

LADISLAV BUZEK

EROZE LESNÍ PŮDY PŘI VYŠŠÍCH VODNÍCH SRÁŽKÁCH A TÁNÍ SNĚHOVÉ POKRÝVKY (NA PŘÍKLADU STŘEDNÍ ČÁSTI MORAVSKOSLEZSKÝCH BESKYD)

L. Buzek: *Erosion of forest soil under conditions of higher precipitation and snow melt (case study central part of the Moravskoslezské Beskydy Mountains)*. – Geografie – Sborník ČGS, 105, 4, pp. 317 – 332 (2000). – Water erosion is an important degradation agent not only on the agricultural land but it also shows up on the forested soil. It is associated with the progress of forest mechanisation and with changing forest cover and occurs especially under exceptional hydrometeorological situations. Intensive water erosion is often combined with gravitation processes (landslides). Research of water erosion has been organized by the Department of Physical Geography and Geoecology of the Ostrava University since 1976 in the central part of the Moravskoslezské Beskydy Mountains (especially in the basin of the Upper Ostravice River). The article shows results of analysis of suspended load régime between 1976 and 1998. Suspended load as a transition part of the erosional products is an evidence of the intensity of erosional processes of the observed catchment.

KEY WORDS: water erosion – suspended load – water runoff – precipitation.

Úvod

Půda jako zvláštní hybridní ekosystém je výrobním prostředkem nejen pro zemědělství, ale také pro lesnictví. Její mechanické poškozování, odnos a následná sedimentace snižuje nejen její úrodnost, protože s jemnozemi jsou odnášeny také živiny, ale v místě sedimentace nerozpuštěné jemné látky – plaveniny – ohrožují různá hydrotechnická zařízení, stavby a komunikace, sedimentací v korytech se zvětšuje pravděpodobnost vzniku povodní a znehodnocení půdy v nižších polohách.

Střední část Moravskoslezských Beskyd je výrazně náchylná k vodní erozi nejen vlivem přírodních činitelů (flyšové podloží s vysokým obsahem jílovců, výskyt intenzivních a dlouhodobých srážek, rychlé tání sněhové pokrývky), o čemž svědčí hustá erozní síť, ale také používáním těžkých lesních mechanismů při přibližování a odvozu dřevní hmoty. Tento specializovaný negativní antropogenní zásah narušuje strukturu a soudržnost lesní půdy a mnohdy zanechává na svazích a především na lesních komunikacích rýhy, které se stávají odtokovými liniemi pro vodu a vodou unášený materiál, a tím dochází k urychlení vodní eroze.

Předložená práce přináší souborné výsledky sledování produktů eroze – plavenin – v povodí horní Ostravice za léta 1976 – 1998. Plaveninový režim a jeho kvantitativní změny v tocích do značné míry odrážejí dynamiku erozních procesů v konkrétním povodí horní Ostravice v závislosti na přírodních činitelích a antropogenních zásazích. Studie navazuje na dřívější autorovy práce s touto tematikou v oblasti Moravskoslezských Beskyd a je zaměřena

především na ty situace plaveninového režimu, kdy koncentrace plavenin v důsledku silných vodních srážek a tání sněhu (resp. antropogenního zása-hu) činila 1 g.l^{-1} a více.

Metoda a postup prací

V souvislosti s výstavbou vodárenských nádrží (Morávka, Šance) ve střed-ní části Moravskoslezských Beskyd a s obavami, že funkce těchto vodních děl by mohla být ohrožena sedimentací plavenin v jejich prostorách, byl od roku 1976 katedrou zeměpisu bývalé samostatné Pedagogické fakulty v Ostravě a v návaznosti na ni katedrou fyzické geografie Ostravské university od r. 1991 realizován projekt výzkumu plaveninového režimu na hlavních přítocích do těchto nádrží (viz Buzek 1981, 1986, 1993, 1996, 1997, 1998, 1999). Pro od-běry vzorků vody s plaveninou bylo použito zařízení, které navrhl O. Stehlík (1969), odebrané vzorky byly zpracovávány v laboratoři výše uvedené kated-ry. Odběry vzorků byly převážně třitermínové (7, 14, 20 hod), resp. i v jiných termínech při opticky výrazném zkalení vody. Hydrometeorologické údaje (srážky, jejich tvar a časový průběh – Bílá p. Konečnou, průtoky vody – vodo-měrná stanice Staré Hamry) byly převzaty z Českého hydrometeorologického ústavu v Ostravě. V r. 1991 bylo ukončeno sledování plaveninového režimu v povodí Lomné a Morávky, v povodí horní Ostravice bylo pokračováno pouze v profilu Staré Hamry nad vodárenskou nádrží Šance. Toto pokračování bylo zdůvodněno tím, že ze všech ostatních sledovaných povodí (celkem 7) má od-nos půdy z povodí Ostravice (a s tím i spojená následná sedimentace v pro-storách vodárenské nádrže Šance) největší intenzitu, protože 90 % transpor-tovaného nerozpuštěného materiálu v této přehradě sedimentuje (Buzek 1981) a koncentrace plavenin vč. její hmotnosti byly v tomto povodí, které zaujímá nad nádrží plochu $72,96 \text{ km}^2$, nejvyšší.

Plaveniny v zalesněném horském terénu pocházejí téměř výhradně ze stržové sítě a z traktory poškozených lesních komunikací. Podle R. Midria-ka (1977) je 5 – 10 % lesní půdy v České republice poškozeno vodní erozí, jejíž intenzita je výrazná především v době mimořádně vydatných vodních srážek.

V letech 1976 – 1998 byly vodní srážky, jejich intenzita a množství v povo-dí horní Ostravice rozděleny nerovnoměrně a ve srovnání s dlouhodobou řa-dou spadlo v průběhu 23 let sledování pouze 93 %. V některých letech sledo-vaného období se však vyskytly mimořádné situace, které následně vyústily v mimořádném plaveninovém režimu (především v r. 1996 a 1997).

I když má les nespornou protierozní funkci vlivem retardace, retence a aku-mulace vody, v průběhu dlouhodobých intenzivních srážek se tyto funkce vý-razně snižují, a koncentrace nerozpuštěných látek v tocích mnohdy přesahu-je 1 g.l^{-1} (v červenci 1997 v některých termínech odběru dosáhla až 30 g.l^{-1}), z čehož plyne, že při vysokých průtocích vody musí docházet k enormnímu od-nosu lesní půdy (viz tab. 1).

Předložená studie navazuje na řadu nepublikovaných i publikovaných stu-dií V. Zeleného a M. Jařabáče (viz seznam literatury), kteří se, kromě jiných, zabývali obdobnou problematikou v experimentálním povodí Červíku (malý levostranný přítok Ostravice, nyní ústí přímo do vodárenském nádrže Šance) a Ráztoky jižně od Frenštátu p. R.

Tab. 1 – Plaveninový režim v bystřině horní Ostravice (plocha povodí 72,96 km²) v letech 1976 – 1998 při vyšších vodních srážkách a tání sněhu (průměrná denní koncentrace plavenin 1 g.l⁻¹ a více)

