“ jer je erozivni materijal sa poljoprivrednog zemljišta koje je pripremljeno za sjetvu ili je površina zasijana, obogaćen velikom količinom nitrata i pesticida. Unošenjem u vodotoke postojeći nitrati i pesticidi smanjuju upotrebnu vrijednost vode u konvencionalne svrhe, a u vodotocima uslovljavaju promjene biološke ravnoteže. Dakle, erozivni materijal predstavlja medij kojim se prenose hemijske materije nastale u procesu prihranjivanja zemljišta za poljoprivrednu proizvodnju, ali i u prirodnim procesima raspadanja. Još jedan problem koji postoji, a kojem se veoma malo pažnje posvećuje u Bosni i Hercegovini jeste percepcija poljoprivrednika o

eroziji zemljišta. U toku terenskog istraživanja koje je sprovedeno u posljednje četiri godine na teritoriji Bosne i Hercegovine u projektu Kartiranje intenziteta mehaničke vodne erozije, pokazalo se da gotovo nijedan poljoprivrednik ne prepoznaje pojavu deplesija, erozivnog pločnika, denudacionih terasa i brazdica, kao erozivnih oblika površinske vodne erozije. U anketi koja je provedena na terenu utvrđeno je da su oni svjesni većih brazda i vododerina, što je i razumljivo jer su one veoma uočljive u prostoru. Vododerine se iz tog razloga smatraju najopasnijim i najgorim oblikom erozije, pa su i poslovi na zaštiti zemljišta koje sprovodi individualni proizvođač usmjerene upravo na vododerine i jaruge. Gubitak kvalitete zemljišta prouzrokovan površinskom vodnom erozijom često ostaje neprimijećen, ili se razlozi u gubitku kvaliteta zemljišta vide u drugim uzrocima kao što su preveliko iskorištavanje zemljišta, suša ili desertifikacija. Neophodno je, dakle, podići svijest o tome kakvi sve erozivni procesi postoje, kako ih prepoznati, te kako ih spriječiti ili umanjiti njihove negativne efekte. Pored navedenog, problem koji je dugo okupirao naučnu javnost je pitanje matičnosti, odnosno, da li se problemom erozije i bujica trebaju baviti šumarski ili hidrotehnički inženjeri. U svjetlu problema koji su vezani za bujice i proces erozije, a koji su dobrim dijelom vezani za uništavanje šuma i krčenje šumskih površina, te za specifičan način korištenja prostora, problem erozije i bujica pronašao je svoje mjesto unutar djelokruga šumarskih inženjera. Međutim, geomorfologija s obzirom na svoju definiciju, odnosno definiciju po kojoj je „geomorfologija nauka o tektonskim i erozionim procesima i oblicima stvorenim njihovim radom“, zapravo plebira da sa mjesta „matične nauke o eroziji postane stvarna nauka o eroziji, odnosno njena teorijsko-praktična okosnica“ (Lazarević, 2000). S obzirom da su šumarski inženjeri u najvećoj mjeri usmjereni na probleme projektovanja u oblasti erozije i bujica, geomorfolozi ostaje širok prostor djelovanja na polju naučno-istraživačkog rada jer za analizu primarnih faktora erozije od kojih zavisi erozioni proces, geomorfolozi imaju s obzirom na obrazovanje i stručno usavršavanje najpotpuniju stručnu i naučnu podlogu. Naravno, to ne isključuje ostale discipline koje se bave erozijom zemljišta, ali geomorfologiji ostavlja širok prostor djelovanja, jer niko tako koncizno ne izučava endogene i egzogene procese i rezultate njihovog djelovanja. U prilog tome, govori i činjenica da i pored značajnog učešća inženjera šumarske struke, Kartiranje intenziteta mehaničke vodne erozije ipak obavljaju geomorfolozi, odnosno Kartu erozije SR Srbije, Kartu erozije SR Bosne i Hercegovine, Kartu erozije slivova na teritoriji SR Hrvatske, te Kartu erozije Republike Srpske uradili su geomorfolozi.

