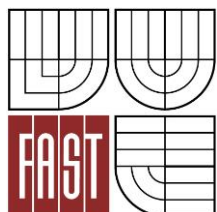




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ  
ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING  
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

# STRATEGICKÉ ŘÍZENÍ ZÁSOBNÍ FUNKCE FIKTIVNÍ VODNÍ NÁDRŽE

STRATEGIC CONTROL OF STORAGE FUNCTION OF FICTIVE WATER RESERVOIR

DIPLOMOVÁ PRÁCE  
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

BC. MARTIN SOBEK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. PAVEL MENŠÍK, Ph.D.

BRNO 2016



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

<b>Studijní program</b>	N3607 Stavební inženýrství
<b>Typ studijního programu</b>	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
<b>Studijní obor</b>	3607T027 Vodní hospodářství a vodní stavby
<b>Pracoviště</b>	Ústav vodního hospodářství krajiny

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>Diplomant</b>	Bc. Martin Sobek
<b>Název</b>	Strategické řízení zásobní funkce fiktivní vodní nádrže
<b>Vedoucí diplomové práce</b>	Ing. Pavel Menšík, Ph.D.
<b>Datum zadání diplomové práce</b>	31. 3. 2015
<b>Datum odevzdání diplomové práce</b>	15. 1. 2016
V Brně dne 31. 3. 2015	

.....  
prof. Ing. Miloš Starý, CSc.  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## Podklady a literatura

1. Menšík, P.; Starý, M. SOMVS - Simulační a optimalizační model vodohospodářské soustavy. (software)
2. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 01). Brno: VUT, 2006. 120 s.
3. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 02). Brno: VUT, 2006. 117 s.
4. Starý, M.; Šálek, J.; Kožnárek, Z.; Šoustal, O. Automatizované systémy řízení ve vodním hospodářství. Metodické návody do cvičení a diplomového semináře. 1. vyd. Brno: VUT, 1987. 126 s.
5. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy. Metodické návody do cvičení. 1. vyd. Brno: VUT, 1987. 67 s.
6. Starý, M. Nádrže a vodohospodářské soustavy. 1. vyd. Brno: VUT, 1986. 165 s.
7. Tien, Duong Van. Vliv délky předpovědi přítoku vody do nádrže na dosažené hodnoty vybraných provozních ukazatelů. Brno, 1988. 136 s., 1 příloha. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing. Jan Šálek, CSc.
8. Michalová, L. Řízení vybrané vodohospodářské soustavy pomocí optimalizačního modelu. Brno, 2013. 52 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Pavel Menšík, Ph.D.
9. Michalová, L. Použití předpovědního modelu při řízení vybrané soustavy nádrží. Brno, 2015. 80 s., 18 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Pavel Menšík, Ph.D.
10. Menšík, P.; Starý, M.; Marton, D. Using Predictive Models of Mean Monthly Flows for Operative Outflows Control from Large Open Reservoirs. In Proceedings ITISE 2014, International work- conference on Time Series. Spain, Granada: Copicentro Granada S. L, 2014. s. 382-395. ISBN: 978-84-15814-97- 9.
11. Menšík, P.; Starý, M.; Marton, D. Using Predictive Model of Mean Monthly Flows for Large Open Reservoirs Hydropower Control. Procedia Engineering, 2014, roč. 89, č. 12, s. 1486-1492. ISSN: 1877- 7058.

## Zásady pro vypracování

Úkolem diplomové práce bude ověřit vliv délky předpovědi průměrných měsíčních přítoků vody do nádrže na kvalitu strategického řízení zásobní funkce při uvažování různé polohy fiktivní nádrže v povodí. V práci bude uvažováno se dvěma fiktivními nádržemi. První nádrž bude situována v horní části povodí a druhá nádrž bude situována ve střední části povodí. Ke strategickému řízení bude použit adaptivní optimalizační způsob řízení, bude použit program SOMVS. Součástí práce bude zjednodušené vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže, které umožní navrhnout velikost zásobního objemu fiktivních nádrží. Řízení bude realizováno ve vybraných obdobích a bude provedeno pro 12 různých délek předpovědi. Postupně pro jeden až dvanáct měsíců. Předpovědi průměrných měsíčních průtoků budou vytvořeny pomocí předpovědního modelu. Pro srovnání úspěšnosti řízení bude řízení provedeno obdobně s využitím skutečných přítoků.

## Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

.....  
Ing. Pavel Menšík, Ph.D.  
Vedoucí diplomové práce

**Abstrakt**

Práce je zaměřena na ověření funkčnosti adaptivního řízení odtoku vody z fiktivní nádrže. K vytvoření předpovědi průměrných měsíčních průtoků je použit zonální pravděpodobnostní předpovědní model (ZPPM). Fiktivní nádrže se nachází na stejném toku v jiných profilech. Funkčnost řízení je ověřena na řízení v letech 2000 – 2006. Dále je funkčnost ověřena na řízení odtoku ve vybraných letech.

**Klíčová slova**

nádrž, optimalizační model, strategické řízení, zásobní funkce, předpovědní model

**Abstract**

The thesis is focused at verifying the functionality of adaptive control of fictive water reservoir. Flow rates are predicted using zonal prediction model. Fictive reservoirs located on the same flow in the other profiles. Functionality is verified by the control in 2000 – 2006. Next functionality is verified by the control in selected years.

**Keywords**

Reservoir, Optimization Model, Strategic Control, Storage Capacity, Prediction Model

## **Bibliografická citace VŠKP**

Bc. Martin Sobek *Strategické řízení zásobní funkce fiktivní vodní nádrže*. Brno, 2015. 124 s., 0 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce Ing. Pavel Menšík, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 25.11.2015

.....  
podpis autora  
Bc. Martin Sobek

#### Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat především vedoucímu mé diplomové práce panu Ing. Pavlu Menšíkovi, Ph.D., za jeho vstřícnost, odborné vedení a mnoho cenných rad, připomínek a námětů. Dále bych rád poděkoval svým rodičům a své přítelkyni, za jejich podporu a trpělivost při celém mém studiu.

Diplomová práce byla zpracována v rámci specifického výzkumu FAST-S-14-2454 “Řízení provozu zásobní funkce soustavy nádrží s použitím optimalizačního modelu”.

## Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíl práce.....	4
3. Použité metody.....	5
3.1. Matematický model zásobní funkce .....	5
3.2. Metody řešení formulované úlohy.....	8
3.2.1. Diferenciální evoluce .....	8
3.3. Princip návrhu zásobního objemu fiktivní nádrže .....	9
3.3.1. Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže .....	9
3.3.2. Součinitel nalepšení odtoku $\alpha$ .....	9
3.4. Předpovědní model .....	9
3.5. Program SOMVS.....	12
3.6. Způsoby řízení zásobní funkce.....	12
3.6.1. Řízení na nalepšený odtok.....	12
3.6.2. Algoritmus adaptivního řízení .....	12
4. Aplikace.....	14
4.1. Vytvoření fiktivních nádrží .....	14
4.2. Schematizace fiktivních nádrží.....	15
4.3. Řídící rovnice .....	15
4.4. Varianty řízení .....	16
4.4.1. Varianta I.....	16
4.4.2. Varianta II.....	17
4.5. Tvorba předpovědí.....	17
4.6. Analýza průtoků .....	20
5. Výsledky.....	25
5.1. První varianta .....	25
5.2. Druhá varianta .....	30
5.2.1. Profil Kroměříž - 1. MAX 1976 .....	30
5.2.2. Profil Kroměříž - 2. MAX 1966 .....	32
5.2.3. Profil Kroměříž - 3. MAX 1964 .....	35
5.2.4. Profil Kroměříž - 4. MAX 1996 .....	37
5.2.5. Profil Kroměříž - 5. MAX 1965 .....	39
5.2.6. Profil Kroměříž - PRUM 1977 .....	42
5.2.7. Profil Kroměříž - PRUM 1978 .....	44