1 Rok a den	2 Průměrné koncentrace plavenin g.l ⁻¹ Vliv práce lesních mecha- nizmů +	3 Odtok plavenin t Specifický odtok plavenin t.km ⁻²	4 Procento odtoku plavenin na jejich celkovém a) ročním odtoku b) odtoku 1976-1998	5 Průměrný průtok vody m ³ .s ⁻¹	6 Odtok vody mil. m ³	7 Vodní srážky mm Tání sněhu +	8 Vypočtené množství odtoku plavenin podle vztahu $y = 221,84^{1,2881x}$ (± ve srovnání se sloupcem 3) t
1976 23.7.	1,0992 +	169 2,3	a) 4,50 b) 0,04	1,78	0,15	50,6	269 (+100)
1977 8.2. 21.7.	1,4132 + 1,1081 +	527 7,2 208 2,9	a) 9,28 b) 0,17 a) 3,66 b) 0,05	4,32 2,17	0,37 0,19	18,0 + 35,6	357 (-170) 283 (+75)
1978 3.8.	4,6737 +	678 9,3	a) 14,49 b) 0,15	1,68	0,15	12,3	269 (-409)
1979 22.5.	3,2433 +	227 3,1	a) 6,22 b) 0,05	0,81	0,07	3,3	243 (+16)
1980	-	-	-	-	-	-	-
1981 11.3. 12.3.	2,2588 + 1,5974 +	5406 74,2 4899 67,1	a) 37,39 b) 1,22 a) 33,88 b) 1,11	27,30 35,50	2,39 3,07	45,4 + 10,3	4820 (-586) 11 573 (+6674)
1982 12.7. 14.7. 17.7. 27.7.	1,7208 1,2203 1,8249 + 1,1999	5085 69,7 576 7,5 424 5,8 255 3,5	a) 55,37 b) 1,15 a) 6,27 b) 0,13 a) 4,62 b) 0,10 a) 2,78 b) 0,06	34,20 5,18 2,69 2,46	2,95 0,45 0,23 0,21	100,2 4,0 8,0 15,2	9915 (+4830) 396 (-150) 298 (-126) 291 (+36)
1983 23.5. 20.12.	1,6790 1,9999	96 1,3 320 4,4	a) 0,27 b) 0,02 a) 12,2 b) 0,07	0,66 3,09	0,06 0,27	15,0 12,2 +	222 (+126) 314 (-6)
1984 6.5. 7.8.	1,4992 8,1002	141 1,9 1715 23,5	a) 3,23 b) 0,03 a) 39,33 b) 0,39	1,10 2,45	0,10 0,21	18,2 57,0	252 (+111) 291 (-1424)
1985 15.5. 21.7. 8.8.	5,3770 + 1,1169 1,2781	2676 36,7 421 5,8 3820 52,4	a) 21,6 b) 0,60 a) 3,40 b) 0,09 a) 30,84 b) 0,86	5,76 4,36 34,60	0,50 0,38 2,99	14,0 45,0 138,2	422 (-2254) 362 (-59) 10 440 (+1059)

Tab. 1 – pokračování 1

1986 30.12. 31.12.	1,0394 1,4550	380 5,2 415 5,7	a) 12,79 b) 0,09 a) 13,96 b) 0,09	4,23 3,07	0,37 0,27	44,4 + 10,0 +	357 (-23) 314 (-101)
1987 5.4. 19.5. 27.6.	2,0216 2,1089 1,1616	1834 25,1 887 12,2 1717 23,5	a) 19,04 b) 0,41 a) 9,20 b) 0,20 a) 17,80 b) 0,39	10,50 4,87 17,11	0,91 0,42 1,48	17,8 + 24,0 49,2	795 (-1039) 423 (-464) 1656 (-61)
1988 7.6. 8.6. 29.6.	1,0828 + 1,2962 + 1,5430 +	78 1,1 175 2,4 184 2,5	a) 3,11 b) 0,02 a) 6,98 b) 0,04 a) 7,34 b) 0,04	0,83 1,56 1,38	0,07 0,13 0,12	19,2 5,2 14,0	243 (+165) 262 (+87) 259 (+75)
1989 10.7.	3,7577 +	130 1,8	a) 5,72 b) 0,03	0,40	0,03	15,2	231 (+101)
1990	-	-	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-	-	-
1992 28.3. 29.3. + 2.4. + 4.4. + 29.5. + 6.6. 2.9. 7.6. + 6.9. + 14.9. + 23.10. + 24.10. +	3,9255 + 1,5105 + 1,0590 + 1,0913 + 1,9157 + 2,2409 2,9 1,9157 + 1,7843 + 1,0274 + 1,5505 + 1,1005 +	2815 38,6 782 10,7 576 7,9 653 9,0 155 2,1 213 2,9 189 2,6 201 2,8 22 0,3 150 2,10 61 0,8	a) 25,38 b) 0,63 a) 7,11 b) 0,18 a) 5,23 b) 0,13 a) 5,93 b) 0,15 a) 1,94 b) 0,05 a) 1,72 b) 0,04 a) 1,72 b) 0,04 a) 1,83 b) 0,05 a) 0,20 b) - a) 1,36 b) 0,03 a) 0,55 b) 0,01	8,30 5,99 6,30 6,93 0,94 1,10 1,14 1,63 0,25 1,12 0,64	0,72 0,52 0,54 0,60 0,08 0,10 0,10 0,14 0,02 0,10 0,06	2,4 + 0,8 + 6,6 + + + 1,2 30,6 8,2 27,6 20,2 1,8 1,0	1877 (-938) 638 (-144) 445 (-131) 480 (-173) 252 (+97) 252 (+39) 298 (+85) 266 (+65) 228 (+206) 252 (+102) 240 (+178)
1993 18.6. 10.8. + 31.8. 11.12.	1,3991 + 1,0093 + 1,2710 1,2829 +	84 1,1 21 0,3 92 1,3 238 3,3	a) 0,54 b) 0,02 a) 0,47 b) - a) 2,04 b) 0,02 a) 5,28 b) 0,05	0,70 0,20 0,84 2,15	0,06 0,02 0,07 0,20	15,6 3,4 14,4 3,3	240 (+156) 228 (+207) 273 (+181) 287 (+49)
1994 7.1. 6.6. 27.9.	2,0873 2,6538 1,2157	756 10,4 1148 15,7 101 1,4	a) 13,16 b) 0,17 a) 20,0 b) 0,26 a) 1,76 b) 0,02	4,19 5,00 0,97	0,36 0,43 0,08	+ 31,8 21,4	353 (-403) 386 (-762) 246 (+145)

Tab. 1 – pokračování 2

1995 28.2. 7.6. 21.8.	1,0625 + 1,1519 + 1,0160 +	196 2,7 122 1,7 37 0,5	a) 3,25 b) 0,17 a) 2,02 a) 0,03 a) 0,61 b) –	2,14 1,23 0,42	0,18 0,11 0,04	2,1 + 10,1 10,8	280 (+84) 256 (+134) 233 (+196)
1996 21.4. 22.4. 11.6. + 12.6. + 7.9. 8.9. 3,5848 9.9. 10.9. +	1,6828 1,6358 15,4850 + 3,6342 + 7,1103 8,1627 3,5848 1,1112 +	2108 28,9 2406 33,0 3024 41,3 628 8,6 18 676 256,0 33 429 458,2 6876 94,2 1219 16,7	a) 2,84 b) 0,48 a) 3,25 b) 0,04 a) 4,08 b) 0,68 a) 0,85 b) 0,14 a) 25,20 b) 4,21 a) 45,10 b) 7,54 a) 9,28 b) 1,55 a) 1,65 b) 0,27	14,50 17,0 2,26 2,00 30,40 47,40 22,20 12,70	1,25 1,45 0,20 0,17 2,63 4,10 1,92 1,10	+ + 67,0 1,7 107,8 24,4 10,3 2,9	1110 (-998) 1436 (-970) 287 (-2737) 276 (-352) 6566 (-12110) 43 615 (+10186) 2631 (-4245) 915 (-304)
1997 17.5. 18.5. 21.5. 17.6. 1.7. + 3.7. + 7.7. 8.7. 9.7. 10.7. 19.7. 30.7. + 11.11. +	3,1924 7,0290 1,8163 1,5668 2,1763 + 16,4595 + 18,3961 16,2375 14,7553 1,0987 1,1367 1,5432 + 1,2908 +	648 8,9 1488 20,4 788 10,8 876 12,0 528 7,2 1820 24,9 90 597 1241,4 67 240 921,6 68 205 934,6 1301 17,7 666 9,1 183 2,5 61 0,8	a) 0,27 b) 0,15 a) 0,61 b) 0,34 a) 0,33 b) 0,18 a) 0,37 b) 0,20 a) 0,22 b) 0,12 a) 0,77 b) 0,41 a) 38,15 b) 20,44 a) 28,31 b) 15,17 a) 28,72 b) 15,39 a) 0,55 b) 0,29 a) 0,28 b) 0,15 a) 0,08 b) 0,04 a) 0,03 b) 0,01	2,35 2,45 5,02 6,47 2,81 1,28 57,0 48,0 53,5 13,70 6,78 1,37 0,55	0,20 0,21 0,43 0,56 0,24 0,11 4,92 4,15 4,20 1,18 0,59 0,12 0,05	28,7 - 27,4 46,0 23,0 2,8 92,6 81,5 5,6 - 47,4 - - -	287 (-361) 291 (-1197) 395 (-393) 467 (-409) 309 (-219) 262 (-1558) 128 309 (+37352) 47 589 (-19651) 50 755 (-17450) 1014 (-287) 474 (-192) 259 (+76) 257 (+196)
1998 8.6.	8,5522	159 2,2	a) 3,98 b) 0,04	2,51	0,22	33,2	295 (+132)
Σ 71 dní	-	345 706 4738,3	-	-	53,97	1617,1	341 772 (-3934)
Ø	3,2441 + 37 dnů	4869 66,7	a) 9,41 b) 77,98	8,71	0,76	22,8	-