2. Istorijat proučavanja erozije na prostoru Republike Srpske i Bosne i Hercegovine

Pažnja posvećena problemu erozije u Evropi i svijetu dokumentovana je kroz brojne istorijske zapise, zabilješke i radove koji, poput rada inženjera Fabrea kao glavnog inženjera u okrugu Vor, upućenog Francuskoj akademiji nauka pod naslovom „Essai sur la theorie des torrents, et des rivieres“, predstavljaju pisane dokumente koji su upozoravali na štete koje uzrokuju bujični tokovi i erozija.

Autor u svojoj preporuci akademiji nauka 1797. godine, ukazuje na uzroke koji su doveli do pojavljivanja bujica, a kao osnovne uzroke navodi neracionalno korištenje šuma, pa čak i neracionalnu ispašu koju su vršile koze. Nešto kasnije, Francusku su zahvatile velike bujične poplave čije su štetne posljedice i stradanja stanovnika, zahtijevale organizovaniju borbu protiv erozije i bujica. Godine 1872., A. Surell je izdao knjigu pod naslovom „Studija o bujicama visokih Alpi“ i u njoj iznio osnovna načela organizovane borbe protiv bujica, ali sa posebnim naglaskom na racionalnu politiku očuvanja šuma na padinama Alpa, što je tek 1886. godine i prihvaćeno kao osnovna strategija borbe protiv bujičnih tokova i erozije. Dakle, studija o ovoj problematici bilo je sve više s obzirom na probleme koji su znatno otežavali život ljudi u oblastima gdje su ove pojave i procesi dominirali. Problemima erozije i bujica bavili su se i drugi narodi Evrope, a kao primjer treba navesti da je Austrija 1984. godine proslavila sto godina organizovanog rada u oblasti erozije i bujica (Čavar, 2008).

Istorijat proučavanja i rada u oblasti erozije i bujica na teritoriji Bosne i Hercegovine može se pratiti uporedo sa istorijatom organizovanog rada na ovom polju na prostoru nekadašnje Jugoslavije. Organizovani pristup problemu erozije i bujica veže se za Ministarstvo poljoprivrede i voda i Ministarstvo šuma i rudnika i banskih uprava. Od imena koja treba posebno naglasiti su ing. Dimitrije Afanasijev koji je obavljao dužnost šefa Odsjeka za bujice pri Banskoj upravi u Sarajevu u ing. Sergije Lazarev koji je obavljao dužnost odgovornog lica za uređenja bujica u Šumarskom odsjeku Banske uprave u Banja Luci. Poslije Drugog svjetskog rata problemu erozije i bujica posvećuje se posebna pažnja, organizuju se bujičarsko-erozione službe koje su u tom periodu imale značajnu ulogu u fazi izgradnje velikih akumulacija koje su se gradile na prostoru Bosne i Hercegovine (Čavar, 2008). Sa aspekta istraživanja u oblasti erozije i bujica, a ne samo projektnog rada u oblasti erozije i bujica, moguće je izdvojiti nekoliko perioda.

Prvi period, u kojem se ovoj problematici posvećuje pažnja, vezuje se za početak sedamdesetih godina prošlog vijeka, odnosno za istraživanja prof. ing. Sergija Lazareva i ing. Vojislava Lubardića koji u studiji Zavoda za vodoprivredu iznose podatke o stanju erozije i broju bujica u BiH. Prema ovoj studiji iz 1970. godine od ukupne površine SR Bosne i Hercegovine, erozijom je zahvaćeno 40 392 km² ili 79 %, dok je ukupna produkcija nanosa iznosila 21 387 m³/god ili 417 m³/km²/god. Registrovano je 927 bujica, koje su zauzimale 12 883 km² ili 25 % površine SR Bosne i Hercegovine (Lazarević, 1985).

Drugi period u kojem se ovoj problematici posvećuje značajnija pažnja vežemo za kraj sedamdesetih godina i početak osamdesetih u kojem je inicijator izrade Karte erozije za prostor Bosne i Hercegovine ing. Sergije Lazarev, savjetnik u Upravi za vodoprivredu SR Bosne i Hercegovine. Nakon brojnih konsultacija sa prof. dr Radenkom Lazarevićem koji je u saradnji sa kolegama sa Instituta za šumarstvo i drvnu industriju Beograd vodio izradu Karte erozije SR Srbije, godine 1979. započinje izrada Karte erozije SR Bosne i Hercegovine. Izrada Karte erozije Bosne i Hercegovine, od pripremnih do završnih radova trajala je od 1979-1985. godine, od čega je punih šest godina trajalo terensko

kartiranje i obrada materijala. Karta erozije Bosne i Hercegovine urađena u razmjeri 1 : 25 000 predstavljala je strateški dokument, odnosno osnovu brojnim projektima koji su posredno ili neposredno vezani i za problem erozije i nanosa.