5.2.8.	Profil Kroměříž – PRUM 1985.....	46
5.2.9.	Profil Kroměříž - PRUM 1987 .....	49
5.2.10.	Profil Kroměříž - PRUM 1999 .....	51
5.2.11.	Profil Kroměříž - 1. MIN 1953 .....	53
5.2.12.	Profil Kroměříž - 2. MIN 1963 .....	56
5.2.13.	Profil Kroměříž - 3. MIN 1992.....	58
5.2.14.	Profil Kroměříž - 4. MIN 1990.....	60
5.2.15.	Profil Kroměříž - 5. MIN 1972.....	63
5.2.16.	Profil Vlaské - 1. MAX 1974.....	65
5.2.17.	Profil Vlaské - 2. MAX 1994.....	67
5.2.18.	Profil Vlaské - 3. MAX 1976.....	70
5.2.19.	Profil Vlaské - 4. MAX 1957.....	72
5.2.20.	Profil Vlaské - 5. MAX 1996.....	74
5.2.21.	Profil Vlaské - PRUM 1951.....	77
5.2.22.	Profil Vlaské - PRUM 1978.....	79
5.2.23.	Profil Vlaské - PRUM 1993.....	81
5.2.24.	Profil Vlaské - PRUM 1995.....	84
5.2.25.	Profil Vlaské - PRUM 1999.....	86
5.2.26.	Profil Vlaské - 1. MIN 1962 .....	88
5.2.27.	Profil Vlaské – 2. MIN 1983 .....	91
5.2.28.	Profil Vlaské - 3. MIN 1989 .....	93
5.2.29.	Profil Vlaské - 4. MIN 1990.....	95
5.2.30.	Profil Vlaské - 5. MIN 1963 .....	98
6.	Shrnutí výsledků .....	101
6.1.	Shrnutí výsledků – varianta I.....	101
6.2.	Shrnutí výsledků – varianta II .....	102
6.2.1.	MAX – nejvodnatější roky .....	102
6.2.2.	PRUM – průměrně vodnaté roky .....	102
6.2.3.	MIN – nejsušší roky .....	103
7.	Závěr.....	104
8.	Seznam použitých zdrojů.....	106

## 1. Úvod

Vodní hospodářství se rozvíjí v měnícím se světě s ekonomickými, ekologickými, technologickými, kulturními a jinými změnami, jejichž důsledky lze v souhrnu jen obtížně předvídat. Z toho vyplývá nutnost pochopit základní posuny v tomto světě a řešit vodohospodářské problémy v podmínkách nových paradigmat, tj. nových základních postojů jednotlivců i společnosti [1].

Při pohledu na současné výsledky z oblasti klimatologie a meteorologie se dá říci, že dochází ke změně klimatických podmínek po celém světě. Změny klimatických podmínek přispívají k častějším výskytům extrémů, jak povodní, tak období sucha. Zmínit by se dali roky 2011 a 2012, které byly hodnoceny jako extrémně suché [2]. I letošní rok 2015 je považován za extrémně suchý. Údajně se jedná o nejsušší rok za posledních dvanáct let. Při výskytu sucha dochází k ohrožení zásobní funkce nádrží, kdy nejsou schopny překrýt celé období sucha. Vzniklý problém se dá řešit více způsoby. Jedním z nich je výstavba nových vodních nádrží nebo zvětšení zásobních objemů u stávajících nádrží. Další možností je změna způsobu manipulace s řízeným odtokem vody z nádrží.

V současné době je většina nádrží v České republice řízena pomocí dispečerských grafů. Dispečerské grafy jsou odvozeny z historických průtokových řad. Díky klimatickým změnám se ovšem průtokové řady začínají měnit, na což je nutné reagovat. Jednou z možností, jak reagovat na změny klimatu, je například inteligentní strategické řízení. Tohoto řízení je možno dosáhnout pomocí adaptivního přístupu. Adaptivita je jednou z metod umělé inteligence. K adaptivnímu řízení je potřeba znát předpovědi přítoků do nádrže. V praxi lze právě díky adaptivnímu řízení částečně eliminovat nepřesnosti předpovědí.

Pro řízení zásobní funkce byly vybrány dva profily na řece Moravě, Vlaské a Kroměříž. Na těchto profilech byly vytvořeny fiktivní nádrže, ze kterých probíhalo řízení zásobní funkce nádrže. Profily byly vybrány ze dvou důvodů. Prvním důvodem byla dostupnost historické řady průměrných měsíčních průtoků v těchto profilech. Druhým důvodem byla myšlenka ověřit výsledky řízení na dvou různě vodnatých profilech stejné řeky.

Profil Vlaské se nachází na řece Moravě, kousek od pramene řeky. Měrný profil leží v obci Vlaské, která se nachází v okrese Šumperk, kraj Olomoucký. Staničení profilu je 331,20 km. Plocha povodí je 96,55 km<sup>2</sup> a jedná se o 0,4 % plochy povodí toku. Profil se nachází v obci pod mostem přes Moravu na silnici Hanušovice – Malá Morava. Umístění profilu je znázorněno na obr. 1.



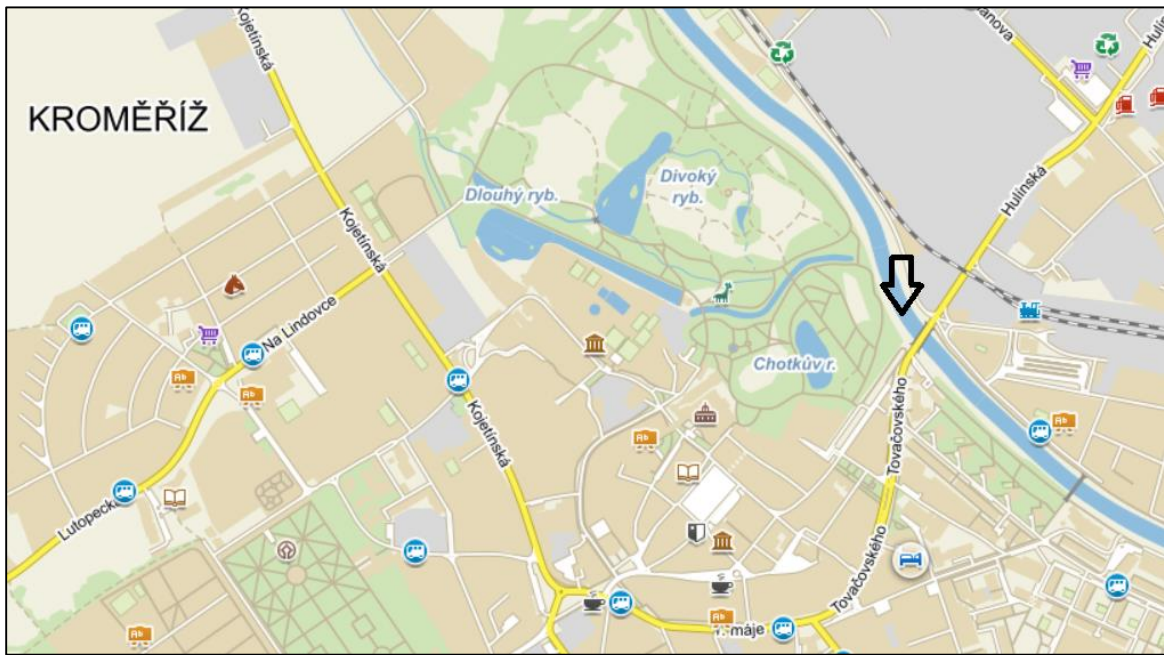
*Obr. 1 - Umístění profilu Vlaské [3]*

Průměrný roční stav vody v řece je 132 cm. První povodňový stupeň nastává při výšce 190 cm, druhý při výšce 220 cm a třetí povodňový stupeň nastává při výšce 250 cm. N-leté průtoky jsou uvedeny v tab. 1.

