

VYHODNOCENÍ INDEXU PŘEDCHOZÍCH SRÁŽEK U VYBRANÝCH KLIMATOLOGICKÝCH STANIC

S. Kozlovská, F. Toman

Došlo: 31. března 2010

Abstract

KOZLOVSKÁ, S., TOMAN, F.: *Antecedent precipitation index evaluation at chosen climatological stations*. Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun., 2010, LVIII, No. 4, pp. 135–140

The water retention capacity of a landscape, usually measured for a catchment basin, is a very important and decisive characteristic to identify the runoff amount from the catchment area and, in consequence, for antierosion and flood protection measures. Besides, creating water reserves in the landscape and keeping the water in them is also rather important.

Soil humidity contributes to the calculation of potential water retention through modelling the runoff amount and peak discharge from the catchment basin within an area not larger than 5–10 km². This method is based on curve number values (CN), which are tabulated according to hydrological characteristics of soils, land use, vegetation cover, tillage, antierosion measures and soil humidity, estimated as a 5-day sum of preceding precipitation values. This estimation is known as the antecedent precipitation index and it is divided into 3 degrees – I, II, III. Degree I indicates dry soil but still moist enough to till, whereas degree III means that the soil is oversaturated by water from preceding rainfall. Degree II is commonly used in this context as the antecedent precipitation index.

The aim of this paper is to obtain real antecedent precipitation index values in given climatological stations (Brno, Dačice, Holešov, Náměšť nad Oslavou, Strážnice, Telč – Kostelní Myslová, Velké Meziříčí, Znojmo – Kuchařovice) for the period of years 1961 – 2009. Daily precipitation sums higher than 30 mm were considered to be the best candidate for such precipitation value since this occurs approximately once a year in studied areas. The occurrence of these sums was also analysed for each month within the growing season (April to October). The analysed data was tabulated by climatological stations in order to check the real occurrence of all antecedent precipitation index degrees within the studied period.

Finally, the effects of different antecedent precipitation index values on the potential water retention capacity of the sample catchment basin were calculated to compare the results.

precipitation, water retention capacity of a landscape, runoff, CN (curve number), antecedent precipitation index

Retenční schopnost krajiny a možnosti jejího zvyšování jsou v současnosti velmi aktuálním tématem. Je snahou zadržet srážkové vody v krajině co nejdéle, a to ze dvou hlavních důvodů: jednak při vytváření zásob vody v krajině pro správné fungování ekosystémů, jednak jako zadržení vysokých objemů odtoku při přívalových deštích, tedy ochrana povodí a níže ležících oblastí před povodněmi.

Retence vody je vyjádřením přirozené nebo umělé dočasné schopnosti zadržet vodu v prostředí.

Retenční schopnost je funkcí reliéfu, vegetačního krytu, půdně-fyzikálních charakteristik, parametrů vodních toků, vodních nádrží a poldrů. Retence vody je významným činitelem ovlivňujícím transformaci srážek v odtok z povodí. Vyšší retence znamená zmenšení okamžitých povodňových průtoků při prodloužení doby jejich trvání (Sklenička, 2003).

Jedním z činitelů ovlivňujících retenci krajiny jsou dle výše uvedeného výčtu půdně-fyzikální charakteristiky, kam lze zařadit také nasycenost půdy

vodou z předchozích srážek (index předchozích srážek). Tato charakteristika je součástí stanovení objemu odtoku a kulminačního průtoku z povodí o ploše do 5–10 km² metodou tzv. CN křivek (z angl. „curve number“), kde se bere v úvahu mimo jiné i celkové množství spadlých srážek v pěti předešlých dnech před dnem, ve kterém hodnotíme návrhovou srážku. Index předchozích srážek je členěn do tří stupňů – I, II, III (Dufková, Toman, Štátná; 2005).

Cílem práce je přesné stanovení indexu předchozích srážek (IPS) pro vybrané klimatologické stanice a ověření vhodnosti běžně užívaného IPS II.