Plaveninový režim v letech 1976 – 1998 při vyšších průměrných koncentracích plavenin

Plaveninový režim na horní Ostravici byl v rámci výzkumných úkolů řešen autorem předložené studie z různých pohledů a časových horizontů již dříve a ze všech těchto studií vyplývá, že intenzita vodní eroze se zvyšuje především s růstem průtoků vody v době mimořádných vodních srážek a tání sněhu a charakterem lesnických zásahů, zvl. s prací lesních traktorů v zamokřeném terénu, resp. jejich pohybem v blízkosti strží a bystřin.

Článek sleduje především ty situace, kdy denní koncentrace plavenin činila 1 g.l^{-1} a více za 24 hod, což ve sledovaném období 1976 – 1998 představuje pouze 71 dnů, avšak v průběhu těchto dnů oteklo 78 % celkového množství plavenin profilem horní Ostravice (vodoměrné stanice ČHMÚ) do vodárenské nádrže Šance.

V r. 1976 byla koncentrace plavenin nad 1 g.l^{-1} překročena pouze 23. července, přičemž tato koncentrace byla ovlivněna také prací lesních mechanismů. Koncentrace plavenin začala v důsledku celodenních srážek stoupat již 22. 7.; od 22. do 23. července spadlo v horní části povodí přes 50 mm vodních srážek, takže okamžitý průtok vody v 7 hod dne 22. 7. stoupl z $0,67 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ na $3,81 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ve 20 hod následujícího dne (koncentrace plavenin v těchto termínech stoupla z $0,022 \text{ g.l}^{-1}$ na $1,0992 \text{ g.l}^{-1}$).

Rok 1977 byl z hlediska intenzity koncentrace (a tím i odnosu) plavenin výraznější. 8. února se na odnosu plavenin uplatnilo i tání sněhu a celodenní smíšené srážky a kromě toho v terénu pracovaly také traktory. Průtoky vody stouply z $1,18 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ve 20 hod dne 7. 2. na $17,1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ve 20 hod následujícího dne a koncentrace plavenin dosáhla maximální výšky $1,4132 \text{ g.l}^{-1}$ ve 14 hod dne 8. února; celkový odnos plavenin v tomto dni dosáhl 527 t. Druhým kritickým obdobím byl 21. červenec, kdy spadlo téměř 21 mm srážek, koncentrace plavenin dosáhla $1,1081 \text{ g.l}^{-1}$ a odtok 208 t (v tomto dni stouply okamžité průtoky vody z $0,50 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ v 7 hod na $6,36 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ ve 14 hod).

V r. 1978 byla překročena výše uvedená hodnota pouze jednou, a to 3. srpna, kdy při srážce 10,2 mm pracovaly v terénu traktory, takže koncentrace plavenin dosáhla $4,6737 \text{ g.l}^{-1}$, což při průměrném průtoku vody v tomto dni $1,68 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (ve 14 hod dosáhl okamžitý průtok vody $4,24 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$) vedlo k celkovému odtoku plavenin ve výši 678 t.

Také v r. 1979 přispěly lesní práce v zamokřeném terénu v průběhu jednoho dne k vysoké koncentraci plavenin, a tím i k jejich relativně vysokému odnosu. Ve dnech 21. – 22. 5. spadlo pouze 3,3 mm, avšak průměrná koncentrace plavenin dne 22. 5. dosáhla $3,2433 \text{ g.l}^{-1}$ (ve 14 hod uvedeného dne činila dokonce 5 g.l^{-1}). I při relativně nízkých průtocích vody činil odnos plavenin v tomto jediném dnu 227 t. V období výše uvedených roků procentuální podíl odnosu v jednotlivých letech nepřesáhl 1 % z celkové hmotnosti za roky 1976 – 1998.

V r. 1980 koncentrace plavenin 1 g.l^{-1} nebyla zaznamenána ani v jednom dni. Dva dny v r. 1981 přispěly svou průměrnou koncentrací plavenin k celkovému procentuálnímu podílu na odnosu plavenin za sledované období 2,3 %. 11. března tohoto roku činila průměrná koncentrace plavenin $2,2588 \text{ g.l}^{-1}$, což byl důsledek tání sněhové pokrývky a vodní srážky ve výši 45,4 mm. Okamžitý průtok vody dosáhl svého maxima 11. 3. ve 14 hod, a to $53,1 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ (koncentrace plavenin v tuto hodinu dosáhla $2,8531 \text{ g.l}^{-1}$) a přes pokles okamžitého průtoku vody ve 20 hod na $33 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ přesáhla koncentrace plavenin 3 g.l^{-1} ; celkový odnos plavenin v tomto dni dosáhl 5 406 t. Tání sněhové po-

krývky a vodní srážky pokračovaly i 12. 3. a celkový odnos plavenin v tomto dni dosáhl 4 899 t.

Srážkově bohatým měsícem v r. 1982 byl červenec, kdy 11. 7. spadlo celkem 99,4 mm, což v ranních hodinách následujícího dne vedlo k okamžitému průtoku vody $54,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a okamžitá koncentrace plavenin v 7 hod $3,4512 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (odtok plavenin v tom dni dosáhl 5 085 t). Z celkového množství plavenin v těchto a následujících dnech oteklo ve srovnání s celkovým obdobím 1976 – 1998 1,42 %.

V relativně suchém roce 1983 byly průměrné koncentrace plavenin $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a více překročeny dvakrát. 23. května spadlo 15 mm srážek, což sice nevedlo k výraznějšímu průtoku vody, avšak průměrná koncentrace plavenin v tomto dni dosáhla $1,679 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (ve 20 hod přesáhla $3 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Zvýšená koncentrace plavenin se projevila i v prosinci (20. 12.), kdy tání sněhové pokrývky a vodní srážky zvedly průměrnou koncentraci plavenin téměř na $2 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Odnos plavenin ve dvou dnech tohoto roku představuje z odnosu za 23 let necelé 2 %.

V r. 1984 se situace s koncentrací plavenin nad $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ vyskytla třikrát. Ve dnech 5. a 6. května spadlo celkem 28,2 mm, což dne 6. 5. podmínilo celkový odnos 141 t. Nápadně zvýšené koncentrace plavenin byly zaznamenány ve dnech 7. a 8. 8., kdy spadlo přes 50 mm srážek a okamžitá koncentrace plavenin 7. srpna ve 20 hod činila $15,9322 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$. Okamžité průtoky vody stouply z $0,32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ na $3,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (7. 8., 20 hod) a pak až na $6,64 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v 7 hod následujícího dne. Průměrné koncentrace plavenin dosáhly 7. 8. $8,1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (celkový odnos plavenin v tomto dni činil 1 715 t a 8. 8. $1,445 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (celkový odnos 755 t.). Zvýšený odnos plavenin ve dnech 7. – 8. 8. byl zčásti podmíněn prací traktorů v porostech. Celkově se tento rok projevil v důsledku výše uvedených situací na celkovém odnosu ve sledovaném období necelými 0,6 %.