Treći period u kojem se ovoj problematici ponovo posvećuje pažnja vezujemo za 2004. godinu kada se u organizaciji Zavoda za vodoprivredu Bijeljina, odnosno pod idejnim i organizacionim vodstvom mr Uroša Hrkalovića i mr Branislava Blagojevića počinje raditi na prikupljanju podataka o Karti erozije SR Bosne i Hercegovine, uništenoj u periodu 1992-1995. godine i izradi Programa za revitalizaciju i izradu Karte erozije Republike Srpske. Problem erozije i bujica na teritoriji Republike Srpske nije posmatran samo kao tehnički problem, već kao proces koji je s obzirom na položaj Republike Srpske i slivova na njenoj teritoriji, neophodno pratiti radi donošenja brojnih administrativnih i zakonskih mjera, u cilju zaštite zemljišta od erozije, ali i korita rijeka čija se ušća nalaze na teritoriji Republike Srpske. U tom smislu, preduzete su brojne aktivnosti kako bi se senzibilizirala stručna javnost, a posebno onaj dio stručne javnosti koji je vezan za vodoprivredu (Tošić, 2007).

3. Metodološki pristupi istraživanja erozije u svijetu i na prostoru Republike Srpske i Bosne i Hercegovine

U svijetu danas postoje brojne metodologije za istraživanje erozije zemljišta, a rezultati tih metodologija pružaju različite mogućnosti u smislu njihovog funkcionalnog korištenja.

Prema Bayer-u (1939), nosilac prvih naučnih istraživanja erozije bio je njemački naučnik, pedolog Wollny između 1877. i 1895. godine. Prva organizovana naučna istraživanja započela su u Sjedinjenim Američkim Državama, kada su institucije vlade definisale oficijalnu politiku zaštite zemljišta. Rezultati eksperimenata prvi put su objavljeni 1923. godine, a dugogodišnja istraživanja obuhvatala su samo istraživanja polja. Prvo detaljnije istraživanje uticaja kiše izvršio je Laws 1941. godine, dok je prve analize mehaničkog uticaja kišnih kapi izvršio Ellison 1944. godine i tako postao prvi istraživač koji je shvatio da su padajuće kišne kapi jedinstven fizičko-geografski faktor. Ellison-ov koncept se smatra pretečom za diferenciranje erozije na linijsku i površinsku.

Prvi matematički izraz za izračunavanje erozijskog nanosa definiše Cook (1936), dok Zingg (1940) ispisuje jasnije upute za upotrebu te jednačine pri primjeni konzervacijskih načina obrade zemljišta. Smith (1941) je predstavio koncept dopuštenog gubitka zemljišta i procijenio uticaj faktora načina korišćenja zemljišta kao i uticaj mehaničke zaštite od erozije. Smith i Whitt (1947) dopunjuju Zingg-ovu jednačinu novim vrijednostima vezanim za: upravljanje tlom, djelovanjem biljnog pokrivača, te različitim načinima obrade. Musgrave (1947) radi na istraživanjima u kojima uzima u obzir erodibilnost različitih zemljišta, te uticaj usjeva u plodoredu na erodibilnost zemljišta. Browning (1947) i njegovi saradnici istražujući erodibilnost pedološkog pokrivača procijenili su uticaj izmjene načina korišćenja zemljišta i

pravovremenog upravljanja erozijom i time stvorili uslove za uvođenje Browingowih pokazatelja koji se sastoje od tabela i grafika na osnovu kojih je bilo moguće izračunati eroziju vodom. Zapravo, prvu verziju prognostičke jednačine pod imenom USLE (Universal Soil Equation - Wischemier i dr. 1958) za prognozu erozije zemljišta vodom dali su stručnjaci iz USDA (The United States Department of Agriculture), Službe za zaštitu zemljišta američkog ministarstva poljoprivrede i to na osnovu empirijskih istraživanja koja su trajala nekoliko desetljeća. Ova jednačina je nastala kao produkt podataka sakupljenih sa 10 000 pokusnih parcela na 47 reprezentativnih lokacija u istočnim dijelovima Sjedinjenih Američkih Država.