MATERIÁL A METODIKA

Index předchozích srážek byl stanoven u osmi klimatologických stanic (Tab. I, Obr. 1), a to analýzou denních srážkových úhrnů v období 1961–2009, získaných z databáze Českého hydrometeorologického ústavu (ČHMÚ). Z těchto dešťů byly

vybrány pouze ty o celkovém úhrnu vyšším než 30 mm, které se vyskytly v měsících duben až říjen. Návrhová srážka 30 mm byla zvolena proto, že se vyskytuje ve studovaných oblastech průměrně jednou za rok. Další postup odpovídal výpočtu indexu předchozích srážek podle metodiky (Janeček, 2007). Byly zjištěny úhrny srážek za předešlých pět dní u těchto vybraných návrhových srážek a pro každou z nich následně stanoven index předchozích srážek. Byla také stanovena sezonalita výskytu srážek nad 30 mm v jednotlivých měsících vegetačního období (duben až říjen).

Základním vstupem metody CN křivek je návrhový srážkový úhrn o určitém časovém rozdělení, za předpokladu jeho stejnoměrného rozdělení po ploše povodí. Objem srážek je přeměněn na objem odtoku pomocí čísel odtokových křivek – CN (Toman, 1999).

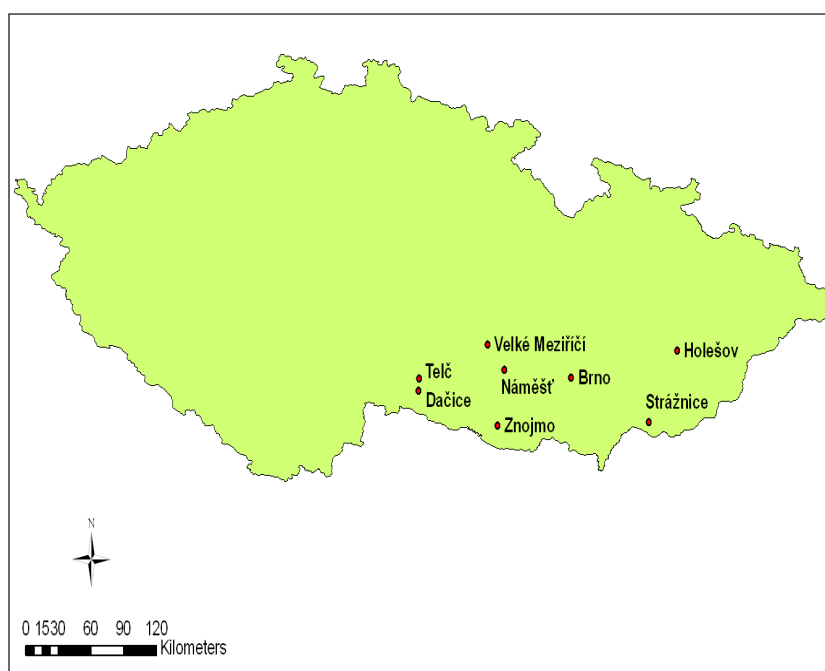
Čísla odtokových křivek CN jsou tabelizována podle:

- hydrologických vlastností půd rozdělených do čtyř skupin (A, B, C, D) na základě minimálních rychlostí infiltrace vody do půdy bez pokryvu po dlouhodobém nasycení,
- využití půdy, vegetačního pokryvu, způsobu obdělávání a uplatnění protierozních opatření,
- vlhkosti půdy určené na základě pětidenního úhrnu předcházejících srážek, tedy tzv. indexu předchozích srážek (IPS) ve třech stupních, kdy IPS I odpovídá suché půdě, ale s takovým obsahem vody v půdě, který ještě umožňuje uspokojivou orbu a obdělávání (celkový úhrn předchozích srážek za pět dnů je menší než 36 mm); při IPS III je půda přesycena vodou z předcházejících dešťů (celkový úhrn předchozích srážek za pět dnů je

I: Seznam analyzovaných klimatologických stanic

I: List of analysed climatological stations

Stanice	Nadm. výška (m)
Brno	241
Dačice	486
Holešov	224
Náměšť nad Oslavou	387
Strážnice	176
Telč – Kostelní Myslová	569
Velké Meziříčí	452
Znojmo – Kuchařovice	334



1: Mapa umístění analyzovaných klimatologických stanic

1: Location map of analysed climatological stations

větší než 53 mm). Pro návrhové účely se většinou používá IPS II (Podhrázská, 2003; Janeček, 2007).