Rok 1985 byl srážkově bohatší ve srovnání s předcházejícím rokem. 15. května spadlo 14 mm srážek, avšak průměrná koncentrace plavenin (s přispěním antropogenního faktoru) dosáhla $5,377 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (jejich odnos v tomto dni dosáhl 2 676 t a odtok vody 0,5 mil. m^3). Také 21. července podmínily vysoké vodní srážky (20. 7. – 30 mm, 21. 7. – 15 mm) a zvýšené koncentrace plavenin (průměr činil $1,1169 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$, v 7 hod tohoto dne však $2,3321 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$) a celkový odnos 421 t. K vysokému odnosu plavenin také došlo v srpnu, kdy ve dnech 7. – 8. 8. spadlo celkem 139,2 mm, takže při průměrném průtoku vody dne 8. 8. $34,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (8. 8. kulminoval průtok vody ve 20 hod průtokem $54,9 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) činila průměrná koncentrace plavenin $1,2781 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a celkový odnos v tomto dni dosáhl 3 820 t. Zvýšené srážky v tomto roce podmínily ve dnech s průměrnou koncentrací plavenin nad $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ z jejich celkového odnosu za sledované období 1,56 %.

V relativně méně bohatém roce 1986 na srážky byl podíl odnosu plavenin s koncentrací nad $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a více na odnosu za celé období sledování pouze 0,18 %, a to jen koncem prosince. V období 29. 12. – 31. 12. se snižující se sněhovou pokrývkou (z 98 cm na 75 cm) ještě spadlo 50 mm vodních srážek, což zvýšilo průtoky vody na 3 – 4 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a zvýšené koncentrace plavenin přesáhly $1 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (např. okamžitá koncentrace 31. 12. ve 20 hod činila $2,5029 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$). Celkový odtok plavenin koncem prosince činil 795 t.

V r. 1987 tající sněhová pokrývka a téměř 18 mm vodních srážek ve dnech 4. – 5. 4. vedly 5. 4. k průměrné koncentraci plavenin $2,0216 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ (odtok plavenin v tomto dni dosáhl 1 834 t při průměrném průtoku vody $10,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Ve dnech 18. – 19. 5. spadlo 24 mm, což 19. 5. zvedlo průměrné koncentrace plavenin na $2,1089 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$ a jejich celkový odtok dosáhl 887 t. Ve dnech 26. – 27. 6. vodní srážky činily 49,2 mm, což zvýšilo průtoky vody na $22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (27. 6.

v 8 hod), průměrná koncentrace plavenin činila $1,1616 \text{ g.l}^{-1}$ a jejich celkový odnos 1 717 t. V průběhu 3 dnů tohoto roku představuje celkový odnos plavenin 1 % za období 1976 – 1998.

V r. 1988 se průměrná koncentrace plavenin 1 g.l^{-1} a více za 24 hod vyskytla pouze ve 3 dnech. 7. a 8. června spadlo 22 mm a za přispění antropogenního faktoru přesáhly průměrné koncentrace plavenin po oba dny 1 g.l^{-1} . Ve dnech 28. – 29. 6. spadlo 15 mm a průměrná koncentrace plavenin 29. 6. činila $1,5430 \text{ g.l}^{-1}$ při mírně zvýšeném průtoku vody $1,38 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Procentuální podíl z celého sledovaného období tento odnos představuje pouze 0,1 %.

V r. 1989 se koncentrace plavenin nad 1 g.l^{-1} vyskytla 10. 7. po vydatné srážce 12,7 mm. V terénu v této době pracovaly také lesní mechanizmy a průměrná koncentrace plavenin dosáhla $3,7577 \text{ g.l}^{-1}$. Bylo odneseno 130 t, což představuje pouze 0,03 % odnosu plavenin za celé sledované období.

V letech 1990 a 1991 se ani v jednom dni nevyskytla průměrná denní koncentrace nad 1 g . V r. 1992 byla průměrná denní koncentrace plavenin 1 g.l^{-1} překročena celkem v 11 dnech. Ve dnech 27. 3. – 4. 4. roztála sněhová pokrývka (22 cm) a slabé vodní i smíšené srážky podmínily průměrnou koncentraci plavenin od 1,095 až po $3,9255 \text{ g.l}^{-1}$, přičemž v průběhu těchto dnů se na zvýšení koncentrací projevil také antropogenní faktor (celkový odnos plavenin ve výše uvedených dnech dosáhl 4826 t). Koncem měsíce května (28. 5.) spadlo 12,2 mm srážek, což v následujícím dni vedlo jen k mírnému zvýšení průtoků vody, avšak průměrná koncentrace plavenin stoupla na $1,1957 \text{ g.l}^{-1}$, protože v terénu pracovaly traktory. Ve dnech 5. – 7. 6. při celkových srážkách 38,6 mm přesáhly průměrné koncentrace plavenin 1 g.l^{-1} dvakrát (6. 6. – $2,2409 \text{ g.l}^{-1}$, 7. 6. – $1,9157 \text{ g.l}^{-1}$, celkový odnos plavenin činil 402 t) a maximální průtok vody dosáhl hodnoty $2,66 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. Obdobná situace nastala ve dnech 5. – 6. 9. a 23. – 24. 10. Při průměrných denních koncentracích plavenin nad 1 g.l^{-1} bylo v tomto roce z povodí horní Ostravice odneseno 1,3 % z celkového 23letého odnosu nerozpuštěných látek.

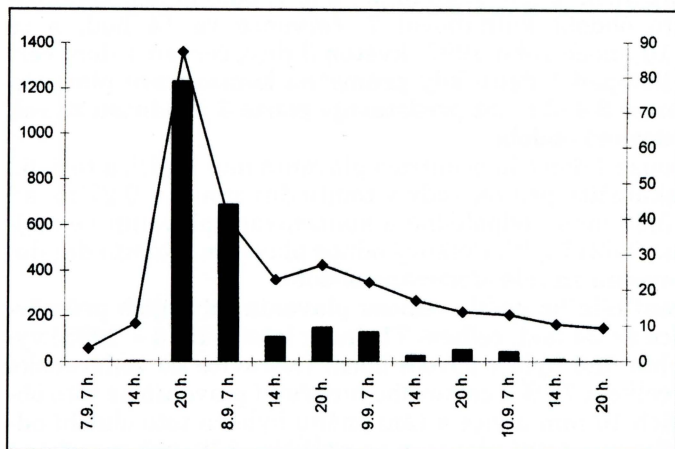
Kromě prosince roku 1993 byly hodnoty koncentrace plavenin 1 g.l^{-1} a více překročeny v červnu a srpnu. Po vodních srážkách dne 17. 6. (15,2 mm) byla tato hraniční koncentrace plavenin překročena v poledních a večerních hodinách, což bylo ještě umocněno prací traktorů v zamokřeném terénu. Také 10. 8. při slabých srážkách (0,4 mm) činila koncentrace vlivem antropogenního zásahu ve 14 hod $1,0093 \text{ g.l}^{-1}$ při okamžitém průtoku vody pouze $0,23 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$. 30. a 31. 8. při slabém dešti (celkem v těchto dnech spadlo 13,4 mm) byla koncentrace plavenin 1 g.l^{-1} překročena v posledním dnů srpna ve všech třech termínech měření a v průměru činila $1,271 \text{ g.l}^{-1}$. V posledním měsíci tohoto roku ve dnech 10. – 11. 12. slabě sněžilo a pak pršelo (11. 12. 3 cm vysoká pokrývka sněhu roztála), takže za přispění traktorů dosáhla průměrná koncentrace plavenin v tomto dni $1,2829 \text{ g.l}^{-1}$. Rok 1993 se při zvýšené koncentraci plavenin podílel na jejich celkovém odtoku ve sledovaném období 0,1 %.

V r. 1994 byla hraniční koncentrace plavenin překročena ve 3 dnech, v jejichž průběhu oteklo 2 005 t (0,45 % odtoku plavenin v období 1976 – 1998). 7. ledna tála sněhová pokrývka, takže průtoky vody stouply ve srovnání s předcházejícím dnem z $1,7 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ na $4,2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, což se projevilo v průměrné koncentraci plavenin $2,0873 \text{ g.l}^{-1}$. V důsledku regionálních srážek ve dnech 5. a 6. 6. (31,8 mm) stouply průměrné koncentrace plavenin 6. června na $2,6538 \text{ g.l}^{-1}$ (celkový odnos plavenin v tomto dni dosáhl 1 148 t). Obdobně ve dnech 26. a 27. 9. při srážkách 21,4 mm dosáhla průměrná koncentrace plavenin dne 27. 9. $1,215 \text{ g.l}^{-1}$. Ve všech výše uvedených případech se na odnosu podílely také lesní traktory.

