



Program Flood_V

Výpočet objemu N-letých povodňových vln

Dokumentace

Teoretický základ

Příručka uživatele

Případová studie Žarošice

Pavel Kovář, Jiří Zezulák

Praha, prosinec 2010

Tato dokumentace včetně programového vybavení byla vypracována v rámci grantového projektu
„Optimalizace zemědělské a říční krajiny v ČR s důrazem na rozvoj biodiverzity“
po číslem MŠMT 2B06101

Koordinátor Prof. Dr. Ing. Bořivoj Šarapatka, CSc., Řešitel Prof. Ing. Pavel Kovář, DrSc.

Česká zemědělská univerzita v Praze, fakulta životního prostředí
katedra biotechnických úprav krajiny

Tato dokumentace včetně programového vybavení si klade za cíl přispět k odvození návrhových objemů povodňových vln na malých povodích bez kauzálních pozorování srážka – odtok. Má sloužit projekci a provozu technických protipovodňových a protierozních opatření.

OBSAH	
1 TEORETICKÝ ZÁKLAD	1-5
1.1 LITERATURA.....	1-7
2 PŘÍRUČKA UŽIVATELE	2-8
2.1 ÚVOD	2-8
2.2 INSTALACE PROGRAMU FLOOD_V.....	2-8
2.3 STRUKTURA PROGRAMU	2-8
2.4 PŘEHLED VSTUPNÍCH DAT	2-8
2.5 PŘEHLED VÝSTUPNÍCH DAT	2-9
2.6 DIALOGOVÉ ŘÍZENÍ, UŽIVATELSKÝ FORMULÁŘ	2-10
3 PŘÍPADOVÁ STUDIE: „NÁVRH POLDRU NA POTOCE ZDRAVÁ VODA V ŽAROŠICÍCH“	3-11
3.1 OBECNÉ CHARAKTERISTIKY LOKALITY.....	3-11
3.2 VSTUPNÍ DATA PROGRAMU FLOOD_V POUŽITÉ K VÝPOČTU OBJEMU A TVARU N-LETÉ POVODŇOVÉ VLNY ZE ZNÁMÝCH FYZICKO-GEOGRAFICKÝCH FAKTORŮ POVODÍ A ZADANÝCH KULMINACÍ Q _{MAX} (ČHMÚ)	3-12

1 Teoretický základ

Jednou ze základních syntetizovaných charakteristik povodí je jednotkový hydrogram UH, odvozený s použitím typové S-křivky (US SCS, 1992). Metoda jednotkového hydrogramu je založena na předpokladu rovnoměrného plošného rozložení jednotkového příčinného deště vysoké intenzity a krátké doby trvání na relativně malém povodí s lineárním srážko-odtokovým procesem, kdy platí tzv. princip superpozice. Tento princip předpokládá platnost lineárního vytváření odtoku, který lze popsat soustavou „genetických“ odtokových rovnic typu:

$$K \frac{dQ}{dt} + Q(t) = P(t) \quad (1)$$

kde	K	časová konstanta transformace	(s)
	$Q(t)$	výstupní průtoková pořadnice	($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
	$P(t)$	vstupní srážková pořadnice	($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

Pro diskrétní časovou pořadnici $t \rightarrow \Delta t$ lze obecně rovnici (1) zapsat jako:

$$Q(i \cdot \Delta t) = \Delta t \sum_0^n (P(n) \cdot u(0, i - n)) \quad (2)$$

Kde $u(0, i - n)$ je pořadnice jednotkového hydrogramu $\Delta t \cdot \text{UH}$.

