

FAKTORI EROZIJE I NJIHOV KVANTITATIVNI UTJECAJ NA PROCESSE ODNOŠENJA TLA

I FAKTORI POSTANKA I DJELOVANJA EROZIJE

Prema H. E. Middletonu (16), eroziju možemo definirati kao »odnošenje površinskih slojeva zemlje utjecajem vode, vjetra ili drugih geoloških činilaca, uključivši i geološka sklizanja.

Samu eroziju možemo podijeliti u dvije osnovne grane:

- geološku (prirodnu, normalnu) eroziju,
- ubrzanu eroziju, spoјenu sa djelatnošću čovjeka na prirodni pokrov ili svojstva tla, a uzrokovanu prvenstveno vodom i vjetrom.

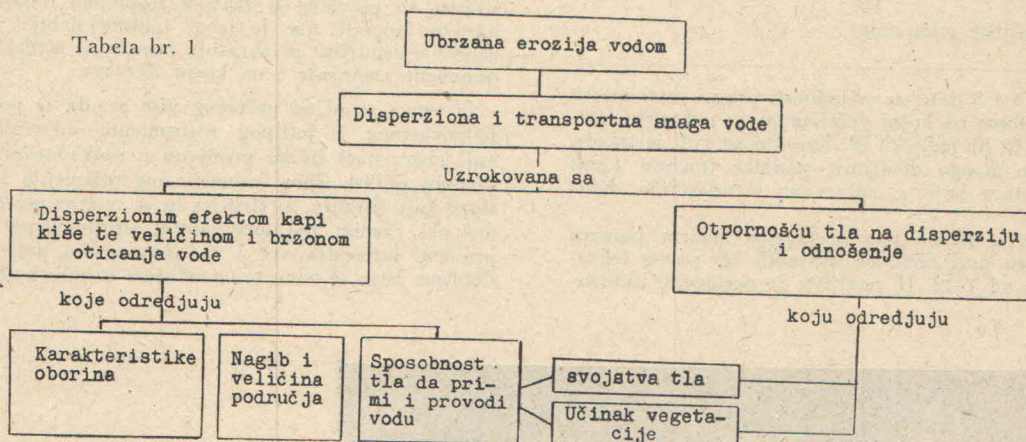
1. Klima

U ovom slučaju klimatske prilike moramo promatrati sa gledišta njihovog učinka na proticajne količine vode po površini tla niz padinu. Najveći učinak imaju raspored, količina i intenzitet oborina, jakost i čestina vjetra te temperaturni odnosi.

Podaci o srednjem dnevnom intenzitetu oborina za područje NRH vidljivi su iz tabele br. 2.

Iako su za eroziono odnošenje tla mnogo važniji podaci intenziteta oborina izraženih na sat, ipak i ovi podaci

Tabela br. 1



A. Erozija vodom

Neki osnovni podaci ubrzanе erozije uzrokovane vodom vidljivi su šematski u tabeli br. 1 (2)

Prema navedenoj šemi, osnovni faktori erozije uzrokovane vodom su klima, tlo, vegetacija i reljef. Međutim, tu treba još dodati i aktivnost čovjeka.

srednjeg dnevnog intenziteta daju opću usporedbenu sliku pojedinih krajeva i pojedinih mjeseci. Potrebno je napomenuti, da su maksimalne dnevne oborine, koje se javljaju u određenim razmacima, daleko veće, i da one iznose oko 50-150 mm.

Radi ilustracije navodimo neke mjerene intenzitete kiše izražene u mm/sat:

Srednji dnevni intenzitet oborina u mm
(1925-1940) (24)

Tabela br. 2

Naziv stanice	Nadmorska visina	M j e s e c i											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Poreč	18	5,7	5,0	7,4	5,3	7,0	6,6	7,3	9,5	12,5	9,2	9,1	6,1
Zadar	3	8,0	10,0	7,7	8,1	7,9	10,6	6,8	9,1	16,9	13,7	14,3	9,7
Dubrovnik	20	11,3	10,5	10,3	11,4	7,1	8,0	10,4	12,2	12,8	16,3	14,7	12,1
Vrgorac	211	18,6	17,8	17,2	15,5	12,1	10,0	9,0	12,8	22,4	21,2	30,5	21,8
Topusko	120	5,5	7,3	6,3	6,7	7,9	8,7	8,1	8,3	9,7	9,2	6,9	7,2
Ogulin	323	9,3	11,2	10,9	9,7	12,9	13,7	14,0	15,4	14,1	16,3	12,5	11,6
Gospić	565	6,7	8,1	9,0	7,0	7,8	8,5	7,4	8,3	10,5	12,8	12,4	8,9
Zagreb	163	3,9	4,7	4,8	4,7	5,8	6,3	7,1	7,9	8,4	8,5	6,2	4,9
Varaždin	173	5,6	5,6	6,5	5,6	8,7	6,9	7,5	10,2	11,5	10,6	8,9	6,5
Koprivn.	149	5,5	5,5	6,4	5,9	8,6	7,9	8,9	9,0	10,1	10,6	8,0	6,4
Slav. Brod	96	4,0	3,8	4,1	4,5	6,0	7,1	6,8	7,6	7,6	8,3	6,5	4,2
Valpovo	91	4,3	5,2	5,0	5,4	6,6	7,0	8,4	7,2	8,6	8,5	5,9	4,2
Osijek	94	3,5	3,8	4,4	4,8	5,7	7,3	6,5	6,7	7,0	7,9	5,2	3,6

Zagreb (1908–1956)

ima srednji maksimalni intenzitet oko 30–40 mm/sat

Osiijek (1957–1959)

ima srednji maksimalni intenzitet oko 20–30 mm/sat

Rijeka (1957–1959)

ima srednji maksimalni intenzitet oko 35–50 mm/sat

Ti satni maksimumi javljaju se u Zagrebu i Osiijeku u VII i VIII, a u Rijeci u X mjesecu.