Različiti modeli razvijeni su na bazi USLE, podešeni različitim zahtjevima u periodu kasnih 1980-ih i ranih 1990-ih godina. Primjeri ovih modela su: SLEMSA – (Soil Loss Estimation Model for Southern Africa) (Elwell, 1981) u Južnoj Africi, INDEROSI (Gnagey, 1991), u Indoneziji i SOLOSS (Rosewell, 1993) u Australiji. Poboljšanja u postojećim modelima istraživanja procesa erozije sve su više napredovala, Mayer i Wischrmeier (1969) došli su do novih spoznaja o erozionom procesu na osnovu kojih su Foster i njegovi saradnici razvili novi model CREAMS (1980), dok se u Evropi u isto vrijeme razvijao EUROpen Soil Erosion Model (EUROSEM). Poučeni iskustvima USLE jednačine Renard i dr. (1989 i 1997) razvili su RUSLE model koji se odlikovao promjenama vezanim za tipologiju zemljišta zapadnog dijela SAD, ali i promjenama koje su bile vezane za vrijednost pokazatelja erodibilnosti zemljišta. Nedugo potom, jednačina USLE prilagođena je i uslovima korištenja u Njemačkoj i tako se 1987. godine pojavljuje nova jednačina pod nazivom MUSLE (Modifizierte USLE). Model WEPP (Water Erosion Prediction Project) razvio se kombinacijom USLE i CREAMS modela, glavnu primjenu imao je u procjeni erozije na manjim slivnim površinama koje su po prvi put tretirane kao održive jedinice korištenja prostora. Pored navedenih prognostičkih modela erozionog procesa važno mjesto zauzima CORINE (Co-ordination of Information on the Environment - CORINE 1992), SEMMED (Soil erosion Model of Mediterranean Areas - Morgan 1995), naravno i druge koje su razvijene u proteklih desetak godina i čija je primjena dala odlične rezultate na području Evrope. Navedeni modeli i brojne metodologije istraživanja erozionih procesa razvijane su u namjeri da se omogući prostorno i vremensko modeliranje erozionog procesa, uključujući proces spiranja, transporta i akumulacije nanosa (Tošić, Blagojević, 2008).

Većina modela pokazala je dosta uspješnosti na prostorima gdje su i nastali obrasci za njihovo istraživanje, ali već u drugim fizičko - geografskim uslovima njihova efikasnost je izostala. Dakle, tradicionalne metode za izračunavanje erozije zemljišta, u koje sa pravom možemo svrstati model Univerzalne jednačine gubitka zemljišta (USLE) i Gavrilovićevu metodu kvantitativne klasifikacije erozije iz koje je poslije razvijena i Metoda potencijala erozije (MPE), dobra su osnova za istraživanje erozionih procesa, ali i osnova za razvoj brojnih prognostičkih modela.

Najkompleksnija istraživanja na prostoru bivše Jugoslavije prema nekoj od metodologija započela su davne 1966. godine u Institutu za šumarstvo i drvnu industriju po koncepciji R. Lazarevića. Metodologija erozivnih parcela, kojom su u Institutu za šumarstvo i drvnu industriju Beograd po koncepciji dr R. Lazarevića vršena istraživanja intenziteta mehaničke vodne erozije, primjenjivala se na parcelama različitih dimenzija sa namjerom da se utvrdi produkcija nanosa sa tih parcela. S obzirom da vodna erozija zavisi od velikog broja faktora čiji je uticaj različit, izvršena je diferencijalna genetska analiza fizičko-geografskih faktora: klime, geološkog i pedološkog sastava, reljefa, te načina iskorištenja zemljišta, koji kao primarni faktor intenziteta erozije utiče na pojavu vodne erozije. Uvažavajući genetsku diferencijaciju navedenih faktora stvorena je osnova za postavljanje mreže eksperimentalnih stanica za ispitivanje intenziteta vodne erozije. Pored eksperimentalnih stanica na teritoriji SR Srbije, postavljene su i eksperimentalne stanice na teritoriji SR Bosne i Hercegovine i to ogleđna stanica „Radoblja“ - Radoblja i eksperimentalna stanica „Snagovo“ - Snagovo.