*Tab. 1 - N-leté průtoky v profilu Vlaské [4]*

N-leté průtoky	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	10,7	26,1	34,7	59,6	72,5

Profil Kroměříž se nachází taktéž na řece Moravě. Měrný profil leží ve městě Kroměříži, okres Kroměříž, kraj Zlínský. Staničení profilu je 193,70 km. Plocha povodí je 7030,31 km<sup>2</sup> a jedná se o 65 % plochy povodí toku. Profil se nachází ve městě kousek od mostu v zámeckém parku na pravém břehu. Umístění profilu je znázorněno na obr. 2.



*Obr. 2 – Umístění profilu Kroměříž [3]*

Průměrný roční stav vody v řece je 175 cm. První povodňový stupeň nastává při výšce 400 cm, druhý při výšce 500 cm a třetí povodňový stupeň nastává při výšce 600 cm. N-leté průtoky jsou uvedeny v tab. 2.

*Tab. 2 - N-leté průtoky v profilu Kroměříž [4]*

N-leté průtoky	Q <sub>1</sub>	Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>
[m <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup> ]	340	506	584	773	860

## 2. Cíl práce

Cílem práce je ověřit funkčnost adaptivního řízení odtoku vody z nádrže. Ve své bakalářské práci jsem již ověřil funkčnost adaptivního řízení při provozu zásobní funkce během málovodného období. V diplomové práci byly výpočty rozšířeny. Byly provedeny pro dva různé profily, které leží na stejném toku. Výběr dvou profilů je z důvodu porovnání vlivu adaptivního řízení v horní a dolní části toku. Výpočty se dále liší délkou předpovědí a hodnotou nalepšeného odtoku (řídícího odtoku). Práce se dá rozdělit na dvě části. V první části byla provedena předpověď i řízení zásobní funkce na období 6 let (2000 – 2006). V druhé části byly vybrány extrémní roky (minima, maxima a průměrné roky) z každého profilu z celého období (1950 – 2006), na kterých byla provedena předpověď a následně i řízení zásobní funkce.

### 3. Použité metody

V této kapitole je popsán matematický model zásobní funkce vodohospodářské soustavy. Pro systém zásobení vodou mohou být použity dva základní typy úloh. Jedná se o úlohu optimálního řízení systému a úlohu optimálního rozvoje systému. Úlohu optimálního řízení používáme tam, kde hledáme optimální tok vody systémem s definovanou strukturou. Úlohu optimálního rozvoje využíváme v případech, kdy struktura stávajícího systému přestane být dostačující. Dále bude popsána pouze metoda optimálního řízení. Postupně budou popsány jednotlivé metody řešení, které byly využity v diplomové práci. V kapitole bude i popsán předpovědní model, pomocí kterého byly vytvořeny předpovědi průměrných měsíčních průtoků v obou profilech. Dále bude popsán i princip návrhu objemů jednotlivých fiktivních nádrží.

#### 3.1. Matematický model zásobní funkce

Vodohospodářskou soustavu definujeme, ve smyslu obecné definice systémů, jako množinu vodohospodářských prvků, spojených vzájemnými vazbami v účelový celek. Pokud chceme definovat vodohospodářskou soustavu systémem zásobení vodou, vyjmeme z ní pouze tu množinu prvků, která má přímý vliv na funkci zásobení vodou.

Systém zásobení vodou můžeme definovat pomocí orientovaného ohodnoceného grafu  $G(N,H)$  [5], který je tvořen množinou vrcholů grafu  $N$  ( $n_i \in N$ ) a hran grafu  $H$  ( $h_{i,j} \in H$ ). Množinu vrcholů  $N$  můžeme rozdělit na několik podmnožin:

- vodních zdrojů  $Z$ , která je tvořena vrcholy  $z \in Z$ . Tyto vrcholy můžeme označit jako místa, kde vtéká voda do systému.
- mezilehlých uzlů řízení  $U$ , která je tvořena vrcholy  $u \in U$ . Tuto množinu můžeme ještě dále rozdělit na dvě podmnožiny:
  - $U_1$ , která zahrnuje pouze uzly řízení, které mají schopnost regulovat průtok vody v čase pomocí svého objemu. Jedná se tedy o vrcholy s akumulací.
  - $U_2$ , která obsahuje pouze rozdělovací uzly. Jedná se tedy o vrcholy bez akumulace. Platí tedy:

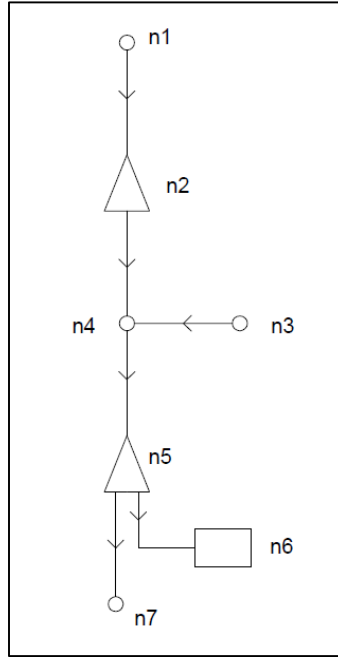
$$U = U_1 + U_2 \quad (1)$$

- odběratelů  $O$ , která je tvořena vrcholy  $o \in O$ .

Graf  $G(N,H)$  je jednoznačně zadán určením množiny  $N$  a  $H$ . Pro množinu  $N$  tedy platí:

$$N = Z + U + O \quad (2)$$

Hrany tohoto grafu  $h_{i,j}$ , které vycházejí z  $i$ -tého vrcholu a končí v  $j$ -tém vrcholu, tvoří množinu  $H$  (tj.  $h_{i,j} \in H$ ). Za hrany grafů považujeme koryta řek, kanály převodů vody atd.