Općenito možemo reći, da sjeverni ravničarski krajevi NR Hrvatske (I rajon) imaju relativno manje količine oborina, pravilno raspoređenih i manjeg intenziteta. Prema tome, klimatski faktor erozije je ovdje relativno povoljan.

Ostali krajevi NRH daju, u pogledu oborina, drugačiju sliku. Godišnje količine oborina su velike (800–1800 mm), raspored nepovoljan (preko 50% oborina je u vanvegetacionom periodu) a intenziteti kiše su vrlo veliki i padaju često iza ljetnih suša.

Vidimo, da su na većini teritorija NRH oborine po svojim svojstvima jak začetak i uzročnik erozionih procesa. To naročito vrijedi za primorske krajeve, gdje su intenziteti kiša vrlo veliki, a akumulacija zimskih oborina u formi snijega i leda vrlo mala.

Koliko je sam intenzitet kiše odlučan za eroziju, vidi se iz podataka Hays i Palmer-a (2) na tlu sa 15% pada pod kukuruzom, koji je sađen u konturi 1935. u Wisconsinu.

Tabela br. 3

Datum	Količina pale kiše mm	Trajanje kiše minuta	Maksimalni intenzitet kiše mm/sat 10 min	Gubici (odnošenje tla kg/ha
18. i 19. VI	66	755	7,6	178
5. VII	48	112	71,2	22.800
27. VII	23	15	89,0	980

Kiše malog intenziteta, kao i kiše malog trajanja makar i velikog intenziteta, nisu uzrokovale velikih šteta. Međutim, kiša (5/VII) velikog intenziteta i duljeg trajanja prouzročila je ogromno odođenje tla.

2. Tlo

Za tlo, kao faktor erozije, važna su u prvom redu ona svojstva, koja određuju njegovu infiltracionu sposobnost i otpornost protiv dispergirajućeg učinka kapi kiše i površinskog oticanja oborinske vode.

a) Iako infiltraciona sposobnost tla varira obzirom na tip tla i uslojenost pojedinih horizonata profila tla, ipak se ta vrijednost u irigacionoj praksi uspješno tretira i koristi prema teksturi tla (8).

Tabela br. 4

Maksimalna sposobnost upijanja vode kod navodnjavanja za razna tla, padove i biljni pokrov

Teksturna oznaka tla i osebina profila	Maksimalna upijena količina vode u mm/sat kod:			
	0% pada		10% pada	
	pokriveno tlo	prazno	pokriveno tlo	prazno
Lagana pjeskovita ilovača, dubine do 180 cm	43	25	25	15
Lagana pjeskovita ilovača iznad kompaktne zdravice	30	18	18	10
Ilovača dubine do 180 cm	25	12	15	7
Ilovača iznad kompaktne zdravice	15	7	10	2,5
Teške gline i glinaste ilovače	5	2,5	2,5	2

Gornji podaci nam mogu aproksimativno poslužiti kao putokaz kod ocjenjivanja infiltracione sposobnosti određene tla.

U pomanjkanju terenskih mjerenja za određeno tlo u USA se uzimaju slijedeće srednje vrijednosti infiltracije za pojedine vrste tla (26):

pijesak	50 mm/sat
pjeskovita ilovača	25 mm/sat
ilovača	12 mm/sat
glinasta ilovača i glina	5 mm/sat

Za većinu naših tala, koja su po teksturi ilovače do gline, možemo općenito reći, da već kod intenziteta kiše od 5–10 mm na sat dolazi do površinskog oticanja vode niz padinu, pa prema tome i do erozionog učinka.

Na infiltracione sposobnosti nekog tla utječe pored tekture još niz drugih fizikalnih svojstava (struktura, sadržaj i karakter koloida, humoznost, vlažnost, uslojenost itd.), tako da gornje podatke treba shvatiti samo kao srednje vrijednosti. Međutim, kako kod ocjenjivanja erozivnosti nekog tla, pored njegove infiltracione sposobnosti, dolazi i njegovo svojstvo otpornosti protiv disperzije, to su upravo u ovom drugom svojstvu sadržana, dobrim dijelom, navedena fizikalna svojstva (12).

Drugim riječima, mi smo ovdje infiltraciju izrazili pomoću tekture, a otpornost posredno kroz fizikalne osobine, tako da konačna ocjena erodibiliteta nekog tla uključuje oboje.

b) Otpornost tla prema dispergirajućim silama kapi kiše i površinskom proticanju ovisna je, kako smo naprijed iznijeli, o mnogo faktora, prvenstveno fizikalnih svojstava. Sva se ona mogu kumulativno izraziti kroz vrijednost stupnja agregatnosti prema Vagleru (12).

$$\text{Faktor strukturalnosti } K = \frac{100 (\text{glina I} - \text{glina II})}{\text{glina I}}$$

gdje je glina I = količina gline kod mehaničke analize i glina II = količina gline kod mikroagregatne analize.