Eksperimentalna istraživanja prema opisanoj koncepciji, omogućila su da se nakon dugogodišnjeg perioda osmatranja, formuliše jednostavna jednačina erozije, koja se veoma uspješno može primjeniti i u drugim oblastima sa sličnim fizičko-geografskim uslovima. Sliv koji je predmet istraživanja potrebno je svesti na parametre koji su bili relevantni na eksperimentalnoj stanici, a zatim iz tabela koje su produkt eksperimentalnih istraživanja pročitati parametre i koristiti ih u kartiranju intenziteta mehaničke vodne erozije. Na temelju ovih istraživanja i rezultata koji su proizvod veoma konciznog eksperimentalnog istraživanja, prihvaćena je empirijska metodologija S. Gavrilovića i dopunjene i izmjenjene tablice za određivanje parametara koje ulaze u sastav obrasca za proračun koeficijenta erozije i novi postupak za određivanje koeficijenta erozije R. Lazarevića kao osnova za kartiranje intenziteta erozije na prostoru SR Bosne i Hercegovine. Dakle, kartiranje intenziteta mehaničke vodne erozije zasnovano je na određivanju osnovnih parametara od kojih zavisi proces erozije, ali i na njihovom dimenzioniranju kako bi se proračunao intenzitet mehaničke vodne erozije i bilansirao erozioni materijal koji se gubi iz sliva. U tom smislu, na terenu se određuju koeficijent otpora zemljišta od erozije, koeficijent zaštićenosti zemljišta od atmosferalija i koeficijent vida erozije za svaku erozionu parcelu. Po završetku terenskog rada slijedi određivanje koeficijenta erozije za svaku erozionu parcelu kojoj su određeni navedeni parametri. Poslije prikupljanja podataka na terenu i njihove obrade slijedi izrada Karte erozije koja sadrži 11 intenziteta erozije podijeljenih u pet kategorija i jedan intenzitet akumulacije nanosa. Karta erozije urađena ovom metodologijom krucijalan je dokument o stanju erozije određenog „perioda“ posmatranja, a kao takva predstavlja jedinstvenu tematsku kartografsku podlogu urađenu na topografskoj podlozi razmjere 1 : 25 000 što je uz predočenu metodologiju jedna od njenih najvećih vrijednosti.

4. Postojeće stanje u oblasti istraživanja erozije na prostoru Republike Srpske i Bosne i Hercegovine

Trenutna dostignuća u tehnologiji geografskih informacionih sistema omogućuju formiranje modela i predstavljanje realnog okruženja u računarskim prostornim podacima, pomoću kojih oni mogu biti pohranjeni, analizirani i prikazani. Korištenje geografskih informacionih sistema uključuje i analize korištenja zemljišta, modelovanje erozije kao i modelovanje životne sredine. Dakle, jedan od brojnih GIS-ovih naučnih zadataka je i izdvajanje značajnih informacija iz beskonačno kompleksnih međuodnosa prirodno-geografskih pojava i procesa, jer GIS pruža postepenost i postavljanje hijerarhije analize realnog okruženja upravo onako kako mi to zahtijevamo. Modelovanje uključuje izdvajanje i pojednostavljenje geografskih varijabli i uspostavljanje njihovih odnosa bilo kao zasebnih objekata u nekom budućem prostoru ili pomoću funkcionalnih algoritama ili procesa međuodnosa za uspostavljanje veza i dobijanje pojedinačnog željenog rezultata. Stoga, prostorni modeli mogu biti ostvareni izvan GIS-a ili povezani sa GIS-om bilo u širokoj ili uskoj vezi. Upotrebu geografskih informacionih sistema u kartiranju intenziteta mehaničke vodne erozije moguće je dvojako posmatrati. Prvo, geografski informacioni sistemi mogu se koristiti kao alat za prikupljanje i vizualizaciju podataka, te drugi aspekt, u kojem se geografski informacioni sistemi mogu posmatrati kao baza podataka koja omogućuje skladištenje podataka, njihovo ažuriranje, mogućnost poređenja sa drugim podacima, kao i osnovu da se kroz izradu tematskih slojeva i korištenjem funkcije preklapanje slojeva, dođe do tematske podloge Karte erozije. Shodno tome, korištenje geografskog informacionog sistema olakšava postupak kartiranja jer se korištenjem usvojenih lejera geografskog informacionog sistema, koji sadrže brojne prostorne podatke, sam postupak skraćuje, pojednostavljuje i time povećava preciznost i kvalitet kartografske podloge.