K odhadu návrhového objemu přímého odtoku pro klimatologické stanice na území České republiky a Slovenské republiky lze využít N -leté jednodenní srážkové úhrny (Šamaj, Valovič, Brázdil; 1985).

Objem přímého odtoku se stanoví dle vztahu:

$$O = 1000 \cdot P \cdot H_o \text{ [m}^3\text{]}, \quad (1)$$

kde:

H_o – přímý odtok [mm],
 P – plocha povodí [km²].

Pro výpočet přímého odtoku se užívá rovnice:

$$H_o = (H_s - 0,2 \cdot A)^2 / (H_s + 0,8 \cdot A) \text{ [mm]} \quad \text{pro } H_s \geq 0,2 \cdot A, \quad (2)$$

kde:

H_s = úhrn přívalové (návrhové) srážky [mm],
 A = potenciální retence [mm].

Přímý odtok (H_o) tedy závisí na úhrnu návrhové srážky (H_s) a na potenciální retenci (A), která se počítá pomocí čísel odtokových křivek dle rovnice:

$$A = 25,4 \cdot (1000 / CN - 10) \text{ [mm]}. \quad (3)$$

VÝSLEDKY A DISKUSE

Pro názornost je uvedena kompletní tabulka dešťů o vydatnosti nad 30 mm se stanovením IPS pro období 1961 až 2009 ve stanici Náměšť nad Oslavou (Tab. II). V Tab. III je vyjádřeno procentické rozdělení srážek dle IPS ve všech stanicích. Počet dešťů o vydatnosti nad 30 mm a jejich rozdělení dle IPS lze vyčíst z Tab. IV. Analýza je doplněna o výskyt srážek nad 30 mm dle měsíců (Tab. V), kdy nejvyšší výskyt návrhových srážek byl zaznamenán v letním období (červen až srpen).

Při stanovení odtoku z povodí metodou CN křivky se u nás používají hodnoty CN křivek pro IPS II, aniž by se provádělo skutečné ověření správnosti této volby. Výsledky tohoto výzkumu však ukázaly, že paušální použití IPS II není opodstatněné.

II: Index předchozích srážek (IPS) pro stanici Náměšť nad Oslavou (1961–2009)

II: Antecedent precipitation index for climatological station Náměšť nad Oslavou (1961–2009)

Datum	Srážkový úhrn (mm)	Předchozí srážky za 5 dní (mm)	IPS	Datum	Srážkový úhrn (mm)	Předchozí srážky za 5 dní (mm)	IPS
15. 7. 1961	36,3	17,3	I	17. 8. 1985	41,5	0	I
13. 5. 1962	35,3	31,8	I	6. 7. 1986	34,1	0,5	I
3. 5. 1963	31,0	13,5	I	29. 8. 1988	59,9	7,6	I
21. 6. 1964	36,7	17,7	I	2. 9. 1988	30,1	59,9	III
28. 7. 1964	41,0	0,5	I	26. 6. 1991	36,5	2,1	I
1. 7. 1965	45,2	17,8	I	12. 5. 1994	34,7	5,2	I
28. 7. 1966	39,8	34,9	I	5. 7. 1994	48,2	0	I
8. 6. 1967	35,5	12,7	I	12. 6. 1995	37,8	39,7	II
4. 8. 1967	61,8	0	I	14. 9. 1995	55,1	0,4	I
5. 7. 1969	30,7	0	I	21. 6. 1996	36,2	3,7	I
21. 8. 1970	39,4	16,1	I	3. 8. 1996	31,6	6,5	I
14. 6. 1972	41,2	0	I	5. 10. 1996	30,6	1,1	I
2. 8. 1972	42,8	11	I	8. 5. 1997	31,1	2	I
7. 7. 1973	37,1	0,7	I	5. 7. 1997	32,3	38,7	II
31. 5. 1974	35,6	0,4	I	17. 7. 1997	47,2	14,1	I
14. 7. 1974	34,5	33,9	I	27. 7. 1998	34,5	48,9	II
30. 6. 1975	30,6	6,2	I	28. 8. 1999	56,2	0	I
31. 7. 1977	31,7	0,1	I	28. 7. 2000	37,5	25,4	I
12. 10. 1980	41,3	27,8	I	20. 8. 2001	39,1	0	I
26. 6. 1981	34,6	19,2	I	6. 6. 2002	37,8	0	I
13. 9. 1981	36,5	9,4	I	11. 8. 2002	32,3	40,1	II
12. 6. 1982	30,2	2,9	I	26. 5. 2003	42,1	0	I
17. 7. 1982	39,8	0,5	I	15. 8. 2005	37,5	10,1	I
15. 8. 1982	53,5	3,3	I	27. 5. 2006	32,6	18,4	I
27. 6. 1983	30,5	1,1	I	7. 8. 2006	35,1	66	III
18. 5. 1985	33,2	23	I	20. 7. 2007	42,6	1,7	I
6. 8. 1985	40,1	23,6	I				