Obr. 3 - Příklad orientovaného grafu

Očíslování vrcholů  $n_1, n_3 \in Z$ ,  $n_2, n_5 \in U1$ ,  $n_4 \in U2$ ,  $n_6, n_7 \in O$ . Orientace hran grafu  $h_{1,2}$ ,  $h_{2,4}$ ,  $h_{3,4}$ ,  $h_{4,5}$ ,  $h_{5,7}$ ,  $h_{5,6} \in H$  je dána směrem toku vody v systému. Průtok vody hranou grafu můžeme obecně definovat jako  $Q_{i,j}(x,t)$ . Pokud přijmeme předpoklad, že doba dotoku je výrazně kratší než délka časového kroku  $\Delta t$ , můžeme zanedbat přechodové jevy ve hranách grafu. Pokud výše zmíněný předpoklad uvedeme v platnost, průtok na začátku hrany grafu bude shodný s průtokem na konci grafu. Délka časového kroku při strategickém řízení odtoku je jeden měsíc. Při tomto kroku nahrazujeme spojité průtoky  $Q_{i,j}(t)$  vektorem  $Q_{i,j}^\tau = (Q_{i,j}^1, Q_{i,j}^2, \dots, Q_{i,j}^N)$ . Prvky vektoru jsou průměrné měsíční průtoky a jejich pořadí určuje horní index  $\tau = 1, 2, \dots, N$ , kde  $N$  vyjadřuje počet řešených časových kroků neboli měsíců.

Úlohu můžeme formulovat jako nalezení vektorů:

$$\begin{aligned}
 Q_{z,j}^\tau &= (Q_{z,j}^1, Q_{z,j}^2, \dots, Q_{z,j}^n), \forall z \in Z; n_j \in U, \\
 Q_{i,j}^\tau &= (Q_{i,j}^1, Q_{i,j}^2, \dots, Q_{i,j}^n), \forall n_i \in U; n_j \in U, \\
 Q_{i,o}^\tau &= (Q_{i,o}^1, Q_{i,o}^2, \dots, Q_{i,o}^n), \forall o \in O; n_i \in U, \\
 V_i^\tau &= (V_i^1, V_i^2, \dots, V_i^n), \forall n_i \in U1.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Tyto vektory nám popisují tok vody orientovaným ohodnoceným grafem. Pokud seřadíme všechny prvky množiny vektorů, získáme vektor neznámých  $\underline{X}$  obsahující všechny neznámé veličiny. Prvky musí vyhovovat omezujícím podmínkám typu rovnice:

- pro vrcholy vodních zdrojů:

$$\sum_{hz,j \in C(z)} Q_{z,j}^\tau = Q_z^\tau, \forall z \in Z,
 \tag{4}$$

- pro vrcholy grafu s akumulací:

$$\sum_{hi,j \in A(j)} Q_{i,j}^\tau - \sum_{hj,k \in B(j)} Q_{j,k}^\tau = \frac{V_j^\tau}{\Delta t} - \frac{V_j^{\tau-1}}{\Delta t}, \forall n_j \in U1, \quad (5)$$

- pro vrcholy grafu bez akumulace:

$$\sum_{hi,j \in A(j)} Q_{i,j}^\tau - \sum_{hj,k \in B(j)} Q_{j,k}^\tau = 0, \forall n_j \in U2, \quad (6)$$

kde značí:

$\Delta t$  délka časového kroku,

$V_j^\tau$  objem vody ve vrcholu  $n_j$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$Q_{i,j}^\tau$  průtok hranou  $h_{i,j}$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$Q_{j,k}^\tau$  průtok hranou  $h_{j,k}$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$A(j)$  množinu všech hran  $h_{i,j}$ , které předávají vodu  $n_j$ ,

$B(j)$  množinu všech hran  $h_{j,k}$ , kterými odtéká voda z vrcholu  $n_j$ ,

$C(z)$  množinu všech hran  $h_{z,j}$ , kterými přitéká voda z vrcholu  $n_z$  do systému,

$Q_z^\tau$  hodnota přítoku do vrcholu  $z$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$Q_{z,j}^\tau$  průtok hranou  $h_{z,j}$  v časovém kroku  $\tau$ ,

a omezujícím podmínkám typu nerovnic:

- pro průtok hranami:

$$\widehat{Q}_{i,j}^\tau \leq Q_{i,j}^\tau \leq \check{Q}_{i,j}^\tau, \forall n_i \in U; \forall n_j \in U; \forall n_i \in Z, \quad (7)$$

- pro odběry:

$$\widehat{Q}_o^\tau \leq Q_o^\tau \leq \check{Q}_o^\tau, \forall o \in O; \forall n_i \in U, \quad (8)$$

- pro plnění nádrží:

$$\widehat{V}_j^\tau \leq V_j^\tau \leq \check{V}_j^\tau, \forall n_j \in U1, \quad (9)$$

kde značí:

$\widehat{Q}_{i,j}^\tau$  maximální průtok hranou  $h_{i,j}$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$\check{Q}_{i,j}^\tau$  minimální průtok hranou  $h_{i,j}$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$\widehat{Q}_o^\tau$  maximální odběr ve vrcholu  $n_o$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$Q_{i,o}^\tau$  odběr hranou  $h_{i,o}$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$\check{Q}_o^\tau$  minimální odběr ve vrcholu  $n_o$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$\widehat{V}_j^\tau$  maximální objem vody ve vrcholu  $n_j$  v časovém kroku  $\tau$ ,

$\check{V}_j^\tau$  minimální objem vody ve vrcholu  $n_j$  v časovém kroku  $\tau$ .

Aby úloha měla řešení, musíme zadat počáteční a okrajové podmínky. Počáteční podmínka (10) určuje plnění nádrže v časovém kroku  $\tau = 0$ .

$$V_j^0, \forall n_j \in U1. \quad (10)$$

Okrajovými podmínkami jsou průtokové řady ve vstupních profilech systému a odpovídající pravé straně rovnice (5). Prvky vektoru  $\underline{X}$  určují polohu ve vícerozměrném prostoru. Řešení rovnic (4), (5) a (6) při dodržení nerovnosti (7), (8) a (9) má nekonečně mnoho řešení. Pro stanovení jednoznačného řešení je nutné definovat kriteriální funkci  $\pi$ , která je funkcí hodnoty

vektoru  $\underline{X}$ . Výsledným řešením je pak hodnota vektoru  $\underline{X}$ , pro kterou kritériální funkce dosahuje požadovaného extrému (maxima nebo minima). Tvar kritériální funkce závisí na řešeném účelu. Funkci je vhodné vyjádřit v aditivním tvaru, například obecně:

$$\left[ \pi = \sum_{\forall o \in O} \sum_{\tau=1}^N f_o(Q_{i,o}^{\tau}) \right] \rightarrow MAX(MIN), \quad (11)$$

kde značí:

$Q_{i,o}^{\tau}$  průměrné odebírání množství vody v časovém kroku  $\tau$ ,

$f_o(Q_{i,o}^{\tau})$  dílčí kritériální funkci přiřazenou odběrateli vody  $o$  [5].

V našem řešeném případě se ovšem nebude jednat o soustavu nádrží, ale pouze o jednu izolovanou nádrž. U omezujících podmínek typu rovnic si tedy vystačíme pouze s rovnicemi pro vrcholy vodních zdrojů (4) a pro vrcholy grafu s akumulací (5). I u podmínek typu nerovnic dojde ke zjednodušení. Použijeme pouze nerovnice pro odběry (8) a pro plnění nádrží (9).

### 3.2. Metody řešení formulované úlohy

Matematický model úloh optimálního řízení představuje optimalizační problém, který obsahuje omezující podmínky lineární a kritériální funkce nelineární. K řešení úlohy je použit optimalizační model. Uvedené řešení nevyžaduje zadání způsobu řízení systému. K nalezení optimálního řešení je v optimalizačním modelu použita metoda Diferenciální evoluce.