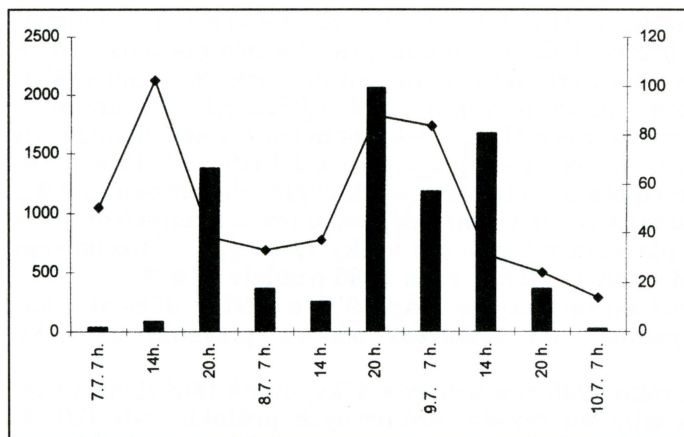
Rok 1995 byl poměrně na srážky slabý, avšak zvýšená koncentrace plavenin nad výše uvedenou hranici byla podmíněna prací lesních mechanismů ve vlhkém terénu. Koncem února při nízkých smíšených srážkách a tání sněhové pokrývky dosáhla koncentrace plavenin 28. 2. 1,0625 g.l⁻¹. Ve dnech 6. a 7. 6. spadlo 27,4 mm srážek, což mělo za následek nejen zvýšení okamžitých průtoků vody, ale zvýšení koncentrace plavenin na 1,1519 g.l⁻¹. Posledním dnem zvýšené koncentrace plavenin (a tím i jejich zvýšeného odtoku) byl 21. srpen, kdy po slabších srážkách (10,8 mm) v důsledku práce traktorů dosáhla průměrná koncentrace plavenin v tomto dni výšky 1,016 g.l⁻¹. Na celkovém odnosu sledovaného období se tyto 3 dny roku 1995 podílely 0,08 %.

Ve srovnání s předcházejícími lety se roky 1996 a 1997 v důsledku katastrofálních srážek podílely na celkovém odnosu plavenin za roky 1976 – 1998 70 %.

Ve dnech 20. a 21. 4. roku 1996 sice nebyly srážky, avšak tání zbytku sněhové pokrývky vedlo k silnému zvýšení průměrných průtoků vody (20. 4. – 10,5 m³.s⁻¹, 21. 4. – 17,0 m³.s⁻¹), takže i koncentrace plavenin dosáhly výrazného vzestupu a po oba dny se v termínech měření pohybovaly mezi 2 až 2,2 g.l⁻¹ (jejich průměrná koncentrace po oba dny mírně překračovala hodnotu 1,6 g.l⁻¹). K mimořádně vysokému odnosu plavenin došlo ve dnech 11. a 12. 6., kdy v průběhu 3 dnů spadlo 58,8 mm a zároveň byly nasazeny i lesní mechanismy, takže celkový odnos plavenin v tomto období dosáhl 3 652 t. Přívalové srážky dne 11. 6. v odpoledních hodinách zvedly okamžité průtoky vody z 1,46 m³.s⁻¹ ve 14 hod na 3,14 m³.s⁻¹ v hodinách večerních a okamžitá koncentrace plavenin ve stejné době stoupla z 0,381 g.l⁻¹ na 30,701 g.l⁻¹, což se odrazilo v celkovém odtoku plavenin v tomto dni ve výši 3 024 t. V následujícím dni se průměrná koncentrace plavenin snížila na 3,6342 g.l⁻¹ (v 7 hod ještě okamžitá koncentrace činila 13,1044 g.l⁻¹). Ke kritické situaci odnosu plavenin došlo ve dnech 7. – 10. září v důsledku rozsáhlých regionálních srážek, kdy od 6. 9. do 10. 9. spadlo 145,4 mm, okamžité průtoky vody dosáhly až 87,5 m³.s⁻¹ (7. 9. ve 20 hod); průměrné průtoky vody se v uvedených dnech pohybovaly mezi 12,7 – 47,4 m³.s⁻¹. Vysokým vodním srážkám a následným mimořádným průtokům i odtokům vody odpovídají také vysoké koncentrace plavenin a jejich odtoky. Vysoké okamžité koncentrace plavenin byly naměřeny po silných srážkách 7. 9., a to ve 20 hod (14,0507 g.l⁻¹) a 8. 9. v 7 hod (17,1548 g.l⁻¹, viz obr. 1.) Průměrné denní koncentrace plavenin se v uvedených dnech pohybovaly mezi 3 až 7 g.l⁻¹ a jejich celkový od-



Obr. 1 – Vztah mezi okamžitým průtokem vody (m³.s⁻¹) a okamžitým průtokem plavenin (kg) ve dnech 7. – 10. 9. 1996 profilem vodoměrné stanice ČHMÚ na bystřině horní Ostravice, Staré Hamry. Levá svislá osa – průtok plavenin v kg.s⁻¹, pravá svislá osa – průtok vody v m³.s⁻¹, vodorovná osa – sloupce: průtok plavenin, čára: průtok vody.



Obr. 2 – Vztah mezi okamžitým průtokem vody ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) a okamžitým průtokem plavenin (kg) ve dnech 7. – 10. 7. 1997 profilem vodoměrné stanice ČHMÚ na bystrině Ostravice, Staré Hamry. Levá svislá osa – průtok plavenin v $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$, pravá svislá osa – průtok vody v $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, vodorovná osa – sloupce: průtok plavenin, čára: průtok vody.

do vodárenské nádrže Šance ústím horní Ostravice ve Starých Hamrech 243 000 t nerozpuštěného materiálu, tj. 54,9 % odnosu plavenin za celé sledované období. Rozhodující byly červencové srážky ve dnech 6. – 8. 7., kdy spadlo celkem 174,1 mm a odtoklo 226 042 t plavenin, tj. 51 % plavenin za období 1976 – 1998. Průměrná koncentrace plavenin v uvedených třech dnech činila 7. 7. 18,3961 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, dne 8. 7. 16,2375 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ (okamžitá kulminace ve 20 hod dosáhla 23,5275 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, viz obr. 2) a dne 9. 7. 15,2682 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Vysoké srážky měly za následek také vysoké průtoky vody, její průměrný průtok dne 6. 7. činil 17,7 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, avšak 7. 7. již 57 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, 8. 7. 48 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a 9. 7. 53,5 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Okamžitý průtok vody v tomto období kulminoval 7. července ve 14 hod, a to 102 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. V ostatních 10 dnech roku 1997 (květen 3 dny, červen 1 den, červenec – dalších 5 dnů, listopad 1 den), kdy průměrná koncentrace plavenin přesáhla 1 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, bylo odnese 8 483 t, což představuje pouze 3 % odnosu za rok 1997 a 0,3 % za celé sledované období.