Faktor strukturalnosti možemo za svrhe proučavanja erozivnosti tla izraziti kao stabilnost mikroagregata (prema Gračaninu):

20 = nestabilni
20–50 = malo stabilni
50–90 = stabilni
90 = vrlo stabilni

c) Infiltracioni efekat nekog tla u odnosu na erozivnost i intenzivnost oborina je relativna vrijednost, radi velike varijabilnosti intenziteta kiše. Radi toga, ovdje ćemo uvesti pojam infiltracionog efekta, koji iznosi:

$$E_i = \frac{I}{iK} \text{ mm/sat}$$

gdje je: iK = intenzitet kiše,
 I = infiltracija tla.

Prema tome, ako je:

$E_i \leq 1$ onda nema površinskog oticanja vode, a što vrijednost i pada više ispod 1 (0,0–1) to je oticanje, pa prema tome i potencijalna erozija sve veća. Spajajući infiltracioni efekat (u odnosu na intenzitet oborina) sa stabilnošću mikroagregata, dajemo erozivnost nekog tla po slijedećoj formuli:

$$C_e = E_i K$$

Klasifikaciju erozivnosti tla možemo u ovom slučaju izvršiti slično klasifikaciji stabilnosti strukture:

$C_e = < 20$ = vrlo erozivno tlo
$C_e = 20-50$ = erozivno tlo
$C_e = 50-100$ = stabilno tlo
$C_e = > 100$ = vrlo stabilno.

Ovaj način određivanja erozivnosti tla izveli smo poštujući osnovne faktore koji na njega utječu. Njegova je vrijednost relativna, jer ovisi o vrlo promjenljivom intenzitetu kiše, pa prema tome u tom smislu i realna.

Jedno te isto tlo može varirati u svojstvu erozivnosti, a njegova opća ocjena može se samo grubo dati, koristeći srednje vrijednosti intenziteta kiše.

Kao primjer izračunavanja uzet ćemo degradirani černo- zem kraj Osijeka, s infiltracionom sposobnosti od 15 mm/sat, i kišom intenziteta od 10 mm/sat, te stabilnošću mikro- agregata 86%.

$$C_e = E_i \cdot K = \frac{15}{10} \cdot 86 = 129$$

što znači, da to tlo pokazuje svojstva vrlo stabilnog tla u pogledu erozije.

U slučaju maksimalnog intenziteta oborina od 25 mm/sat (20/VIII 1957) to isto tlo pokazuje:

$$C_e = \frac{15}{25} \cdot 86 = 51,6, \text{ znači stabilno tlo i u tom najnepo- voljnijem slučaju.}$$

Sasvim drugu sliku daje račun za podzolirana tla kraj Zagreba, s infiltracijom od 10 mm/sat i stabilnošću agre- gata od 70% uz kišu intenziteta 35 mm/sat.

$$C_e = \frac{15}{35} \cdot 70 = 20,0 \text{ ili vrlo erozivno tlo uz kišu intenzi-}$$

teta od 15 mm to tlo u pogledu erozije:

$$C_e = \frac{10}{15} \cdot 70 = 46 = \text{erzivno.}$$

Naravno su podložna za eroziju tla sa propusnošću ispod 5 mm/sat i stabilnosti mikroagregata ispod vrijednosti 20.

3. Vegetacija

Utjecaj vegetacije kao faktora erozije je opće poznat, zato ćemo se mi ovdje na njega osvrnuti samo ukratko. Vegetacija utječe na smanjenje erozije (8):

- intercepcijom oborina lišćem, čime smanjuje energiju udara kapi kiše i smanjuje površinsko proticanje vode;
- smanjenjem brzine nastalog površinskog oticanja;
- mehaničkim zadržavanjem pokrenutih čestica tla;
- poboljšanjem strukture tla svojom organskom ma- som;
- povećanjem biološke aktivnosti tla;
- transpiracijom, čime smanjuje vlažnost tla i povećava kapacitet tla za primanje vode.

Intercepcija ili zadržavanje oborina na lisnoj površini, je svakako najvažnije svojstvo vegetacije kao faktora ero- zije, i zato ćemo to svojstvo ovdje malo podrobnije opisati.

Horton R. E. (14) daje formulu i faktore za izračunava- nje intercepcije pod raznim kulturama za pljuskove sred- njeg intenziteta.

$$\text{Intercepcija} = a + b P^n$$

gdje P = oborina u inčima

a, b i n su faktori dobiveni eksperimentalno.

Tabela br. 5

Vegetacijski pokrov	a	b	n	Faktor projekcije
Voćnjaci	0,04	0,18	1,0	
Grašak, krumpir	0,02 h	0,15 h	1,0	0,25 h
kupus				
Livade	0,005 h	0,08 h	1,0	1,0 h
Lucerka i krmno bilje	0,01 h	0,10 h	1,0	1,0
Žitarice	0,005 h	0,05 h	1,0	1,0
Duhan	0,01 h	0,08 h	1,0	0,20 h
Pamuk	0,15 h	0,10 h	1,0	0,33 h
Kukuruz	0,005 h	0,005 h	1,0	0,10 h

h = visina biljaka u inčima.