III: Výskyt dešťů s vydatností nad 30 mm dle jednotlivých IPS (1961–2009) [%]

III: Occurrence of precipitation above 30 mm divided by antecedent precipitation degrees (1961–2009) [%]

Stanice	IPS I	IPS II	IPS III
Brno	91,5	2	6,5
Dačice	95,5	4,5	0
Holešov	84,5	13	2,5
Náměšť nad Oslavou	88,5	7,5	4
Strážnice	85,5	8	6,5
Telč – Kostelní Myslová	92,0	6,5	1,5
Velké Meziříčí	85,0	15	0
Znojmo – Kuchařovice	98,0	2	0
PRŮMĚR	90,0	7,4	2,6

IV: Počet dešťů s vydatností nad 30 mm dle jednotlivých IPS (1961–2009)

IV: Number of precipitation above 30 mm divided by antecedent precipitation degrees (1961–2009)

Stanice	IPS I	IPS II	IPS III	Σ
Brno	42	1	3	46
Dačice	63	3	0	66
Holešov	65	10	2	77
Náměšť nad Oslavou	47	4	2	53
Strážnice	54	5	4	63
Telč – Kostelní Myslová	57	4	1	62
Velké Meziříčí	39	7	0	46
Znojmo – Kuchařovice	48	1	0	49
PRŮMĚR	51,9	4,4	1,5	57,8

V: Výskyt dešťů s vydatností nad 30 mm dle jednotlivých měsíců vegetačního období (1961–2009) [%]

V: Occurrence of precipitation above 30 mm in single months of the growing season (1961–2009) [%]

Stanice	duben	květen	červen	červenec	srpen	září	říjen
Brno	0,0	13,0	26,0	22,0	19,5	17,5	2,0
Dačice	1,5	13,5	21	29	26	7,5	1,5
Holešov	2,5	9	24,5	24,5	21	14,5	4
Náměšť nad Oslavou	0	17	20,5	28,5	24,5	5,5	4
Strážnice	1,5	6,5	38	17,5	17,5	12,5	6,5
Telč – Kostelní Myslová	1,5	13	21	26	29	8	1,5
Velké Meziříčí	0	11	19,5	28,5	28	8,5	4,5
Znojmo – Kuchařovice	0	16,5	24,5	14,5	28,5	14	2
PRŮMĚR	1,0	12,5	24,5	23,5	24,5	11,0	3,0

Na osmi zkoumaných stanicích jednoznačně převažují deště s IPS I, a to průměrně v 90 procentech případů (Tab. III). Z kontrolních důvodů byl proveden též výpočet IPS pro období mimovegetační, ačkoli zde je problematické hodnotit erozní účinek, nevíme-li, zda srážky byly sněhové či dešťové (není účelem této studie). Výsledky přesto potvrdily převahu dešťů s IPS I i v tomto období.

Při stanovení potenciální retence povodí je v případě IPS I nutno volit jinou hodnotu CN křivky než u IPS II, a to korekcí uvedenou v metodice (Janeček, 2007). Ilustrační příklad výpočtu potenciální retence a objemu přímého odtoku pro povodí o ploše 1 km² a pro všechny typy IPS je uveden v Tab. VI.