S-křivka označovaná jako $S(t)$ je součtovou čarou těchto pořadnic, když $t > t_k$, kde t_k je doba koncentrace na povodí:

$$S(t) = \sum_0^T u(0, i - n) \quad (3)$$

Výsledný jednotkový hydrogram je pak:

$$\Delta t \text{UH}(t) = S(t) - S(t - \Delta t) \quad (4)$$

Časová translace odtoku je závislá na době dobíhání, t_L . Ta je určena dle metodiky US SCS (US SCS, 1985; 1992), nebo (Ferguson, 1998), následně:

$$t_L = \frac{(3,28 \cdot L)^{0,8} \cdot (0,04A + 1)^{0,7}}{1900J_o^{0,5}} \quad (5)$$

Kde	L	hydraulická délka údolnice	(m)
	J_o	sklon údolnice	(%)
	A	potenciální retence povodí (mm), (pro: $50 < \text{CN} < 100$)	

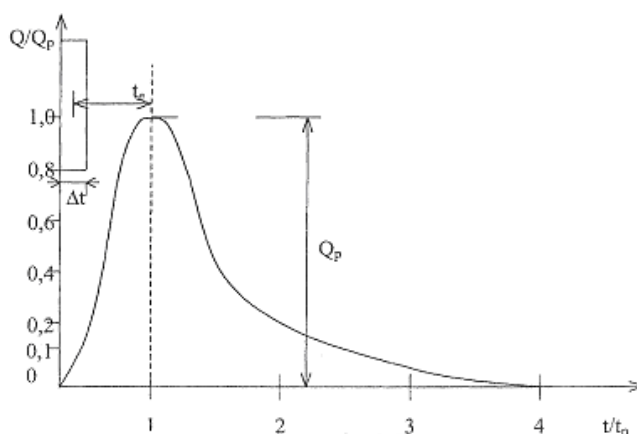
Časová souřadnice kulminace hydrogramu t_p (hod) je potom:

$$t_p = \frac{\Delta t}{2} t_L \quad (6)$$

kde Δt je délka časového kroku a současně doba trvání jednotkového efektivního deště, determinujícího UH. Hodnota t_p není tedy časovou souřadnicí kulminace obecného srážko-odtokového případu, ale je parametrem potřebným k určení UH z bezrozměrné typové S -křivky. Typová Δt UH a Q -pořadnice S -křivky jsou na Obr.1. Tyto pořadnice, uvedené s diskrétním krokem 5% se transformují podle skutečných parametrů povodí, tzn. v závislosti na t_L a t_p . Q -pořadnice S -křivky vyplývají z úměry:

$$\frac{Q}{Q_p} = \alpha \frac{t}{t_p} \quad (7)$$

kde α je součinitel parametrické úměry. Skutečný TUH vzniká odečtením dvou S -křivek časově posunutých o Δt (Kovář, Pleštilová, 2009).



Obr. 1 Bezrozměrný jednotkový hydrogram UH

Tab. 2 Bezrozměrný jednotkový hydrogram UH

č. poř.	hodn. poř.	č. poř.	hodn. poř.
1	0,094	11	0,248
2	0,120	12	0,264
3	0,138	13	0,282
4	0,156	14	0,302
5	0,170	15	0,324
6	0,184	16	0,350
7	0,194	17	0,382
8	0,204	18	0,430
9	0,216	19	0,520
10	0,232	20	1,000

1.1 Literatura

EU Flood Directive: Directive 2007/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2007 on the assessment and management of flood risks.

EU Water Framework Directive: Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council, Strasbourg, 23. 10. 2000: 96 s.

Ferguson, B.K., 1998: *Introduction to Stormwater*. J.Wiley & Sons, Inc., 1998, ISBN: 0-471-16528-X, New York, USA.

Kovář, P., Pleštilová, R., 2009: Metodika odvození objemu návrhových povodňových odtoků pro určování parametrů staveb protipovodňové ochrany na malých povodích. *Konference krajinné inženýrství 2009*, ISBN 978-80-903258-8-3, ČSKI, Praha.

USDA SCS, 1985: *National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. U. S. Soil Conservation Service, Washington, D.C. USDA SCS, 1985: *National Engineering Handbook, Section 4: Hydrology*. U. S. Soil Conservation Service, Washington, D.C.