Kao primjer izračunavanja intercepcije uzet ćemo duhan visine 30 cm i kišu od 30 mm.

U tom slučaju:

$$\text{intercepcija} = 0,01 \cdot 1 + 0,08 \cdot 1 \cdot 1,2^1 = 0,106 \text{ inča ili} \\ = 2,5 \text{ mm ili oko } 8\% \text{ od pale oborine.}$$

Medutim, tu vrijednost moramo umanjiti u odnosu na faktor projekcije, koji ovdje iznosi $0,20 \cdot 1 = 0,20$. Prema tome, intercepcija iznosi $2,5 \cdot 0,2 = 0,5 \text{ mm}$ ili 5.000 l/ha.

Kod lucerke visine 30 cm i kiše od 30 mm: intercepcija iznosi: $0,01 \cdot 1 + 0,1 \cdot 1 \cdot 1,2^1 = 0,13 \text{ inča, ili}$ 3,3 mm ili 11% od palih oborina.

Kako kod lucerke projekcioni faktor iznosi 1,0, to je ujedno i konačna vrijednost i iznosi 33.000 l/ha ili skoro 7 puta više nego kod duhana.

Iz toga vidimo, da kulture s malim faktorom projekcije, koji rezultira jednim dijelom i iz broja i visine biljaka, odnosno gustoće sjetve, slaba su zaštita od erozije svojom malom intercepcijom.

Koliko gustoća sjetve utječe na intercepciju oborina, vi- dljivo je iz pokusa Wollny-a donesenih po Baveru (2).

Tabela br. 6.

Kultura	Postotak oborina koji se je procijedio kroz vegetacijski pokrov				
	Broj biljaka: hiljada na hektar				
	0	80	160	250	360
Kukuruz	100	62,9	60,7	57,0	44,5
Soja	100	88,4	78,2	65,9	64,3
Žitarice	100	—	78,5	78,4	78,9

Gustoća sjetve utječe na intercepciju oborina mnogo više kod kukuruza nego kod žitarica.

Gušća sjetva, odnosno veći broj biljaka po jedinici površine, obzirom na zaštitu tla od erozije, povoljnija je ne samo sa gledišta intercepcije, nego i obzirom na ostale učinke vegetacije, (navedeno naprijed pod a) do f)).

4. Reljef

Bitno je kod tretiranja reljefa, kao faktora erozije, da površinsko oticanje vode raste s povećanjem nagiba terena, a isto tako erozija raste s porastom duljine padine.

Brzina proticanja ovisi o veličini pada terena, a količina proticanja o veličini sliva, odnosno dužini padine.

Klasifikaciju padina, brda i usijeka dat ćemo prema Braude-u (4).

Tabela br. 7.

Nagib, brdo, usijek	Kut nagiba od - do u stupnjevima	
	u %	u %
položen	do 3	do 5,2
slabo nagnut	4-5	7-8,7
nagnut	6-10	10,5-17,6
strm	11-20	19,4-36,4
vrlo strm	21-30	38,4-57,7
ekstremno strm	31-45	60-100
oburvine	46-70	103,5-274,7
viseći nagib	71-90	290,4-~

Rekli smo da su nagib i dužina padine osnovne veličine pri ocjenjivanju reljefa, kao faktora erozije. Zingg (8), je našao, da erozija - obzirom na pad - varira po jednadžbi:

$$X_c = 0,065 \cdot S^{1,49}$$

gdje je S = pad tla u procentima.

Ako po toj jednadžbi izračunamo gubitke tla kod pa- dova od 1%, 10% i 20%, onda vidimo, ako uzmemo 1% kao bazu za usporedbu, da je

$$X_c - 1\% = 0,065$$

$$X_c - 10\% = 2,015$$

$$X_c - 20\% = 5,590.$$

To znači, da se gubici tla podvostručenjem pada povećavaju za 2,8 puta.

Dužina padine utječe na gubitke tla erozijom, prema - Zingg-u (2) po jednadžbi:

$$X_c = 0,0025 L^{1,53}$$

L = dužina padine u stopama.

Ako po toj jednadžbi izračunamo gubitke tla kod dužine padine od 50 m (16,6) i 100 m (33,2 stope) onda:

$$X_c = 50 \text{ m} = 0,182$$

$$X_c = 100 \text{ m} = 0,535.$$

Kod podvostručene dužine pada gubici tla se povećavaju 3 puta.

Spajajući ova obadva faktora, Zingg daje gubitke tla erozijom na oranicama:

$$X = C S^{1,4} L^{1,6}$$

gdje je C = konstanta ovisna o infiltraciji, fizikalnim svojstvima tla, intenzitetu i trajanju oborina itd.

Utjecaj pada i dužine padine na količinu površinskog oticanja i odnošenja tla, vidi se orijentaciono iz slijedećih podataka, koje donosi Baver (2) za ilovasta tla.

Tabela br. 8

Lokacija i vrijeme pokusa	Pad %	Dužina padine m	Oticanje vode u % od godiš. količine	Oдношено tla godiš. tona/ha
Zanesville, Ohio (1934-1942)	8	11	17,4	13,2
		22	14,5	13,6
		44	13,2	16,9
Clarinda, Iowa (1931-1942)	12	11	41,3	37,0
		22	40,3	44,2
		44	39,2	74,0

Porastom duljine padine količina proticajne vode lagano pada, a količina odnesenog tla raste. Porastom pada terena rastu i količina oticanja vode i odnošenja tla.