Příklad demonstruje významnost volby IPS pro výši potenciální retence a přímého odtoku z povodí. Běžně používaný IPS II by v tomto příkladě vedl k výši potenciální retence povodí 41 mm, kdežto reálná hodnota dle IPS I by se zvýšila na 99 mm. Toto se projeví i v dalších návrhových hodnotách, například přímý odtok z povodí by se výrazně snížil ze 7,5 mm (25 % z návrhové přívalové srážky) na 1 mm (3,3 % z návrhové přívalové srážky). Výše uvedené hodnoty návrhových parametrů pro IPS I by platily průměrně v 90 % případů (84,5 %–98 % dle stanice),

VI: Stanovení potenciální retence povodí – příklad čerstvě zkyprného úhru na půdě se střední rychlostí infiltrace (hydrologická skupina půd „B“)

VI: Potential retention assessment of the catchment basin – example of recently hoed bare fallow soil with medium infiltration speed (hydrological soil group „B“)

	IPS II	IPS I	IPS III
číslo CN křivky	86	72	94
potenciální retence A (mm)	41,3	98,8	16,2
Návrhová srážka (mm)	30	30	30
Plocha povodí (km ²)	1	1	1
Přímý odtok (mm)	7,5	1,0	16,7
Objem přímého odtoku (m ³)	7486	963	16662

kdežto IPS II se reálně vyskytlo pouze u 7,4 % případů (v rozmezí 2 %–15 % dle stanice).

Rozdíly ve volbě IPS se projeví především v nutnosti návrhu protierozních a protipovodňových opatření v povodí, tedy i ve výši nezbytných finančních nákladů.

SOUHRN

Retence krajiny a její zvyšování je v současnosti velmi aktuálním tématem. Je snahou zadržet srážkové vody v krajině co nejdéle, a to ze dvou hlavních důvodů: jednak při vytváření zásob vody v krajině pro správné fungování ekosystémů, jednak jako zadržení vysokých objemů odtoku při přívalových deštích, tedy ochrana povodí a níže ležících oblastí před povodněmi.

Jedním z činitelů ovlivňujících retenci krajiny jsou půdně-fyzikální charakteristiky, kam lze zařadit také nasycenost půdy vodou z předchozích srážek (index předchozích srážek). Tato charakteristika je součástí stanovení objemu odtoku a kulminačního průtoku z povodí o ploše do 5–10 km² metodou tzv. CN křivek (z angl. „curve number“), kde se bere v úvahu mimo jiné i celkové množství spadlých srážek v pěti předešlých dnech před dnem, ve kterém hodnotíme návrhovou srážku. Index předchozích srážek je členěn do tří stupňů – I, II, III.

Cílem práce je přesné stanovení indexu předchozích srážek (IPS) pro vybrané klimatologické stanice a ověření vhodnosti běžně užívaného IPS II. Analyzovány byly denní srážkové úhrny u osmi klimatologických stanic (Brno, Dačice, Holešov, Náměšť nad Oslavou, Strážnice, Telč – Kostelní Myslová, Velké Meziříčí, Znojmo – Kuchařovice) v období 1961–2009.

Z těchto deštů byly vybrány pouze ty o celkovém úhrnu vyšším než 30 mm, které se vyskytly v měsících duben až říjen. Návrhová srážka 30 mm se vyskytuje ve studovaných oblastech průměrně jednou za rok. Další postup odpovídal výpočtu indexu předchozích srážek podle metodiky (Janeček, 2007). Byly zjištěny úhrny srážek za předešlých pět dní u těchto vybraných návrhových srážek a pro každou z nich následně stanoven index předchozích srážek. Byla také stanovena sezonalita výskytu srážek nad 30 mm v jednotlivých měsících vegetačního období (duben až říjen).