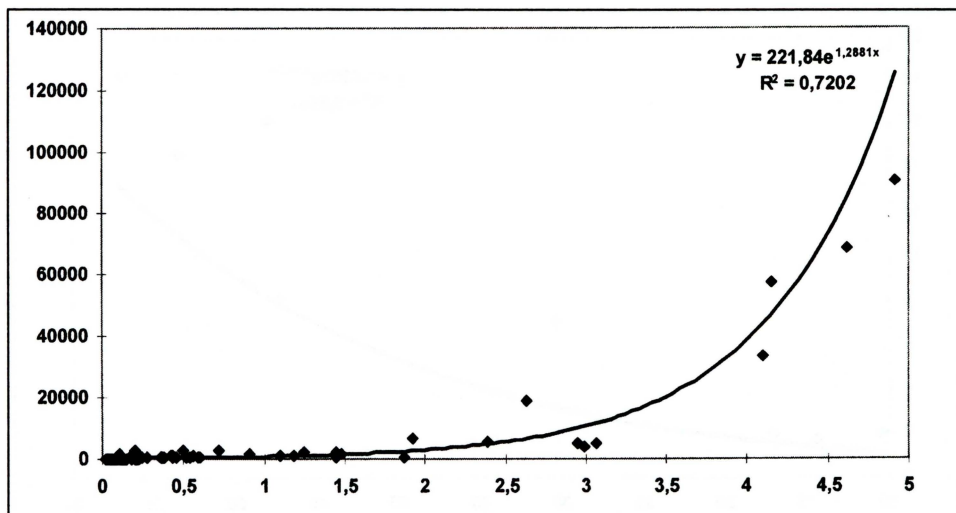
V r. 1998 se vyskytl pouze 1 den s koncentrací plavenin nad 1 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$, a to 8. 6., kdy spadlo 33,2 mm a okamžitý průtok vody v tomto dni stoupl z 0,27 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v ranních hodinách na 5,36 $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ odpoledne a koncentrace plavenin ve stejném období z 0,01 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ na 9,6217 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$. Celkový odnos plavenin v tomto dni dosáhl 159 t, tj. 0,04 % plavenin za celé sledované období.

Při vyhodnocení procentuálního podílu odnosu plavenin (při jejich průměrné koncentraci 1 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ více za 24 hod, celkem 71 dnů v letech 1976 – 1998) vyplývá, že v průběhu těchto dnů bylo z povodí horní Ostravice do vodárenské nádrže Šance odneseno celkem 78 % z celkového množství plavenin za toto období. Při vodních srážkách 10 mm a více a tání sněhu bylo za toto období odneseno 92,1 % z celkového množství plavenin (v průběhu 888 dnů, tj. včetně dnů, kdy koncentrace plavenin v 1 litru vody byla zvýšena, avšak v 817 dnech z výše uvedených 888 dnů nedosáhla hodnoty 1 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ průměrné denní koncentrace plavenin, viz Buzek 2000).

Ze stručného přehledu plaveninového režimu za 23 let sledování je zřejmé, že pro intenzitu odnosu nerozpuštěného materiálu v lesnický antropogenizo-

nos ve dnech 7. – 10. 9. dosáhl 60 200 t. Tato zářijová mimořádná hydrometeorologická situace vedla k odnosu plavenin ve výši 15,42 % z celkového odnosu za období 1976 – 1998.

K podstatně vyšší intenzitě plaveninového režimu došlo v r. 1997 (podrobnější informace viz. Buzek 1998) v období vysokých červencových srážek. V průběhu 13 dnů tohoto roku při koncentraci plavenin 1 $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ a více odtoklo



Obr. 3 – Vztah mezi odtokem vody v mil. m³ a odtokem plavenin v t při průměrných koncentracích plavenin 1g a více za 24 hodin 1997 (profil limnigrafická stanice ČHMÚ na bystřině Ostravice ve Starých Hamrech v období 1976 – 1998). Svislá osa – odtok plavenin (t), vodorovná osa – odtok vody (mil. m³).

vaném horském terénu na flyšovém podloží s vysokým podílem jílovců jsou rozhodující vodní srážky s vysokými intenzitami, dále dlouhodobé regionální srážky a rychlé tání sněhové pokrývky. Tento odnos bývá umocněn prací lesních traktorů v zamokřeném terénu (ve sledovaném období ze 71 dnů se tento antropogenní faktor projevil ve 36 dnech).

Porovnáme-li celkový odtok vody (mil. m³) v těchto dnech sledovaného období s odtokem plavenin (t), je zřejmé, že tento vztah má exponenciální charakter (obr. 3). Tento exponenciální vztah má tvar

$$y = 221,84^{1,2881 x},$$

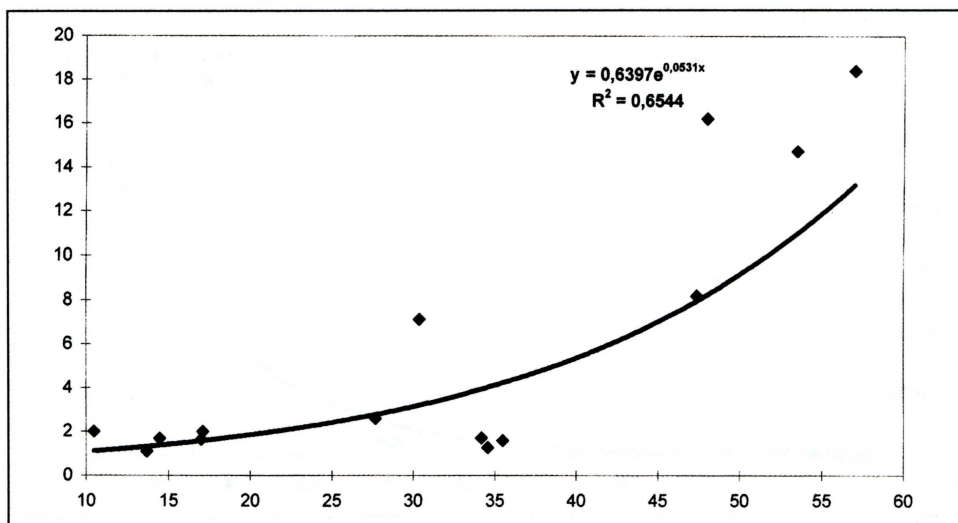
kde y je odtok plavenin (t) a x odtok vody (mil.m³) ve dnech s koncentrací plavenin 1 g.l⁻¹ a více. Uvedený vztah mezi oběma veličinami je poměrně těsný, protože r² činí 0,72 (r = 0,85). S rostoucím odtokem vody roste i odchylka experimentálních hodnot od teoretické křivky, jak je zřejmé z obr. 3.

Při posuzování vztahu mezi průměrným průtokem vody (m³.s⁻¹) a průměrnou koncentrací se jeví určitá zákonitost teprve při průměrném průtoku vody nad 10 m³.s⁻¹ a do této hodnoty mezi oběma veličinami neexistuje žádný vztah (viz obr. 4). Při průměrném průtoku 10 m³.s⁻¹ lze tento vztah vyjádřit exponenciálně ve tvaru

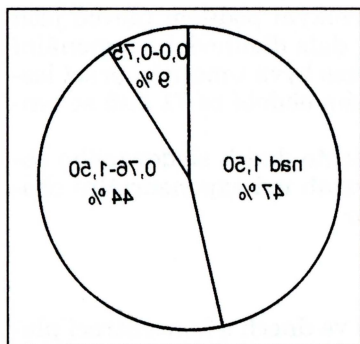
$$y = 0,6397^{0,0531 x},$$

kde y je průměrná koncentrace plavenin v g.l⁻¹ a x průměrný průtok vody v m³.s⁻¹ (r² = 0,65, r = 0,81).

Hodnotíme-li vliv procentuálního podílu odtoku plavenin z celkového odtoku sledovaného období ve výše uvedených 71 dnech na procentuální odtok vody za totéž období, jeví se i zde určitá zákonitost, protože r² je 0,78 (r = 0,88). I tento vztah má charakter exponenciální křivky ve tvaru



Obr. 4 – Vztah mezi průměrným průtokem vody v m³ za 1 s. a průměrnou koncentrací plavenin v g v 1 litru vody při pouměrném průtoku vody 10 m³ za 1 s. a více. Svislá osa – průměrná koncentrace plavenin v g na 1 litr vody, vodorovná osa – průměrný průtok vody m³ za 1 s.