5. Utjecaj čovjeka

Djelatnost čovjeka, kao faktora erozije, ispoljuje se - najviše kroz način iskorištavanja nekog tla uopće, a posebno kroz način obrade tla. Dovoljno je reći, da je upravo čovjek svojom intervencijom uzročnik i začetnik ubrzane erozije, koja se ovdje obrađuje. Tretiranje ubrzane erozije u odnosu na čovjeka kao faktora, svodi se u prvom redu na to, da je čovjek dužan poduzimati određene mjere zaštite tla, kako bi ne samo sačuvao osnovni proizvodni fond nego i time stvorio uslove za ekonomičniju proizvodnju u nekom duljem periodu.

B. Erozijska vjetrom

Stete uzrokovane vjetrovom erozijom naročito su velike u suhim oblastima i periodama, ali se one pojavljuju i u vlažnim predjelima.

Faktori erozije vjetrovom slični su onima kod erozije vodom, samo se njihov utjecaj ovdje manifestira drugim osobinama.

Klima ovdje djeluje najviše kroz dvije osobine, vjetra i oborina, te humidnošću, viskozitetom i gustoćom zraka.

Vjetar utječe na odnošenje tla svojom brzinom, trajanjem, smjerom i turbulentnim kretanjem.

Hopkins, Palmer i Chepil (8, 9) iznose, da veća odnošenja tla vjetrovom počinju onda, kad vjetar dostiže brzinu u horizontalnom pravcu od 25-30 km/sat na visini od oko 30 cm iznad površine tla, pri čemu brzina vjetra u okomitom pravcu (turbulentno kretanje) iznosi najmanje 3-4 km/sat.

Međutim, vjetar erozivno djeluje u manjoj mjeri i pri manjim brzinama.

Isti autori (9) tvrde, da je erozija vjetrovom naročito jaka za vrijeme suša i pomanjkanja vegetacijskog pokrova.

Slično stanovište iznosi Jugo B. (10) za naše prilike i smatra pojavu ljetnih suša s jakim intenzitetom oborina u jesen kao najvažniji faktor veličina šteta od erozije, naročito na kraškom području.

Vegetacijski pokrov je jedini siguran zaštitnik tla od erozije vjetrovom, a ova je direktno ovisna o sadržaju vlage u tlu. Zato Rule (9) slikovito kaže, da je voda ključ za eroziju vjetrovom.

Indeks erozije vjetrovom za naše prilike postaviti ćemo kao odnos brzine vjetra s palim oborinama prema formuli:

$$C_e = \frac{V^3}{K}$$

gdje V = srednja brzina vjetra m/sek, a

K = pale oborine u cm.

Na osnovu tako postavljenog odnosa izračunati ćemo srednje mjesečne i godišnje indekse erozije za neka mjesta.

Pri uvrštavanju vrijednosti u formulu $C_i = \frac{V^3}{K}$ vrijednost

K je kod mjesečnog indeksa uzimana od prethodnog mjeseca, npr.:

$$C_i \text{ mart} = \frac{V^3 \text{ mart}}{K \text{ februar}}$$

Indeksi erozije vjetrovom / srednji, mjesečni i godišnji

Tabela br. 9

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God. srednji
Zagreb	1,3	2,5	4,5	4,1	2,2	1,6	1,1	1,0	0,8	0,9	0,7	0,9	1,8
Sarajevo	0,5	1,1	2,3	2,2	1,3	0,7	0,8	1,3	0,7	0,6	0,7	0,9	1,1
Mostar	6,4	5,4	3,2	1,8	0,8	1,0	1,8	2,7	2,5	1,0	2,5	2,8	2,7
Hvar	9,6	10,6	16,8	10,7	8,7	8,8	10,3	14,3	12,6	15,5	11,6	10,4	11,7
Bjelašnica	3,5	3,3	3,8	3,4	2,9	3,4	2,6	3,2	3,0	5,2	4,6	3,8	3,5

Svakako, ovako izračunati indeksi erozije vjetrovom predstavljaju samo grubu vrijednost za usporedbu.

Iz tabele vidimo, da je godišnji indeks erozije vjetrovom veći na Hvaru za 10 puta nego u Sarajevu, 6,5 puta nego u Zagrebu, 4,3 puta nego u Mostaru te 3,3 puta nego na Bjelašnici.

Najjača erozija vjetrovom kod svijetlo obrađenih stanica javlja se u I kvartalu godine, dok Hvar ima i drugi maksimum u VIII i X mjesecu. Pojava maksimalnih indeksa erozije zajedno sa sniježnim pokrovom znatno ublažuje efekat erozije, ali utoliko više odskače problem erozije vjetrovom u predjelima bez sniježnog pokrova (Hvar i Mostar).

Brzina vjetra, kod koje nastaje odnošenje čestica raznih veličina, tzv. »kritična brzina« po Velikanovu (11), ravna se prema empirijskoj formuli, čiji je konačni oblik:

$$V = 3,13 \sqrt{14d + 0,006} \text{ m/sek}$$

gdje d = promjer čestica tla izražen u metrima.

Na osnovu te jednadžbe izrađena je slijedeća tabela za veličinu čestica tla promjera od 0,1 - 5 mm.