Primjena geografskog informacionog sistema pojednostavila je postupak kartiranja u segmentu određivanja parametara na terenu jer se korištenjem tematskih slojeva geografskih informacionih sistema parametri mogu lako definisati za bilo koji dio površine koju kartiramo. Međutim, daleko važniji aspekt geografskog informacionog sistema je kreiranje baze podataka u koju se unose svi podaci, odnosno novi parametri koji će omogućiti definisanje koeficijenta erozije za svaku erozionu parcelu.

Metodološki pristup u pomenutoj metodologiji R. Lazarevića bazira se na analizi erozivnih procesa koji su istraživani na oglednim parcelama, da bi se dobijeni podaci potom mogli ekstrapolirati na mnogo veće prostorne jedinice kao što je slivno područje. U većini slučajeva je pretpostavljeno da se erozivni procesi odvijaju uniformno, bez obzira o kojoj prostornoj jedinici je riječ, pa su zbog toga podaci dobijeni istraživanjem jednog područja bili primjenjeni i na druga područja gdje istraživanja i prikupljanja podataka nije ni bilo, ali gdje su fizičko-geografski uslovi isti kao i na parcelama gdje je vršeno eksperimentalno istraživanje. Naravno, to je razlog zašto su podaci koji su dobijeni na oglednim

parcelama korišteni i prilikom proučavanja erozivnih procesa u nekim slivovima. Pojedini autori koristili su USLE formulu da bi modelirali erozivne procese na pojedinim površinama, iako su autori formule (Wischmeier i Smith) govorili da se to ne treba činiti jer je uočeno da dolazi do pogrešaka u proračunima prilikom korištenja ove formule i izračunavanja stepena erozije zemljišta izvan prostora gdje je za parametre ove metodologije vršeno eksperimentalno istraživanje. Svakako da postoji mogućnost primjene ove formule (USLE) i to za proračun gubitka zemljišta sa poljoprivrednih površina, ali tek nakon što se parametri koje treba uvrstiti u ovu formulu prilagode podneblju u kojem se misli primijeniti ova metodologija i formula za izračunavanje gubitka zemljišta sa topografske površine. Dakle, ova je metoda ograničena na poljoprivredne površine i daje pouzdane podatke o gubicima zemljišta i hranjivih materija, na terenima sa padom topografske površine manje od 15 %, ali uz napomenu da se za njeno korištenje moraju prethodno prilagoditi parametar erozivnosti kiše, parametar erodibilnosti tla, parametar dužine i nagiba topografske površine, parametar vegetacijskog pokrivača i prirodne zaštite tla, te parametar mjera i zaštite tla od erozije. Zbog obimnog posla koji je dobrim dijelom vezan za laboratorijske analize tla, te statističke obrade intenziteta padavina urađeno je samo nekoliko pedoloških karata sa potpunim podacima potrebnim za USLE metodu, međutim, svaka simplifikacija ove metodologije neminovno dovodi do grubih grešaka koje rezultiraju vrijednostima i do 2,5 puta većim nego što to prikazuju mjerenja gubitka nanosa na određenim referentnim profilima. U tom smislu, nastojanja da se ova metodologija primjeni za proračun globalne erozije, a ne samo za proračun produkcije i gubitka nanosa sa poljoprivrednih površina nije uspjela, jer proračuni produkcije nanosa sa topografske površine i transport nanosa u vodotocima, te mjerenja koja su vršena na nultim profilima (akumulacije - Jablanička, Zvornička i dr.) nisu dala zadovoljavajuće rezultate tačnosti koje bi praksa mogla prihvatiti. Iz tih razloga, a s obzirom na činjenicu da na prostoru Bosne i Hercegovine ne postoje eksperimentalne stanice i rad na eksperimentalnom istraživanju intenziteta erozije, kao ni izražena percepcija potrebe naučno-istraživačkog rada u oblasti kartiranje intenziteta mehaničke vodne erozije, R. Tošić (2002-2008) radi na unaprijeđenju metodologije kartiranja intenziteta erozije R. Lazarevića. Osnovna namjera je da se naučna i stručna javnost dodatno senzibilizira za problem erozije, koji s obzirom na vrijednosti intenziteta erozije, produkcije i transporta nanosa prema posljednjoj Karti erozije SR Bosne i Hercegovine predstavlja ne samo naučni problem već i potrebu Bosne i Hercegovine u smislu racionalnog korištenja prirodnih resursa i održivog razvoja.