US SCS, 1992: Soil Conservation Service: *Urban Hydrology for Small Watersheds*. Technical Release 77, 2004, USDA Washington D.C.

2 Příručka uživatele

2.1 Úvod

Program vypočte objem návrhové povodňové vlny, je-li zadána hodnota maximálního průtoku dle ČHMÚ a to buď podle proporcionality s TUH, nebo konvolucí návrhového deště s TUH. Jednotkový hydrogram je vypočten na základě transformace standardního TUH_SCS dle reálných fyziografických charakteristik povodí.

2.2 Instalace programu Flood_V

Program je vyvinut v prostředí MS Excel – VBA (Visual Basic for Applications). Vyžaduje proto instalaci systému MS Office a to od verze 2003 nebo vyšší. Z tohoto důvodu není třeba standardních postupů instalace.

Postup přidání programu **Flood_V** spočívá v pouhém vytvoření kopie souboru Flood_V.xls (MS Office verze 2003) nebo Flood_V.xlsm (MS Office verze 2007 a vyšší) v libovolném adresáři Vašeho počítače.

Program je řešen jako otevřený systém, s dostupným zdrojovým kódem interpretu VBA. Upozorňujeme na možnost poruchy provozu systému při neoprávněném zásahu do zdrojového kódu. **Otevírání programu Flood_V v extenzi VBA v aplikaci MS Excel proto v žádném případě nedoporučujeme.**

2.3 Struktura programu

Veškeré vstupně/výstupní operace jsou uloženy na dvou Listech MS Excelu a kryty Dialogovým prostředím vyvinutým formou formuláře VBA:

- List 1 **Titul_Vstupy**
- List2 **Výstupy**
- Formulář **Flood_V** (VBA UserForm)

Toto uspořádání přináší výhodu snadného vkládání vstupních dat dialogovou formou prostřednictvím formuláře a současně umožňuje i pohotové analýzy a zpracování výstupů programu jednoduchými prostředky MS Excel.

2.4 Přehled vstupních dat

Vstupní data jsou zobrazena ve formě tabulky MS Excel na Listu **Titul_Vstupy** :

Lokalita:	Cname=	
Scénár:	Ename=	
Adresár:	Fname=	
Plocha povodí:	Area=	(km2)
Délka hlavního toku (udolnice):	L=	(m)
Průmerný sklon udolnice:	Y=	(%)
Cislo odtokové krivky CN:	CN=	(-)
Cislo max. odtokové krivky CNM:	CNM=	(-)
Pocáteční bezodtok. retence:	Reten=	(mm)

Pocet poradnic zadaného hydrogramu: **Il=** (-)
Délka casového kroku: **Delt=** (hod)

Doba opakování, Qmax: **Qu, Qmax=** (roky) (m3/s)

1
2
5
10
20
50
100

Vstupní data jsou do programu vkládána buď dialogovou formou prostřednictvím krycího formuláře **Flood_V** nebo přímo v tabulkovém procesoru MS Excel v Listu **Titul_Vstupy**.

2.5 Přehled výstupních dat

Výstupní data jsou zobrazena ve formě tabulky MS Excel na Listu **Vstupy** pro 7 hodnot dob opakování: 1-, 2-, 5-, 10-,20-, 50-,a 100-let.