#### 3.2.1. Diferenciální evoluce

Diferenciální evoluce je stochastická optimalizační metoda a její algoritmus je evolučního typu. Diferenciální evoluce se liší od většiny ostatních genetických algoritmů hlavně v tom, že tvorba potomků se provádí pomocí čtyř rodičů a ne pouze pomocí dvou. Cílem této metody je v cyklech, které nazýváme „generace“, vyšlechtit co nejlepší populaci (množinu) jedinců ve smyslu hodnot kritériální funkce [10]. Během každého procesu se provádí následující kroky:

##### 1) Stanovení parametrů

Vybrané hodnoty parametrů určují chod celé evoluce. Jsou to parametry  $F$  – mutační konstanta v intervalu  $\langle 0,2 \rangle$ ,  $CR$  – práh křížení v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$ ,  $NP$  – počet jedinců v populaci (velikost množiny jedinců),  $D$  – rozměr vektoru jedince (počet hledaných parametrů).

##### 2) Tvorba populace

Populaci tvoříme vygenerováním množiny jedinců. Každý jedinec má parametry, které jsou stanoveny pseudonáhodně. Tyto parametry musí vyhovovat omezujícím podmínkám typu nerovnosti.

##### 3) Započetí cyklu generace

Během každé generace se provádí ještě cyklus, který zabezpečuje postupně evoluční šlechtění každého jedince z populace. V tomto cyklu se postupně vybírá jeden jedinec (aktivní jedinec, cílový vektor) za druhým, z nichž je proveden následující evoluční cyklus.

##### 4) Evoluční cyklus

V tomto cyklu je prováděna mutace a křížení. Náhodně jsou zvoleni tři různí jedinci (vektory) z populace. První dva se od sebe odečtou a získá se diferenční vektor. Ten

se vynásobí mutační konstantou, která jej změní (zmutuje), a získá se váhovaný diferenční vektor. Váhovaný diferenční vektor se přičte k třetímu náhodně vybranému jedinci (vektoru) a získá se šumový vektor. Následně se připraví zkušební vektor a z cílového šumového vektoru se bere postupně jeden prvek za druhým. Pro každou vybranou dvojici se generuje pseudonáhodné číslo v intervalu  $\langle 0,1 \rangle$  a porovnává se s prahem křížení. Pokud je toto číslo menší než práh křížení, pak se do příslušné pozice ve zkušebním vektoru umístí prvek z vektoru šumového a v opačném případě z vektoru cílového. Tak se získá zkušební vektor, jehož hodnota kritériální funkce se porovnává s hodnotou kritériální funkce cílového vektoru. Na pozici cílového vektoru v nové populaci je vybrán ten vektor – jedinec, který má hodnotu kritériální funkce lepší. Tím je zajištěno, že se do nové generace dostanou jedinci s lepšími vlastnostmi. Vybere se další jedinec – cílový vektor a celý evoluční cyklus se opakuje až do vyčerpání populace. Tak vznikne nová generace potomků (jedinců).

#### 5) Testování naplnění ukončovacích parametrů

Diferenciální evoluce je ukončena po provedení požadovaného počtu generací[10].

### 3.3. Princip návrhu zásobního objemu fiktivní nádrže

#### 3.3.1. Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže

Při vodohospodářském řešení zásobního objemu nádrže vždy hledáme vztah mezi třemi veličinami. Mezi nalepšeným odtokem ( $O_p$ ), zásobním objemem nádrže ( $V_z$ ) a zabezpečeností nalepšeného odtoku ( $P$ ).

Při návrhu zásobního objemu fiktivní nádrže jsme využili tzv. úlohu prvního typu. Při řešení této úlohy je hledán zásobní objem nádrže, je-li zadán nalepšený odtok a zabezpečenost. Zvolená velikost nalepšeného odtoku je získána bilancováním potřeb vody pro různé uživatele s určitou prognózou do budoucnosti a přičtením vlastního odtoku do toku. Celková zabezpečenost odtoku plyne ze zabezpečeností přiřazených jednotlivým odběratelům [7].

#### 3.3.2. Součinitel nalepšení odtoku $\alpha$

Variační rozpětí řízeného odtoku a hodnota jednotlivých mezí poskytují informaci o vyrovnanosti odtoku vody z nádrže. Požadována dolní mez bude v dalším textu označována jako  $O_p$ . Pod tímto pojmem budeme rozumět nalepšený odtok. Dále požadovaná horní mez bude označována jako neškodný odtok a bude značena  $O_{NE}$ . Poměrná hodnota

$$\alpha = \frac{O_p}{Q_a}, \quad \alpha = \langle 0,1 \rangle, \quad (12)$$

je nazvána jako součinitel nalepšení.  $Q_a$  značí dlouhodobý průměrný průtok[7].

### 3.4. Předpovědní model

Na předpovědi měsíčních průtoků byl použit zonální pravděpodobnostní model (ZPPM). Model pracuje na následujícím principu. Z několikaleté průtokové řady jsou vyčleněny jednotlivé roky  $y = 1, 2, \dots, Y$ , kde  $Y$  značí celkový počet let. Ze všech roků jsou posléze vyčleněny i jednotlivé měsíce  $m = 1, 2, \dots, 12$  s průměrnými měsíčními průtoky  $Q_m$  pro

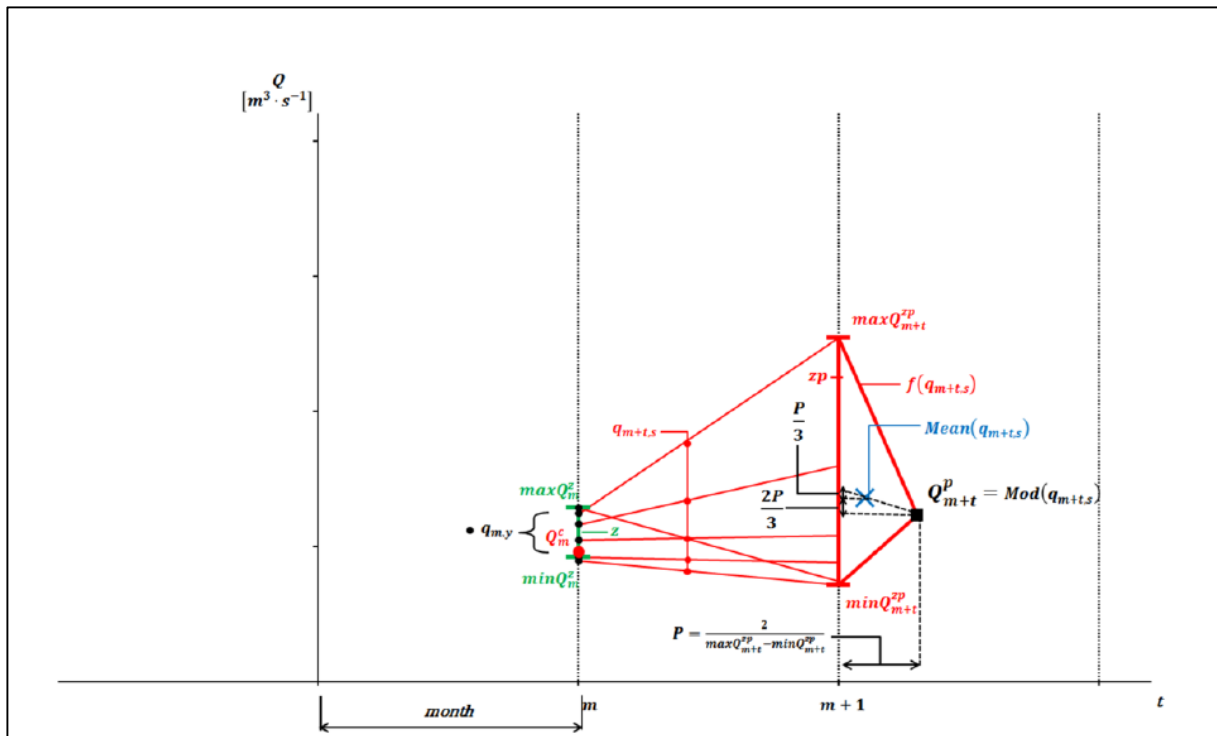
každý rok množiny  $Y$ . Množina  $Q_m$  je tvořena průměrnými měsíčními přítoky vody do nádrže z celého sledovaného období  $Y$  odpovídajících přítoků v měsíci  $m$ . Množina průměrných měsíčních průtoků je vyčleněna pro každý měsíc. V každém měsíci je potom nalezena minimální hodnota  $\min Q_m$  a maximální hodnota  $\max Q_m$  historického přítoku vody. Interval mezi hodnotami  $\langle \min Q_m, \max Q_m \rangle$  je rozdělen na předem zvolený počet zón. Počet zón  $Z$  je v každém měsíci stejný, velikost intervalu  $\langle \min Q_m^z, \max Q_m^z \rangle$  se však může lišit. Velikost jednotlivé zóny je stanovena tak, aby splňovala požadavek, že každá zóna musí obsahovat přibližně stejný počet prvků  $q_{m,y}$ . Jednotlivé prvky  $q_{m,y}$  každé množiny tvoří v příslušné zóně podmnožinu  $Q_m^z$ .