Obr. 5 – Podíl odtoku plavenin při odtoku vody 0-0,076 mil. m³, 0,076-1,5 mil. m³ a nad 1,5 mil. m³ (při průměrné koncentraci plavenin 1 g a více za 1 s. v období 1991-1998)

$$y = 0,1205^{4568x}, \text{ (viz obr. 6).}$$

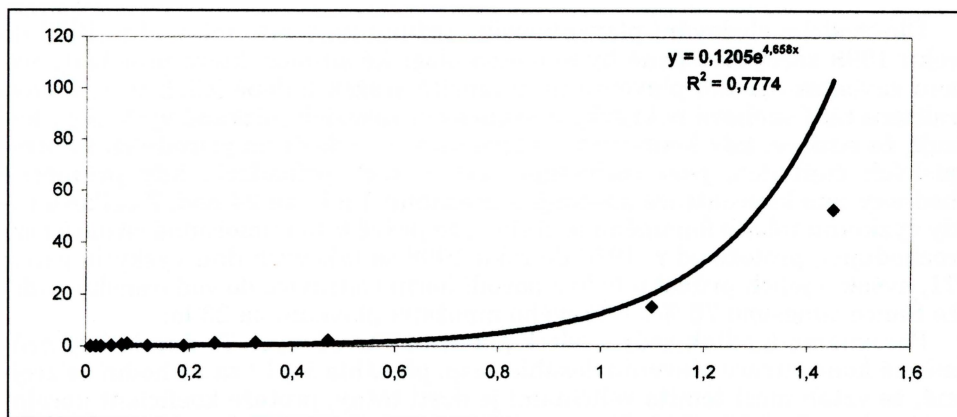
Z obrázku 5 je zřejmé, že největší množství plavenin odtéká z povodí horní Ostravice do vodárenské nádrže Šance při denním odtoku vody nad 0,75 mil. m³. Do této hodnoty odtok plavenin představuje pouze 9 %, při odtoku vody od 0,76 do 1,5 mil. m³ 44 % a nad tuto hodnotu 47 %.

Plaveninový režim je důležitým ukazatelem erozně denudačních procesů v povodí a z výše uvedené analýzy je zřejmé, že intenzita odnosu lesní půdy závisí především na mimořádných hydrometeorologických situacích, avšak nelze přehlížet ani antropogenní vlivy, které mohou být přímé (práce lesních mechanismů v době, kdy je terén zvlhčený po srážkách nebo tání sněhu, resp. manipulace s dřevní hmotou v blízkosti strží a bystřin) nebo nepřímé (hustá síť přibližovacích lesních komunikací, které se

v době vodních srážek nebo tání sněhu stávají odtokovými liniemi.

Přibližování dřev lesními traktory po poškozených lesních komunikacích (v povodí horní Ostravice nad vodárenskou nádrží Šance je jejich délka necelých 80 km, tj. při jejich šířce 3 m asi 0,4 % plochy povodí), je jevem, který podstatně přispívá ke zvyšování odnosu lesní půdy Svědčí o tom hluboké erozní rýhy na těchto komunikacích, pokud tyto komunikace po ukončení lesních prací nejsou asanovány.

Ke snížení odnosu lesní půdy v zalesněných oblastech s vysokým nasazením mechanismů pro odvoz dřeva by k základním ochranným zásadám měly náležet:



Obr. 6 – Procentuální podíl odtoku plavenin (při koncentraci 1 g a více na 1 litr vody) a vody na celkovém množství plavenin a vody v letech 1976 – 1998). Svislá osa – procentuální podíl plavenin, vodorovná osa – procentuální podíl vody.

- uvážit, zda na neúnosném podloží nasazovat těžké lesní traktory a nenahradit je lanovkovými systémy
- uvážit, zda nasadit v zavlhlém terénu traktory po silných srážkách nebo tání sněhu
- uvážit, zda z rozptýlené těžby není vhodnější použít pro přibližování dřevní hmoty koňské potahy
- uvážit umístění skládek dřeva tak, aby při jeho manipulaci nedošlo ke splachu rozvolněné zeminy a půdy do horských toků
- uvážit okamžitou asanaci zkopaných úseků nad lesními komunikacemi, které jsou také vydatným zdrojem plavenin.

Tyto základní zásady jsou v souladu s ustanoveními lesního zákona a nad vodárenskými nádržemi s Instrukcí MLVH č. 13 (1982). Praxe ukazuje, a to nejen v Moravskoslezských Beskydech, že právě na nejnižší kategorii lesních komunikací, tj. je na přibližovacích a nezpevněných odvozních cestách se vytvářejí nejčastěji po silných srážkách a tání sněhu erozní rýhy, které jsou nezanedbatelným zdrojem plavenin v tocích. Ze sledování plaveninového režimu v povodí horní Ostravice vyplývá, že „strojní eroze“ může přispět ke zvýšení plaveninového režimu až z 50 % (Buzek 1981).

Závěr

Vodní eroze lesní půdy je přirozeným morfogenetickým procesem, jehož intenzita je ovlivňována především charakterem vodních srážek a průběhem tání sněhu, litologickým charakterem podloží, reliéfem a v posledních desetiletích silnými lidskými zásahy, a to těžbou a přibližováním dřevní hmoty. Podíl mechanizace lesních prací na akceleraci erozních procesů je již natolik výrazný, že hovoříme o strojní erozi.

Intenzita erozních splachů ovlivňuje v tocích plaveninový režim, který ze všech sledovaných toků v Moravskoslezských Beskydech zasluhuje v povodí horní Ostravice zvláštní pozornost, protože tento tok ústí jako největší přítok (plocha povodí 72,96 km²) do vodárenské nádrže Šance, v níž tyto plaveniny z 90 % sedimentují.

Dlouhodobé sledování plaveninového režimu na tomto toku od r. 1976 do roku 1998 zachytilo různé hydrometeorologické situace, které prokázaly úzkou závislost obsahu plavenin na intenzitě srážek a době jejich trvání, charakteru tání sněhové pokrývky a lesnických zásazích. Získané výsledky ukazují, že situace, kdy koncentrace plavenin v závislosti na přírodních i antropických činitelích, jsou rozhodující zvl. v těch případech, kdy průměrné hodnoty této koncentrace dosahují a přesahují 1 g.l^{-1} za 24 hod. Z celkové řady výzkumu tohoto fenoménu je zřejmé, že právě tyto mimořádné situace jsou rozhodující, protože od r. 1976 do roku 1998 se takových dnů vyskytlo pouze 71, avšak v jejich průběhu bylo z povodí horní Ostravice do vodárenské nádrže Šance odneseno 78 % z celkového množství plavenin za 23 let.

Porovnáme-li odtok vody a odtok plavenin v uvedených 71 dnech, kdy průměrná koncentrace plavenin dosáhla resp. přesáhla 1 g.l^{-1} za 24 hodin, je zřejmé, že vztah mezi těmito veličinami je dosti těsný, protože koeficient korelace dosahuje hodnoty 0,81. Tento vztah má exponenciální charakter ve tvaru

$$y = 221,84^{1,2881 x},$$

kde y je odtok plavenin v t a x odtok vody v mil. m^3 .

Obdobně vliv procentuálního podílu odtoku vody na procentuálním podílu odtoku plavenin lze vyjádřit exponenciálním vztahem ve tvaru

$$y = 0,1208^{4868 x},$$

kdy r činí 0,88.

Největší množství plavenin z povodí horní Ostravice do vodárenské nádrže Šance odchází při denním odtoku vody 0,75 mil. m^3 a více, a to celých 91 %.

Flyšové podloží povodí horní Ostravice tvoří převážně břidlice, takže při přibližování dřevní hmoty je terén traktory silně narušován a přibližovací cesty se mohou stát zdrojem plavenin až z 50 % jejich celkového objemu, jak vyplývá ze starších autorových studií, mají zřetelné znaky přemodelování s četnými erozními stružkami a výmoly o hloubce až několik desítek centimetrů.

Důsledky strojní eroze je možno do jisté míry ovlivnit, především nasazováním lesních mechanismů podle stupně zvlhčení terénu po vodních srážkách nebo tání sněhu, dále vhodnou lokalizací skládek dřeva a včasnou asanací stroji poškozených svahů a lesních komunikací.