Vystup procedury Flood_V:	Výsledné hydrogramy (proporcionální s TUH_SCS)		
Cetnost opakování:	N=	1	(let)
Hodnota kulminace (dle CHMU):	Qmax=	0.06	(m3/s)
Poradnice doby kulminace	IMAX=	4	(-)
Doba dobihani:	TL=	1.50	(hod)
Objem vlny:	VOL=	0.46	(tis. m3)

Současně je zobrazen průběh návrhových vln s uvedenou dobou opakování, např.:

index	cas	Q1	Q2	Q5	Q10	Q20	Q50	Q100
(-)	(hod)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)
1	0.50	0.008	0.018	0.040	0.066	0.093	0.147	0.211
2	1.00	0.015	0.030	0.054	0.070	0.093	0.147	0.211
.
.
15	7.50	0.002	0.003	0.008	0.013	0.018	0.029	0.041
16	8.00	0.002	0.003	0.008	0.013	0.018	0.029	0.041
17	8.50	0.002	0.003	0.008	0.013	0.018	0.029	0.041
18	9.00	0.001	0.003	0.008	0.013	0.018	0.029	0.041
19	9.50		0.002	0.008	0.013	0.018	0.029	0.041
20	10.00			0.007	0.013	0.018	0.029	0.041
21	10.50				0.013	0.018	0.029	0.041
22	11.00				0.001	0.018	0.029	0.041
23	11.50					0.003	0.029	0.041
24	12.00						0.018	0.041
25	12.50							0.016

2.6 Dialogové řízení, uživatelský formulář

Formulář na Obr. 2 ukazuje uživatelský dialog programu **Flood_V**. Program se spouští příkazovým tlačítkem **start Flood_V** v levém horním rohu MS Excel Listu **Titul_Vstupy**. Další pořizování dat je intuitivní.

Flood_V: návrhové hydrogramy a objemy povodňových vln

Anotace programu
 Program Flood_V je produkt Fakulty životního prostředí České zemědělské univerzity v Praze, Katedra biotechnických úprav krajiny.
 Řešitelé: Pavel Kovář, Jiří Zezulák
 O aplikaci

Projekt a adrese
 Lokalizace: Zarožice
 Adresář: c:\temp
 Scénář: Q-N

Fyziografické charakteristiky
 Plocha povodí: 0.18 (km²)
 Délka údolínice: 790 (m)
 Sílení údolínice: 7.3 (%)
 Číslo obtokové křivky CN: 73 (-)
 Číslo max. odtokové křivky CNMI: 87 (-)
 Početění bezodtoková retenční: 0 (mm)

Charakteristický hydrogram
 Počet poradič: 30 (-) Casový krok: 0.5 (hod)
 Doba opakování, Qmax: (m³/s)
 1 0.06
 2 0.14
 5 0.3
 10 0.49
 20 0.75
 50 1.2
 100 1.7

Výstup programu Flood_V (výsledné hydrogramy proporcionalitní s TUH_SCS):

N (-)	Qmax (m ³ /s)	Imax (-)	Tk (hod)	VOL (tis. m ³)
1	0.06	4	1.50	0.46
2	0.14	4	1.60	1.10
5	0.3	4	1.74	2.72
10	0.49	5	1.85	4.71
20	0.75	5	1.97	7.01
50	1.2	5	2.11	11.73
100	1.7	5	2.19	17.42

Legenda:
 Doba opakování: N (roky)
 Hodnota kulminace (dle CHMU): Qmax (m³/s)
 Poradnice doby kulminace: Imax (-)
 Doba dobíhání: Tk (hod)
 Objem vlny: VOL (tis. m³)

Abnormality výpočtu a chyby:
 casovy krok > 0.25*Tk -> možnost oscilace TUH při výpočtu Qmax: 1-letá voda
 casovy krok > 0.25*Tk -> možnost oscilace TUH při výpočtu Qmax: 2-letá voda
 casovy krok > 0.25*Tk -> možnost oscilace TUH při výpočtu Qmax: 5-letá voda

Kontrola vstupu
 Vypočet
 zpět na Listy MS Excel

Obr. 2 Dialogové řízení výpočtu programu Flood_V

3 Případová studie: „Návrh poldru na potoce Zdravá voda v Žarošicích“

3.1 Obecné charakteristiky lokality

Protipovodňové opatření v katastrálním území obce Žarošice (okr. Hodonín) je řešeno suchým poldrem. Stavba slouží k zachycování vysokých průtoků z přívalových srážek a také k snížení transportu splavenin. Povodí poldru má charakteristiky uvedené v Tab. 3.