Predložena metodologija kartiranja erozije R. Lazarevića, unaprijeđena korištenjem geografskih informacionih sistema, u osnovi je ista kao i metodologija izrade Karte erozije SR Bosne i Hercegovine, s tim što je tehnološki pristup samom procesu kartiranja erozije i obrade materijala u najvećoj mjeri izmijenjen. Ovako definisana metodologija korištena je prilikom izrade Karte erozije Republike Srpske (2004-2008) u namjeri da se podaci do kojih se dolazi u izradi nove Karte erozije mogu porediti sa podacima sa

zapisnika kartiranja erozije u periodu 1980-1985 koji su sačuvani. Poređenjem podataka do kojih se dolazi tokom novog kartiranja i podataka koji su sačuvani u zapisnicima ostvaruje se uvid u karakter erozionog procesa koji je veoma važan pokazatelj prirode samog erozionog procesa u različitim fizičko-geografskim uslovima. Saznanja do kojih se došlo tokom kartiranja slivova na teritoriji Republike Srpske nemaju samo praktični već i naučni značaj, jer predstavljaju osnovu za eroziono modeliranje koje se može koristiti kao mjera predviđanja i upravljanja erozionim procesima i to posebno u segmentu integralnog upravljanja erozijom i nanosom, te u segmentu upravljanja rizikom od erozije. Stoga je ovakav pristup rezultirao novom Kartom erozije urađenoj u GIS okruženju, što podrazumijeva erozionu bazu podataka i brojne mogućnosti koji proističu iz GIS aplikacija. Primjena savremenih tehnoloških dostignuća u ovom dijelu kartiranja intenziteta erozionih procesa, te rezultati tog geomorfološkog rada postali su dostupni brojnim strukama: od hidroinženjera, preko prostornih planera, šumarskih inženjera, agronoma, te stručnjaka iz oblasti zaštite životne sredine, do svih onih struka kojima su podaci o geografskom prostoru i geomorfološkim procesima nezaobilazni dio u istraživanju i projektovanju. Zato, postojeće stanje naučno-istraživačkog rada u oblasti erozije možemo okarakterisati kao zadovoljavajuće, poredeći ga sa zemljama u okruženju, ali moramo aktivnije raditi na uključivanju svih naučnih disciplina koje tretiraju ovu problematiku u razvoj novog metodološkog pristupa koji će najbolje odgovarati specifičnostima prostora Bosne i Hercegovine, a one su sa aspekta fizičko - geografskih i društveno - geografskih karakteristika jedinstvene na našoj planeti.

5. Zaključna razmatranja

Buduća istraživanja erozije i erozionih procesa ne samo da su neophodna za sticanje novih naučnih i stručnih saznanja ove problematike, već su potrebna i zbog širokog spektra primjene ovih saznanja u praksi. Takođe, posebnu pažnju treba posvetiti upotrebi savremenih tehnologija i metoda u istraživanju erozije i uključivanju različitih profila u istraživački proces, što u krajnjoj instanci omogućava lakše i kvalitetnije sakupljanje podataka, te modeliranje i praćenje erozionih procesa. Pored jasnog definisanja područja koja su već pogođena erozijom, naročito je važno definisati područja u kojima erozija potencijalno može predstavljati veliki problem. Značaj ovih saznanja za Bosnu i Hercegovinu je veliki zato što pruža mogućnost adekvatnijeg korištenja prostora i prirodnih resursa, te sprovođenje preventivnih mjera koje su mnogo jeftinije i svrsishodnije od korektivnih.