Podle počáteční průměrné hodnoty přítoku vody  $Q_m^c$  v měsíci  $m$ , ve kterém je rozhodováno o řízení, je vybrána zóna  $z$ , pro kterou platí  $Q_m^c \in \langle \min Q_m^z, \max Q_m^z \rangle$ . Zónou  $z$  prochází vybraný soubor historických řad  $s = 1, 2, \dots, S$ , kde  $S$  je celkový počet řad procházející zónou. Pro každou řadu v souboru  $S$  platí, že  $q_{m,s} \in Q_m^z$ . Další členy historických řad  $s$  souboru  $S$ , které jsou reprezentovány průměrnými měsíčními přítoky  $q_{m+t,s}$  v měsících  $m + t$ , kde  $t$  je pořadí měsíce předpovědi, jsou pak použity pro určení intervalu zóny předpovědi  $z_p$ . Pro  $t$  platí  $t = 1, 2, \dots, TP$ , kde  $TP$  je počet předpovídaných kroků (měsíců) a  $q_{m+t,s} \in Q_{m+t}^{z_p}$ . Pro pořadí měsíců  $m + t > 12$  platí  $m + t - 12$ . Pro každý měsíc předpovědi  $m + t$  je stanovena pouze jedna zóna předpovědi  $z_p$  [11].

Hodnota průměrného měsíčního přítoku vody do nádrže  $Q_{m+t}^p$  v měsíci  $m + t$  je rovna hodnotě vyskytující se v intervalu zóny předpovědi  $z_p$  s největší pravděpodobností. Průměrné měsíční průtoky jsou potom předpovězeny podle následujícího principu. Pro všechny prvky  $q_{m+t,s}$  z množiny  $Q_{m+t}^{z_p}$  je vytvořena hustota rozdělení pravděpodobnosti. Tvar spojité funkce je pro zjednodušení trojúhelníkový. Spodní hrana je tvořena intervalem  $\langle \min Q_{m+t}^{z_p}, \max Q_{m+t}^{z_p} \rangle$  a vrchol trojúhelníku leží na předpokládané poloze modu  $Mod$  veličiny  $q_{m+t,s}$ . K určení polohy modu je použit předpoklad, že platí:

$$\int_{\min Q_{m+t}^{z_p}}^{\max Q_{m+t}^{z_p}} p(q_{m+t,s}) dq_{m+t,s} = 1, \quad (13)$$

Postup nalezení polohy modu na intervalu  $\langle \min Q_{m+t}^{z_p}, \max Q_{m+t}^{z_p} \rangle$  je vyobrazen graficky na obr. 4.

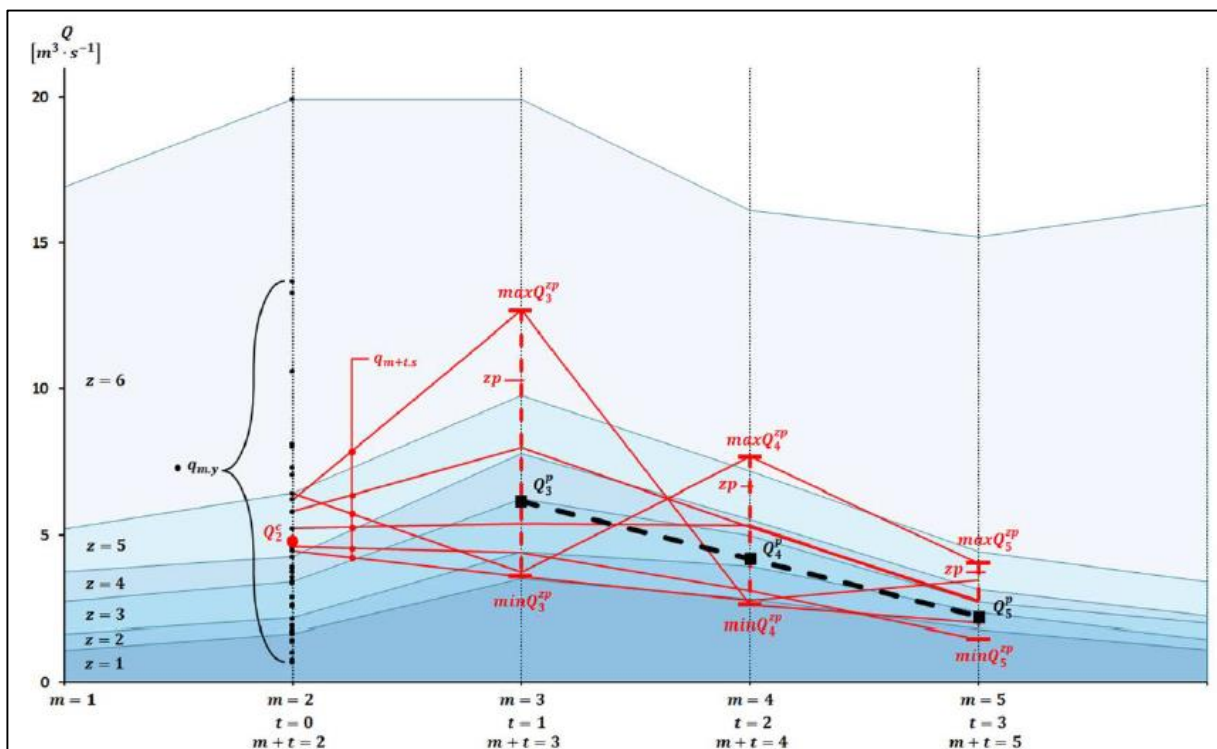


Obr. 4 - Postup nalezení modu

Potom pro předpovězenou hodnotu přítoku vody do nádrže v měsíci  $m + t$  platí:

$$Q_{m+t}^p = \text{Mod}(q_{m+t,s}). \quad (14)$$

Algoritmus vytváření předpovědí  $Q_{m+t}^p$  pro více kroků (měsíců) je zobrazen na obr. 5.