Tab. 3: Charakteristiky (faktory) povodí Zdravá voda (profil Žarošice)

Plocha povodí	$F = 0,18 \text{ km}^2$
Průměrný sklon celého povodí:	ArcGIS: 8,57%
	Podle Herbsta: 8,41%
Průměrný sklon údolnice:	7,3 %
Délka údolnice:	691,45 m
	$\Delta H = 51 \text{ m}$
	$H_{\max} = 277 \text{ m}$
	$H_{\min} = 226 \text{ m}$

Tab. 4: Hodnoty CN

Skupiny půd	B			
	ha	%	CN	CN _x Pi
Orná půda	14,14	77,327	78	60,32
Ostatní plocha (PEO)	0,71	3,903	58	2,26
Sad (neudržovaný)	3,43	18,770	55	10,32
Celkem	18,28	100,00		72,90

Hráz poldru je situována na východním okraji obce Žarošice. Je navržena jako zemní, homogenní o délce 163,5 m a šířce v koruně 3,0 m se spodní výpustí a bezpečnostním přelivem. Na násyp hráze byla použita zemina těžená v zátopě poldru. Normální hladina, a tedy i koruna bezpečnostního přelivu, je na kótě 226,50 m n. m. Korunový bezpečnostní přeliv je o šířce 17,0 m s přelivným paprskem o výšce 0,2 m. Dno i svahy nádrže jsou ohumusovány zeminou a osety travním semenem. Na západním okraji nádrže je proveden zatravněný sjezd pro možnost odtěžení sedimentů ze dna nádrže.

Výhodou hospodaření poldru je jednoduchá údržba spojená s uplatňováním zásad lučního hospodaření. Obecně je ale nutno upozornit na možnost usazování hrubých splavenin na dně poldru, které by mohlo mít negativní vliv na jeho obhospodařování a účinnost.

Návrhové povodňové vlny vypočtené z kulminačních průtoků poskytnutých ČHMÚ s dobou opakování $N = 1, 2, 5, 10, 20, 50$ a 100 let pro poldr v k. ú. Žarošice jsou vykresleny na Obr. 3, objemy těchto vln a kulminační průtoky jsou pak uvedeny v Tab. 5. Obr. 4 znázorňuje batygrafické čáry poldru Žarošice, tabelární vyjádření těchto čar poskytuje Tab. 6.

Tab. 5: Kulminace a objemy vody N-letých povodňových událostí pro povodí poldru Žarošice

Doba opakování N (rok)	Kulminace (ČHMÚ) ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	Čistý objem vlny (KBÚK) (m^3)
1	0,06	460
2	0,14	1100
5	0,30	2720
10	0,49	4710
20	0,75	7010
50	1,20	11730
100	1,70	17420

Tab. 6: Tabelární hodnoty zatopených ploch a objemů poldru Žarošice

Kóta hladiny (m n. m.)	Hloubka (m)	Objem V (m^3)	Plocha S (m^2)
224,2	0,0	0	0
224,5	0,3	40	160
225,0	0,8	270	750
226,0	1,8	1360	1430
226,5	2,3	2150	1730
226,7	2,5	2530	1900
227,0	2,8	3140	2130

3.2 Vstupní data programu Flood_V použité k výpočtu objemu a tvaru N-leté povodňové vlny ze známých fyzicko-geografických faktorů povodí a zadaných kulminací Q_{\max} (ČHMÚ)