6. Literatura i izvori

1. Bennett, H.H. (1939) : Soil Coversion, Mc Graw - Hill, New York, NY. U.S. A.
2. Lowdermilk, W.C. (1953): Conquest of the land through seven thousands years. SCS
Agricultural Information Bulletin 99., Washington.
3. Lal, R. (1990): Soil Erosion and Land Degradation, The Global Risks, Advances in Soil Scienece, Soil Degradation, pp. 130 -170.
4. Van Camp et all. (2004), Reports of the tehcnical working groups established under the thematic strategy for soil protection, Eur 21319EN/2 pp. 872.
5. Middleton, N. Thomas, D. (1997): World Atlas of Desertification, Published for UNEP by Arnold Publ. 2 nd edition, London, pp.182.
6. Stott D.E., Mohtar R. H., Steinhart G. C. (2001): Sustaining the global farm. International soil conseravtion organization meeting - held May 24 - 29 1999 at Purdue.
7. Lazarević R., (1985): Karta erozije SR Bosne i Hercegovine, RO "Vodoprivreda" BiH - Sarajevo, Institut za šumarstvo i drvnu industriju Beograd, Beograd, pp. 2 - 43.
8. Lazarević R., (2000): Geomorfologija, Prirodno - matematički fakultet Banja Luka, Banja Luka, pp. 11-24.
9. Čavar B., (2008): Kraći istorijski prikaz borbe protiv erozije i bujičnih nepogoda, Časopis Agencije za vodno područje rijeke Save Sarajevo br. 60, Sarajevo, pp. 32-42.
10. Tošić R., (2007): Problem erozije i upravljanje nanosom u Republici Srpskoj, Zbornik radova sa naučnog skupa " Srbija i Republika Srpska u regionalnim i globalnim procesima",
Beograd - Banja Luka, pp. 221 - 228.
11. Tošić R., (2006): Erozija u slivu rijeke Ukaine, Geografsko društvo Republike Srpske, Banja Luka.
12. Tošić R., (2007): Erozioni procesi u slivu akumulacije Drenova, Glasnik Geografskog društva Republike Srpske, br. 10, Banja Luka.
13. Tošić R., (2007): Bilans nanosa u slivu rijeke Ukaine, Glasnik Geografskog društva Republike Srpske, br. 10, Banja Luka.
14. Tošić, R., Petrović, D., (2007): Digitalni visinski model u geomorfološkim analizama, Glasnik Geografskog društva Republike Srpske br. 11., Banja Luka.
15. Tošić R., (2007): Geomorfološka baza podataka i njena primjena u kartiranju erozije, Međunarodni naučni skup " Srbija i Republika Srpska u regionalnim i globalnim procesima ", Trebinje, 2007.
16. Tošić, R., Hrkalović. D., (2006): Geografski informacioni sistem i njegova primjena u hidrologiji, Zbornik radova "Prvi međunarodni kongres Ekologija, zdravlje, rad, sport ", Banja Luka.
17. Tošić R., Blagojević B., (2008): Savremene tehnologije u istraživanju erozionih procesa, Zbornik radova "Drugi međunarodni kongres Ekologija, zdravlje, rad, sport", Banja Luka.

Summary

Research of erosion processes in the future are necessary not only because new scientific knowledge's, but because these knowledge's can be applied in many ways. Special attention should be usage of modern technologies and involving different scientific fields in the research process. This would make data collection process, modeling and exploration of the erosion processes much easier. Although it's necessary to define regions where erosion is present, it is even more necessary to clearly define regions where erosion has potential to become real problem. This kind of approach and knowledge is particularly important for Bosnia and Herzegovina because it provides the possibility to use natural resources and space more adequately. On the other hand, these knowledge's give us opportunity to take preventive actions which are cheaper and more useful than corrective actions.