Tabela br. 10

Kritična brzina vjetra za čestice tla od 0,1 - 5 mm

Promjer čestica tla u mm	Brzina vjetra u m/sek		Stupanj vjetra po Beaufortu
	na površini tla	na visini od 8 m iznad površine	
0,1 - 0,25	0,28	4,17	3
0,25 - 0,50	0,32	4,76	3
0,50 - 1,0	0,39	5,80	4
1 - 2	0,51	7,59	5
2 - 3	0,63	9,38	5
3 - 4	0,74	11,01	6
4 - 5	0,82	12,20	6

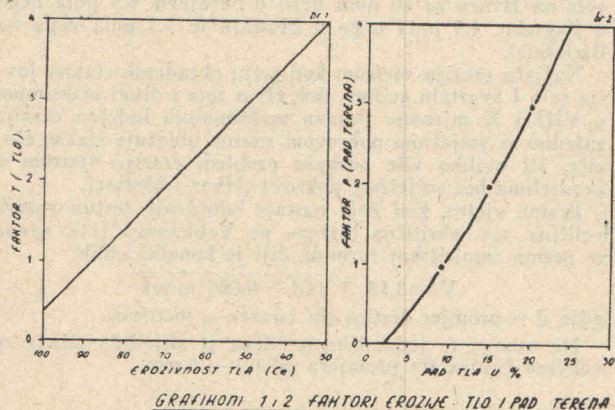
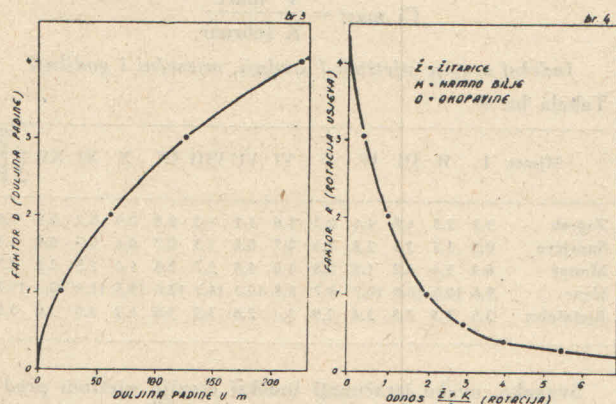
Učinak smjera vjetra, odnosno kuta pod kojim pada na tlo ravna se prema (11):

$$K = \cos \alpha$$

K = intenzitet odnošenja; α = kut smjera vjetra i površine tla. Najveće je odnošenje kod $K = 1$, a to znači, da je $\alpha = 0$, a najmanje kod okomitog smjera vjetra, gdje $K = 0$, a $\alpha = 90^\circ$.

Eksperimentima u tunelu za vjetar u USA (Chepil) razradivan je utjecaj vjetra na količine odnesenog tla. Na temelju tih eksperimenata utvrđeno je, da količina odnesenog tla u jedinici vremena varira sa petom potencijom brzine vjetra. Uzimajući u obzir turbulentno kretanje zraka i ogroman učinak okomitih zračnih strujanja koja »čupaju« i podižu u vis čestice tla, eroziona snaga vjetra je funkcija njegove povećane brzine sa logaritmom visine iznad tla. (2, 7).

Prema podacima tabele br. 10 vidimo, da se porastom visine iznad površine tla brzina vjetra naglo povećava, tako da je na visini od 8 m iznad površine ta brzina veća za oko 15 puta. Vegetacija, održavanje površine tla u grubom grudastom stanju- kao i mrtvi biljni pokrov znatno smanjuju brzinu vjetra pri tlu, a time i štite tlo od erozije uzrokovane vjetrom.



Svi ovi podaci se odnose samo na izdvojeno tretiranje erozije vjetrom i ne obuhvaćaju vrijednosti ukupne erozije, kojoj treba pribrojiti eroziju vodom, koja je u našim uslovima redovito jači faktor ukupne erozije.

II ODREĐIVANJE KOLIČINA ODNESENOG TLA VODOM

Kako smo naprijed opisali, mnogo faktora utječe na kvantum odnesenog tla. Veliki broj faktora, njihova relativna vrijednost i međusobna funkcionalna ovisnost onemogućava nam tačno određivanje gubitaka tla. To se može postići

jedino eksperimentima. Sve ovdje iznesene kalkulacije temelje se na razrađenim faktorima iz prvog dijela ovog rada i treba ih smatrati orijentacionim vrijednostima.

Godišnji gubici tla erozijom vode na obradivim površinama mogu se pokazati kao funkcionalna jednadžba (7,2).

$$X_a = f (T.P.D.R.P.I.E \times M.O)$$

gdje je:

X_a	=	godišnji gubici tla tona/ha
T	=	faktor tlo
P	=	faktor pada terena
D	=	faktor dužine padine
R	=	faktor rotacije usjeva
Pl	=	faktor plodnosti tla
E	=	faktor erodiranosti tla
M	=	faktor poduzetih mjera zaštite
O	=	faktor oborina.

Faktor oborina se može zanemariti, jer je za isto određeno područje približno jednak.

Na temelju mnogih eksperimenata, Browning (?) daje numeričke vrijednosti za faktore: P, D, R, Pl, E i M.