Obr. 5 - Algoritmus vytváření předpovědí

### 3.5. Program SOMVS

K řízení provozu zásobní funkce je použit software SOMVS (Simulační a optimalizační model vodohospodářské soustavy) [9], který umožňuje nalézt optimální odtoky vody z nádrže. Software byl vytvořen v rámci disertační práce [6]. Ve zkrácené formě byl software publikován například v impaktovaném časopise [12] a v České republice v recenzovaném odborném periodiku [13] a také na Konferenci Vodní nádrže 2013. SOMVS je licencovaný software Vysokého učení technického v Brně. Obecně je možno software použít pro strategické plánování (rozvoj, řízení) v oblasti zásobní funkce vodních nádrží. Software umožňuje najít optimální řešení problémů spojených se zásobováním obyvatelstva, průmyslu, energetiky a zemědělství vodou. Může také sloužit jako prostředek k optimálnímu provozování soustavy vodních nádrží.

### 3.6. Způsoby řízení zásobní funkce

V této podkapitole se budeme zabývat především dvěma způsoby řízení zásobní funkce. V prvním případě se bude jednat o řízení na nalepšený odtok, kde si popíšeme simulační model, a v druhém případě se bude jednat o algoritmus adaptivního řízení.

#### 3.6.1. Řízení na nalepšený odtok

U řízení na nalepšený odtok se používá především simulační model, kde pravidla řízení jsou nahrazeny předepsaným (požadovaným) odtokem vody z nádrže. Předepsaný odtok je roven odtoku nalepšenému. U simulačního modelu probíhá řešení odlišným způsobem než u přímých optimalizačních metod. Omezující podmínky jsou řešeny postupně v časových krocích  $\tau=1,2,\dots, N$ . Přitom v každém kroku se snažíme přiblížit hodnotě nalepšeného odtoku z nádrže.

#### 3.6.2. Algoritmus adaptivního řízení

Vhodnost předpovědního modelu by se prakticky nedala ověřit na skutečné nádrži, proto je k jeho otestování použit simulační model (globální model). Simulační model je klasický a pravidla řízení jsou nahrazeny opakovanou optimalizací. Krok simulačního modelu je  $T = 1, 2, \dots, M$ , kde  $M$  je celkový počet kroků (měsíců). Algoritmus řízení se dá popsat celkem ve třech krocích, které se postupně opakují:

V prvním kroku je vytvořena předpověď průměrných měsíčních přítoků vody do nádrže. Předpověď je vytvořena na základě předpovědního modelu a délka odpovídá zvolenému počtu předpovídaných měsíců.

Ve druhém kroku je sestaven optimalizační model nádrže. Průměrné měsíční odtoky na z nádrže  $O_\tau$  na řízeném období jsou hledány optimalizací v každém časovém kroku lokálního modelu  $\tau = 1, 2, \dots, N$ , kde  $N$  je celkový počet kroků. K nalezení  $O_\tau$  je použita metoda diferenciální evoluce. Počet předpovídaných měsíců  $TP$  je roven počtu časových kroků  $N$ . Jako okrajové podmínky slouží předpovězené přítoky do nádrže. Počáteční podmínka řešení je potom objem vody v nádrži na konci časového kroku  $\tau = 0$ . V realitě se jedná o naměřenou hodnotu objemu vody v nádrži. Jako kritérium optimalizace byl zvolen součet čtverců odchylek

mezi řídicím odtokem  $W_\tau$  a skutečným řízeným odtokem  $O_\tau$  vody z nádrže, který je snaha minimalizovat. Účelová funkce (15) má takový tvar a její snahou je rozložit nedodávku vody pokud možno rovnoměrně mezi jednotlivé měsíce.

$$\left[ \pi = \sum_{\tau=1}^{N=TP} (W_\tau - O_\tau)^2 \right] \rightarrow MIN. \quad (15)$$

Ve třetím kroku se na základě skutečného přítoku a nalezeného řízeného odtoku, který odpovídá prvnímu kroku lokálního modelu  $\tau = 1$ , provede v časovém kroku  $T = 1$  simulace chování nádrže pomocí simulačního modelu. Počáteční podmínkou pro řešení další optimalizace je výsledná velikost objemu vody v nádrži na konci časového kroku. Následně je optimalizace posunuta o jeden časový krok.

Kroky 1 až 3 se následně opakují pro každá krok globálního modelu  $T$ . Opakováním jednotlivých kroků se zároveň model adaptuje na nové podmínky. Celý proces adaptace je ukončen při dosažení časového kroku  $T = M$  [9].

## 4. Aplikace

Pro aplikaci a následné ověření byly vybrány dva profily. Profil Vlaské a profil v Kroměříži, oba leží na řece Moravě. Profil Vlaské se nachází v horním toku řeky Moravy a má sběrnou plochu 96,55 km<sup>2</sup>. Zatímco profil v Kroměříži se nachází na dolním toku a má sběrnou plochu 7030,31 km<sup>2</sup>. Profily byly vybrány, protože se na nich nenachází nádrže a protože v těchto profilech máme k dispozici historickou řadu průměrných měsíčních průtoků dlouhou 56 let (1950 – 2006). Ta byla poskytnuta ČHMÚ. Cílem je srovnat výsledky řízení v obou profilech a porovnat, jak se bude model chovat v jinak vodných částech toku. Dlouhodobý průměrný průtok pro profil Vlaské je 1,88 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a pro profil Kroměříž 51,2 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

Aby mohlo dojít k řízení odtoku, bylo nutné si nejprve vytvořit fiktivní nádrže. Ty byly vytvořeny pomocí vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže, tzv. úlohy prvního typu. Vytvoření nádrží je popsáno v podkapitole 4.1.

V podkapitole 4.2 jsou schematizované nádrže pomocí orientovaného ohodnoceného grafu.

Řídící rovnice pro jednu nádrž jsou zapsány v podkapitole 4.3. V této podkapitole jsou formulovány podmínky typu rovnic a podmínky typu nerovnic. Dále je zde formulována kritériální funkce do tvaru umožňujícím najít optimální tok vody v systému.

Samotné řízení odtoku vody z fiktivních nádrží proběhlo ve dvou variantách. Obě varianty jsou podrobně popsány v podkapitole 4.4.

V předposlední podkapitole (4.5) je podrobně popsán způsob tvorby předpovědí.

V poslední podkapitole (4.6) je popsána analýza sledovaného období. Z této analýzy potom vyplynuly extrémní roky, na kterých bylo provedeno řízení ve druhé variantě .

### 4.1. Vytvoření fiktivních nádrží

Pro aplikaci a následné ověření byly vybrány dva profily. Profil Vlaské a profil v Kroměříži, oba leží na řece Moravě. Profil Vlaské se nachází v horním toku řeky Moravy a má sběrnou plochu 96,55 km<sup>2</sup>. Zatímco profil v Kroměříži se nachází na dolním toku a má sběrnou plochu 7030,31 km<sup>2</sup>. Profily byly vybrány, protože se na nich nenachází nádrže a protože v těchto profilech máme k dispozici historickou řadu průměrných měsíčních průtoků. Ta byla poskytnuta ČHMÚ. Cílem je srovnat výsledky řízení v obou profilech a porovnat, jak se bude model chovat v jinak vodných částech toku. Dlouhodobý průměrný průtok pro profil Vlaské je 1,88 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup> a pro profil Kroměříž 51,2 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.