Literatura:

- BUZEK, L. (1981): Eroze proudící vodou v centrální části Moravskoslezských Beskyd. Spisy Pedagogické fakulty v Ostravě, č. 45, SPN, Praha, 165 s.
- BUZEK, L. (1986): Degradace lesní půdy vodní erozí v centrální části Moravskoslezských Beskyd. Sborník ČSGS, 91, č. 3, Academia, Praha, s. 112-126.
- BUZEK, L. (1993): Vliv dešťových srážek a tání sněhu na intenzitu vodní eroze v Moravskoslezských Beskydách. Sborník prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, 136, PřF OU, Ostrava, s. 33-45.
- BUZEK, L. (1996): Faktory urychlené eroze v jižním horském zázemí ostravské průmyslové aglomerace. Geografie – Sborník ČGS, 101, č. 3, ČGS, Praha, s. 211-224.
- BUZEK, L. (1997): Vodárenské nádrže v Moravskoslezských Beskydech a možnosti ohrožení jejich provozu. Geografie – Sborník ČGS, 102, č. 1, Praha, s. 42-49.
- BUZEK, L. (1998): Plaveninový režim v povodí horní Ostravice nad vodárenskou nádrží Šance v letech 1997 a 1998. Sborník prací Přírodovědecké fakulty Ostravské univerzity, Geografie – Geologie, 174, č. 6, Ostrava, s. 7-18.

- BUZEK, L. (1999): Water erosion of the forested area in the central part of the Moravskoslezské Beskydy Mts. -north-eastern part of the Czech Republic. In: Modern nature use and anthropogenic processes. Russian Academy of Science and University of Silesia, Irkutsk – Sosnowiec, s. 18-28.
- BUZEK, L. (2000): Plaveninový režim v povodí horní Ostravice. Journal of Forest Science, 46, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Praha, s. 275-286.
- Instrukce k hospodaření na lesních pozemcích v ochranných pásmech vodních zdrojů (1982). Věstník MLVH, částka 14, Praha, s. 3-6.
- JARABÁČ, M. (1979): Zhodnocení vývoje a současného stavu vodohospodářských funkcí lesů na území státně vodohospodářské důležité oblasti Beskyd. Závěrečná zpráva, Severomoravské státní lesy, Ostrava, 78 s.
- JARABÁČ, M., CHLEBEK, A., ZELENÝ, V. (1979): Vliv těžebních zásahů na splaveninový režim malých beskydských povodí. In: IX. celostátní konference „Hydrologická problematika při úpravách lesů“, 1, ČSVTS, Karlovy Vary, s. 35-41.
- MIDRIAK, R. (1977): Potenciálna erózia lesnej pôdy ČSSR. Vedecké práce Výskumného ústavu lesného hospodárstva vo Zvolení., 25, Príroda, Bratislava, s. 201-228.
- STEHLÍK, O. (1969): Wasserprobenentnahmegerät zur Feststellung der Schwebstoffmenge. Zprávy Geografického ústavu ČSAV, VI, GgÚ ČSAV, Brno, s. 7-10.
- ZELENÝ, V. (1976): Eroze na lesní půdě a její společenský význam na příkladu Beskyd. Lesnická práce, 55, MLVH, Praha, s. 25-31.

Summary

EROSION OF FOREST SOIL UNDER CONDITIONS OF HIGHER PRECIPITATION AND SNOW MELT (CASE STUDY CENTRAL PART OF THE MORAVSKOSLEZSKÉ BESKYDY MOUNTAINS)

Over the last few decades, even the densely wooded mountain areas in the Czech Republic have been negatively influenced by economical activities, esp. by forest works, affecting water erosional processes.

The central part of the Moravskoslezské Beskydy Mountains (northeastern part of the Czech Republic) south of the industrial city of Ostrava is destined to erosional damage of high intensity due to natural factors – especially lithology of substratum, sheer relief and substantial precipitation. This fact is supported by a dense erosional network (2 – 3 km/km²).

Up to 90 % of suspended load from the basin of the Upper Ostravice River (72.96 km²) in the central part of the Moravskoslezské Beskydy Mountains sediments in the space of the Šance Reservoir thus endangering it by silting up. The finest parts of the suspended load and colloids remain in the lake water for a long time; as a result the production of drinking water from the reservoir becomes more complicated and more expensive.

The long time observation of the suspended load régime between 1976 and 1998 under different hydrometeorological situations shows that the solid matter amount is closely dependent on the intensity and duration of precipitation, on the character of snow melt and human activities. Results show that under conditions when the concentration of suspended load is higher than 1 g.l⁻¹ in the course of 24 hours, the dependence is very close. Such situation was recorded only in 71 days in between 1976 and 1998, but 78 % of all suspended load amount over the 23 years was transported into the Šance Dam under such circumstances. The dependence between runoff of water and runoff of suspended load (when daily concentration of suspended load is 1 g.l⁻¹ and more) is very close, as the correlation coefficient is 0.81. It can be expressed by equation

$$y = 221,84^{1,2881} x,$$

where y is runoff of suspended load (in tons) and x runoff of water (in mil. m³).

A number of technical provisions should be made in order to reduce the accelerating of anthropogenic influence on degradation process in the central part of this mountain area. Reasonable use of machinery with respect to the character of relief and meteorological situation, more frequent use of funiculars for the transport of timber and immediate removal of all negative interference in the terrain belong to fundamental provisions. Above mentioned arrangements are necessary for the vital function of water economy in the central part of the Moravskoslezské Beskydy Mountains for the Ostrava industrial area.

Table 1 shows the suspended load régime in the torrent of the Upper Ostravice River (72,96 km²) in the period 1976 – 1998 under conditions of higher precipitation and snow melt (mean daily concentration of suspended load 1 g.l⁻¹ and more). Explanations: 1 – year and date, 2 – average concentration of suspended load (g.l⁻¹). The influence of forest machinery (+). 3 – outflow of suspended load (tons). 4 – percentage of outflow of suspended load from: a) outflow per year, b) total outflow between 1976 and 1998. 5 – average discharge of water (m³.s⁻¹). 6 – outflow of water (mil. m³). 7 – water precipitation (mm), snow melt (+). 8 – outflow of suspended load counted by the equation $y = 221,84^{1,2881} \times$ (if compared with column 3).

- Fig. 1 – Relation between momentary discharge of water (m³.s⁻¹) and momentary discharge of suspended load (kg.s⁻¹) through limnigraph profile on the Upper Ostravice Torrent in Staré Hamry between 7th and 10th September, 1996. Left y axis – discharge of suspended load in kg.s⁻¹; right y axis – discharge of water in m³.s⁻¹, x axis – columns: discharge of suspended load, line: discharge of water.
- Fig. 2 – Relation between momentary discharge of water (m³.s⁻¹) and momentary discharge of suspended load (kg.s⁻¹) through limnigraph profile on the Upper Ostravice Torrent in Staré Hamry between 7th and 10th July, 1997. Left y axis – discharge of suspended load in kg.s⁻¹, right y axis – discharge of water in m³.s⁻¹, x axis – columns: discharge of suspended load, line: discharge of water.
- Fig. 3 – Relation between total runoff of water (mil. m³) and total runoff of suspended load (tons) at average concentration of suspended load 1 g.l⁻¹ and more during 24 hours (limnigraph station on the Upper Ostravice River in Staré Hamry in the period 1976 – 1998). y axis – total runoff of suspended load (tons), x axis – total runoff of water (mil. m³).
- Fig. 4 – Relation between average discharge of water (m³.s⁻¹) and average concentration of suspended load (g.s⁻¹) when average discharge of water was 10 m³.s⁻¹ and more. y axis – average concentration of suspended load (g.l⁻¹), x axis – average discharge of water (m³.s⁻¹).
- Fig. 5 – Share of suspended load runoff in per cents when the runoff of water was: up to 0,75 mil. m³; 0,76 – 1,50 mil. m³; more than 1,50 mil. m³.
- Fig. 6 – Share of suspended load runoff in per cents (at concentration 1 g.l⁻¹ and more) and share of water runoff on the whole amount of suspended load and water in the period 1976 – 1998. y axis – share of suspended load runoff in %, y axis – share of water runoff in %.

(Pracoviště autora: katedra fyzické geografie Přírodovědecké fakulty OU, 30. dubna 22, 701 03 Ostrava 1.)

Do redakce došlo 27. 1. 2000