Koristeći numeričke vrijednosti, godišnji gubici tla (tona/ha) mogu se izraziti jednadžbom (7):

$$X_a = 4,45 (T P D R P I E M) \text{ tona/ha}$$

Te numeričke vrijednosti vidljive su na grafikonima br. 1 (T), 2 (P), 3 (D), 4 (R), 5 (Pl), 6 (E) i 7 (M). Grafikon br. 1 za tlo izradili smo na temelju izlaganja iz prvog dijela, a ostali faktori dati su po Browningu (prema 7).

Radi boljeg razumijevanja odredit ćemo kao primjer gubitke tla za slijedeće uslove:

Tlo sa erozivnosti od 75; pad terena 10%; dužina padine 100 m; rotacija (zastupljenost) usjeva = ZZOK, prema

$$\text{tome } R = \frac{50+25}{25} = 3; \text{ osrednja agrotehnika; } 50\%$$

gornjeg humiziranog sloja već odneseno, konturna obrada i sjetva (ali ne sasvim po konturi).

Iz grafikona dobijemo numeričku vrijednost pojedinih faktora:

$$T = 1,65; P = 1,1; D = 2,65; R = 0,65; Pl = 1,0; E = 1,15; M = 0,60.$$

Uvrstivši u jednadžbu:

$$X_a = 4,45 (1,65 \times 2,65 \times 0,65 \times 1,0 \times 1,15 \times 0,60) \text{ tona/ha}$$

$$X_a = 4,45 (2,16) = 9,61 \text{ tona/ha.}$$

Isto to tlo ako je terasirano:

$$X_a = 4,45 (0,414) = 1,84 \text{ tona/ha}$$

a ako se ore niz padinu, onda:

$$X_a = 4,45 (3,6) = 16,0 \text{ tona/ha.}$$

Prema H. E. Middletonu (16) maksimalno dozvoljeno odnošenje tla ne smije biti veće od težine suhe tvari po žnje-tih usjeva.

U našem primjeru, težina odnesene suhe tvari po hektaru, uz pretpostavku prinosa zrna žitarica od 40 mtc, kukuruza 60 mtc te lucerke 100 mtc. iznosi:

žitarice	$0,50 \times 40 \times 2,11 = 42,4$ mtc suhe tvari
kukuruz	$0,25 \times 60 \times 1,28 = 19,2$ mtc suhe tvari
lucerka	$0,25 \times 100 \times 0,95 = 23,8$ mtc suhe tvari

$$\text{Ukupno: } 85,2 \text{ mtc/ha} = 8,52 \text{ t/ha}$$

U našem primjeru odneseno tlo iznosi 9,6 t/ha, što je iznad dozvoljenog maksimuma. Praktički to znači, da ovdje treba poduzeti neke manje mjere zaštite.

U tom slučaju je potrebno mijenjati vrijednosti faktora rotacije i plodnosti, a kod negativnijeg bilansa, odnosno većih odnošenja tla i faktor poduzetih mjera zaštite (faktori R, Pl i M).

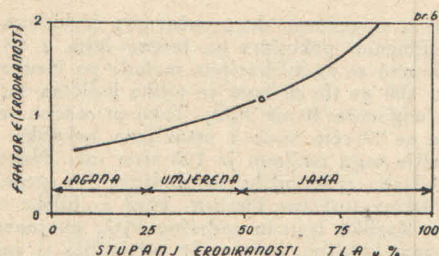
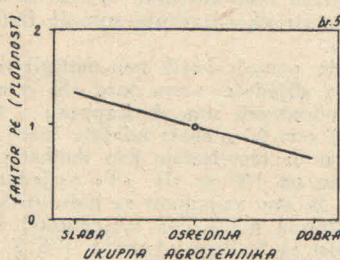
Poznavajući godišnju ukupnu količinu odnesenog tla, kao i sadržaj ukupnih hranjiva N, P, K u %, možemo približno izračunati godišnje gubitke. Kao primjer uzet ćemo tlo sa 0,2% ukupnog dušika; 0,3% ukupnog P_2O_5 i 0,3% ukupnog K_2O (gornji plodniji horizonti tla analizirani u 20% HCl).

Kod našeg primjera, gdje gubitak tla iznosi 9,6 tona ili zaokruženo 10.000 kg/ha/god., izgubi se:

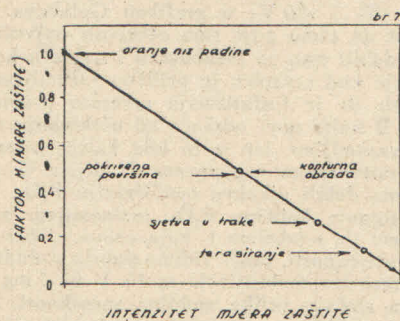
20 kg N	× 186 d = 3.720 d
30 kg P_2O_5	× 150 d = 4.500 d
30 kg K_2O	× 75 d = 2.225 d

Ukupno: 10.445 d po ha godiš.

Na istom primjeru gdje se ore niz padinu, gubici tla iznose oko 16 tona/ha/god., a vrijednost odnesenih N, P, K - gnojiva iznosi oko 17.000 d., dok kod terasiranog tla i gubitaka tla od 1,84 t/ha/god. gubici N, P, K - iznose svega oko 1.900 d/ha/god.