Při stanovení odtoku z povodí metodou CN křivek se u nás používají hodnoty CN křivek pro IPS II, aniž by se provádělo skutečné ověření správnosti této volby. Výsledky tohoto výzkumu však ukazují, že paušální použití IPS II není opodstatněné. Deště s IPS I byly potvrzeny průměrně v 90 % případů (84,5%–98 % dle stanice), kdežto IPS II se reálně vyskytlo pouze u 7,4 % případů (v rozmezí 2%–15 % dle stanice). Na všech osmi zkoumaných stanicích tedy jednoznačně převažují deště s IPS I. Rozdíly ve volbě IPS se projeví především v nutnosti návrhu protierozních a protipovodňových opatření v povodí, tedy i ve vyšší nezbytných finančních nákladech.

srážky, retenční kapacita krajiny, odtok, CN křivky, index předchozích srážek

SUMMARY

The water retention capacity of a landscape, usually measured for a catchment basin, is a very important and decisive characteristic to identify the runoff amount from the catchment area and, in consequence, for antierosion and flood protection measures. Besides, creating water reserves in the landscape and keeping the water in them is also rather important.

Soil humidity contributes to the calculation of potential water retention through modelling the runoff amount and peak discharge from the catchment basin within an area not larger than 5–10 km². This method is based on curve number values (CN), which are tabulated according to hydrological characteristics of soils, land use, vegetation cover, tillage, antierosion measures and soil humidity, estimated as a 5-day sum of preceding precipitation values. This estimation is known as the antecedent precipitation index and it is divided into 3 degrees – I, II, III.

The aim of this paper is to obtain real antecedent precipitation index values in given climatological stations (Brno, Dačice, Holešov, Náměšť nad Oslavou, Strážnice, Telč – Kostelní Myslová, Velké Meziříčí, Znojmo – Kuchařovice) for the period of years 1961 – 2009. Daily precipitation sums higher than 30 mm were considered to be the best candidate for such precipitation value since this occurs approximately once a year in studied areas. The occurrence of these sums was also analysed for each month within the growing season (April to October). The analysed data was tabulated by climatological stations in order to check the real occurrence of all antecedent precipitation index degrees within the studied period.

Degree II is commonly used as the antecedent precipitation index to determine the runoff amount from the catchment area using the CN values method. This assumption is made without verifying its validity for each particular case. The results of this study indicate that generalized use of degree II is not properly justified. Degree I precipitation was confirmed in average for 90% of the cases (84,5% to 98%, depending on the station), whereas degree II occurred in just 7,4% of the cases (2% to 15%, depending on the station). Therefore, in all eight climatological stations unequivocally prevails degree I as the antecedent precipitation index. Choosing a different antecedent precipitation index degree influences above all the need for antierosion and flood protection measures in the catchment basin and, in turn, certain related financial expenses.

Příspěvek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“ uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

LITERATURA

- DUFKOVÁ, J., TOMAN, F., ŠŤASTNÁ, M., 2005: Srovnání metod stanovení faktoru erodovatelnosti půdy K. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 53, 5: 197–206. ISSN 1211-8516.
- JANEČEK, M. ET AL., 2007: *Ochrana zemědělské půdy před erozí*. Praha: VÚMOP, v.v.i, 2007. 76 s. ISBN 978-80-254-0973-2.
- PODHRÁZSKÁ, J., 2003: Vliv hospodaření v povodí na jeho retenci. In: ŠIŠKA, B. et al. (ed.) *Funkcia energetickej a vodnej bilancie v bioklimatologických systémoch*. Račková dolina: International Bioclimatological Workshop. ISBN 80-8069-244-0.
- SKLENIČKA, P. 2003: *Základy krajinného plánování*. Praha: Naděžda Skleničková. ISBN 80-903206-0-0.
- ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š., BRÁZDIL, R., 1985: Denné úhrny zrážok s mimoriadnou výdatnosťou v ČSSR v období 1901–1980. *Zborník prác SHMÚ Bratislava*, 24: 9–112.
- TOMAN, F., 1999: Vliv indexu předchozích srážek na stanovení potenciální retence povodí. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae Mendelianae Brunensis*, 47, 5: 7–12. ISSN 1211-8516.

Adresa

Ing. Silvie Kozlovská, prof. Ing. František Toman, CSc., Ústav aplikované a krajinné ekologie, Mendelova univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, email: silvie.kozlovska@mendelu.cz, tomanf@mendelu.cz