CNAME : název povodí „Žarošice“

LSIMPLE : logická proměnná určující alternativu výpočtu: **TRUE**

LSIMPLE = T jednodušší alternativa (TUH): **doporučujeme používat !**

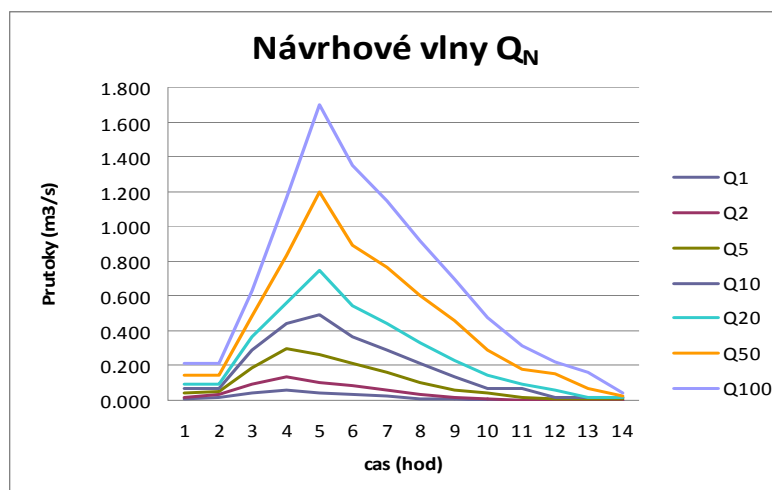
LSIMPLE = F složitější alternativa (navrhovaný déšť+konvoluce s TUH)

AREA : plocha povodí **0.18** (km^2)

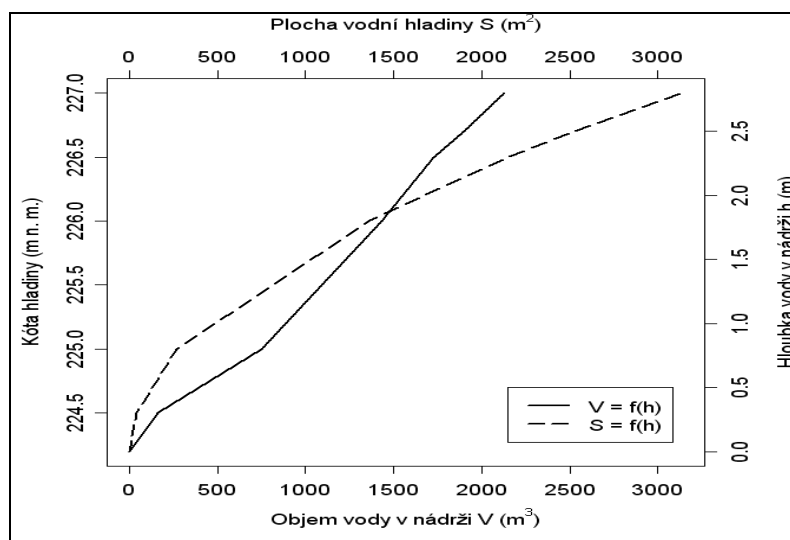
L : délka údolnice (až k rozvodnici) **790** (m)

Y : sklon údolnice **7.3** (%)

CN :	číslo odtokové křivky (předchozí vláhové podmínky normální PVP II)	73 (-)
CNM :	max. číslo odtokové křivky (vlhkost plně saturovaná PVP III)	87 (-)
RETEN :	kapacita intercepce včetně objemu mikrodepresí (tj. počáteční bezodtoková retence deště	0.0 (mm)
N :	počet pořadnic návrhového deště (minimálně 1 pořadnice)	(-)
II :	počet pořadnic zadaného hydrogramu (min. 20 pořadnic)	30 (-)
DELT :	délka časového kroku	0.5 (hod)
QU :	doba opakování v letech (N let)	1-, 2-, 5-, 10-,20-, 50- a 100-let
QMAX :	max. průtoky (dle (ČHMÚ)	0.06, 0.14, 0.3, 0.49, 0.75, 1.2, 1.7 (m³.s⁻¹)



Obr. 3 Návrhové hydrogramy N = 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 let pro povodí poldru Žarošice



Obr. 4: Charakteristické čáry poldru Žarošice