GRAFIKON 5 i 6. FAKTORI EROZIJE PLODNOSTI I ERODIRANOST TLA



GRAFIKON BR 7. UČINAK MJERA ZAŠTITE TLA NA EROZIJU

Ovdje su računane samo vrijednosti za N, P, K, ali su ukupne štete od erozije mnogo veće. Pored toga, naš primjer - po izabranim faktorima - predstavlja ipak blaži slučaj erozije samo vodom za naše prilike, tako da su u prosjeku štete na strmijim terenima daleko veće nego ovdje iskazane.

Ovdje obrađeni primjer, pored razrade metodike osvjetljava i velike štete od erozije, čak i u relativno blažim slučajevima. Nadalje proizlazi, da mjere zaštite u mnogo smanjuju godišnje gubitke hranjiva i uz poboljšane vodne

prilike u tlu i plodnosti tla uopće, potpuno opravdavaju čak i svoje relativno visoke troškove izvođenja, (npr. terasiranje).

III ZAKLJUČAK

Iz svega naprijed opisanog o faktorima erozije vodom i vjetrom, kao i njihovog kvantitativnog utjecaja na odnošenje tla, proizlazi da je poduzimanje efikasnih mjera zaštite tla ne samo krajnje potrebna nego i ekonomski opravdana mjera za očuvanje proizvodnog fonda u poljoprivredi, a na mnogim položajima i preduslov za visoke, stabilne i ekonomične prinose.

Naš se je narod vjekovima borio protiv odnošenja tla (erozije) i mi smo dužni nastaviti tu borbu, prilagođenu novim društvenim odnosima i sve većim tehničkim mogućnostima. Problemu zaštite tla moramo prići na osnovu naučne analize faktora i ekonomskih šteta, izbjegavajući u svakom slučaju bilo precjenjivanje, bilo potcjenjivanje značaja erozije za određeno područje.

Razni intenzitet erozije traži i odgovarajući intenzitet mjera zaštite i u tom pravilnom odnosu treba tražiti ekonomičnost potrebnih zahvata. Analizirajući faktore i njihov kvantitativni utjecaj na količinu odnesenog tla vidimo, da kod zaštite tla imamo široke mogućnosti izmjene pojedinih faktora, već prema stupnju i intenzitetu erozije. Terasiranje nije jedini način zaštite uopće, nego neizbježna mjera kod naročito ugroženih položaja. Početne teškoće kod mehaniziranog izvođenja objekata za zaštitu, kao i uvođenje i istraživanje efikasnosti novih mjera, ne smiju usporiti tempo i obim izgradnje objekata. Naprotiv, moramo pojačati napore za istraživačkim radom sa jedne, i smanjenjem troškova izgradnje objekata sa druge strane, kroz dobru organizaciju te službe i izučavanje kadrova za te specifične radove.

LITERATURA

1. Aleksandrova L. N. et al.: »Počvovedenie«. Moskva, 1958.
2. Baver L. D.: »Soil physics«, third edit., New York, 1956.
3. Bennet H. H.: »Osnovi ohrani počvie«. Moskva, 1958.
4. Braude I. D.: »Zakrepljenje i osvoenie krutih sklonov« — Moskva, 1959.
5. Chepil S. W.: »Equilibrium of soil grains at the threshold of movement by wind«. Soil science proceedings, novembar-decembar 1959.
6. Cerkasov: »Melioracije«. Beograd, 1950.
7. Dragavcev A. P.: »Gornoe plodovodstvo«. Moskva, 1958.
8. Frevert R. K. et al.: »Soil and water conservation engineering«, New York, 1955.
9. Hobbs J. A.: »Management of dryland soils in Kansas« — Manhattan, Kansas, 1950.
10. Jugo B.: »Uticao klime na eroziju zemljišta«. Akademijki savjet FNRJ — Beograd, 1955.
11. Jáva-Cablik: »Protierosni ochrana půdy«, Praha, 1954.
12. Kačinskij N. A.: »Mehaničeskij i mikroagregatnij sastav počvie«. Moskva, 1958.
13. Kozmenko A. S.: »Borba s erozije počvie«. Moskva, 1957.
14. Linsley R.: »Applied hydrology«. New York, 1949.
15. Lutz H. J. — Chandler R. F.: »Forest soils«, New York, 1957.
16. Middleton H. E.: »Soil as a physical system«. Academic press, New York, 1952.
17. Pljusnin I. I.: »Meliorativnoe počvovedenie«. Moskva, 1960.
18. Pušić B.: »Diferencijacija krša i neki problemi erozije«. Akademijki savjet FNRJ, Beograd, 1955.
19. Pušić B. i Kurtagić M.: »Poljoprivredna tla i krš Sjev. Dalmacije«. Edicija Jug. Društva za proučavanje zemljišta, Beograd, 1956.
20. Škreb i surad.: »Klima« — Zemljopis Hrvatske I. Zagreb, 1942.
21. Throchmorton R. I. i Compton L. L.: »Soil erosion by wind«. Topeka, Kan, 1937.
22. Turelle J. W.: »Conservation in the Great Plains«. Journal of soil and water conservation, mart, 1958.
23. Wischmeier H. W.: »A rainfall erosion index for a universal soil — loss equation«. Soil science proceedings, maj—jun 1959.
24. Hidrometeorološka služba FNRJ: Temperatura, oblačnost i vjetar u Jugoslaviji. Beograd, 1952.
25. USD of agriculture: The yearbook-Water, Washington, 1955.
26. US Bureau of Reclamation: Irrigation advisers' guide, Washington, 1951.