Aby mohlo dojít k řízení odtoku, bylo nutné si nejprve vytvořit fiktivní nádrže. Bylo tedy provedeno vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže. Byly vytvořeny dvě fiktivní nádrže, jedna v profilu Vlaské a druhá v profilu Kroměříž. Nádrže byly vytvořeny pomocí úlohy tzv. prvního typu, kdy je známa hodnota nalepšeného odtoku a je dána stoprocentní zabezpečení. Hodnota nalepšeného odtoku byla zvolena jako 0,3 násobek dlouhodobého průměrného průtoků. Výsledné hodnoty zásobních prostorů fiktivních nádrží jsou spolu s ostatními hodnotami uvedeny níže v přehledné tabulce.

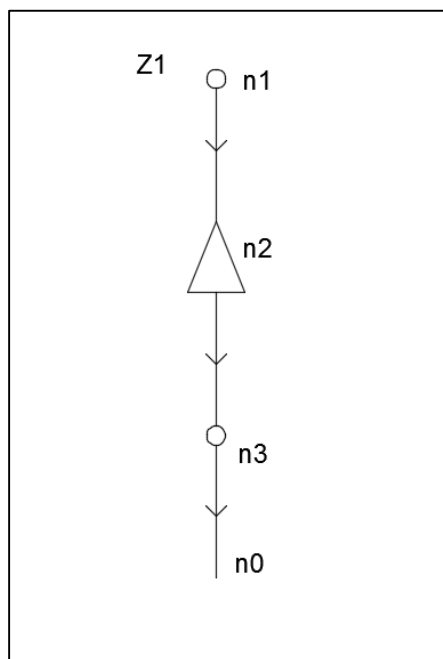
Tab. 3 - Hodnoty zásobních prostorů jednotlivých nádrží

Profil	$Q_a$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	Plocha [km]	Plocha* [%]	Alfa [-]	$O_p$ [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ]	$V_z$ [ $m^3$ ]
Vlaske	1,88	96,55	0,4	0,3	0,564	2 180 270
Kroměříž	51,2	7030,31	65	0,3	15,360	119 269 800

\*Procento řídicí plochy nádrže k celkové ploše povodí.

## 4.2. Schematizace fiktivních nádrží

V obou profilech se jedná o izolované nádrže. Proto orientovaný ohodnocený graf znázorněný na obr. 6, platí pro obě dvě nádrže.



Obr. 6 - Orientovaný ohodnocený graf fiktivních nádrží

Na výše položeném obrázku je vidět, že ohodnocený graf je tvořen hranami  $h_{1,2}$ ,  $h_{2,3}$  a  $h_{3,0}$ . Jedná se o úsek na toku Morava. Vrchol  $n_1$  značí přítok vody do grafu. Vrchol  $n_2$  značí vytvořenou fiktivní nádrž. Vrchol  $n_3$  je vrchol bez akumulace. V nádržích nebylo počítáno s odběrem.

## 4.3. Řídící rovnice

Pro řešenou nádrž jsou omezující podmínky typu rovnice a omezující podmínky typu nerovností přepsány do následujícího tvaru:

### Omezující podmínky typu rovnice:

-pro zdroje:

$$Q_{Z1,2}^r = Q_1^r \quad (16)$$

-pro nádrže:

$$Q_{1,2}^r - Q_{2,3}^r = \frac{V_2^r}{\Delta t} - \frac{V_2^{r-1}}{\Delta t} \quad (17)$$

### Omezující podmínky typu nerovností:

-pro průtok vody vnitřními hranami grafu:

$$\hat{Q}_{2,3}^{\tau} \leq Q_{2,3}^{\tau} \leq \check{Q}_{2,3}^{\tau} \quad (18)$$

-pro nádrže:

$$\hat{V}_2^{\tau} \leq V_2^{\tau} \leq \check{V}_2^{\tau} \quad (19)$$

Kriteriální funkce je zde vyjádřena pomocí technických ukazatelů. Argument funkce (20),  $Q_{2,3}^{\tau}$ , značí neznámý průtok v hranách orientovaného ohodnoceného grafu během časových kroků. Ukazatel  $W_{2,3}^{\tau}$  značí předepsaný řídicí odtok vody z nádrže do toku pod nádrží.

$$\left[ \pi = \sum_{\tau=1}^N (Q_{2,3}^{\tau} - W_{2,3}^{\tau})^2 \right] \rightarrow MIN \quad (20)$$

## 4.4. Varianty řízení

V práci proběhlo řízení odtoku z fiktivních nádrží ve dvou variantách, které se od sebe lišily. V této kapitole bude vysvětlen jejich rozdíl.

### 4.4.1. Varianta I

V první variantě bylo provedeno řízení na období 2000 - 2006. Období 1950 – 2000 bylo použito pro kalibraci, tzn. pro vytvoření ZPPM. Výpočty se lišily hodnotou nalepšeného odtoku. Řízení proběhlo pro 7 různých hodnot nalepšeného odtoku – konkrétně se jednalo o násobky součinitele alfa 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,75, 0,8 a 0,9. Pro každou hodnotu nalepšeného odtoku proběhlo celkem 24 výpočtů, dvanáct pro řízení s předpovězenými průtoky (adaptivní řízení s předpovězenými průtoky – AŘ – P) a dvanáct pro řízení s reálnými průtoky (adaptivní řízení s reálnými průtoky – AŘ – R). Jednotlivé výpočty se od sebe lišily počtem časových kroků lokálního modelu. Výpočty s reálnými průtoky sloužily pro porovnání úspěšnosti řízení, jelikož je považujeme za ideální stav – v praxi nedosažitelný. Dále bylo provedeno pro každou hodnotu nalepšeného odtoku i řízení simulačním modelem (SM). U simulačního modelu probíhá řešení odlišným způsobem než u optimalizačních metod. Omezující podmínky jsou řešeny postupně v časových krocích. Přitom se v každém kroku snažíme přiblížit hodnotě nalepšeného odtoku z nádrže. Simulační model považujeme za nejjednodušší způsob řízení a byl použit pro srovnání výsledků řízení.

Jednotlivé způsoby řízení byly vyhodnocovány a porovnávány podle určeného kritéria (K), který je snaha minimalizovat. Pokud byl řízený odtok větší než řídicí, kritérium bylo vyhodnoceno jako nulové. Pokud byl řízený odtok menší než řídicí, kritérium bylo vyhodnoceno jako rozdíl těchto dvou hodnot povýšen na druhou. Výpočet kritéria byl proveden pro každý měsíc zvlášť a suma těchto hodnot potom určovala úspěšnost řízení. Vzorec pro výpočet kritéria je uveden v rovnicích (21) a (22):

$$KDYŽ: O_{\tau} \geq W_{\tau} \rightarrow K = 0 \quad (21)$$

$$KDYŽ: O_{\tau} < W_{\tau} \rightarrow K = (O_{\tau} - W_{\tau})^2 \quad (22)$$

## 4.4.2 Varianta II

V druhé variantě proběhlo vždy řízení na jeden rok, který byl vybrán z celé historické průtokové řady. Vybírány byly extrémní roky (maxima minima a průměrně vodné roky), aby bylo ověřeno, jak se model v těchto extrémech chová. Výběr konkrétních let byl proveden na základě analýzy, která je podobně popsána v kapitole 4.6.

Období 1950 – 2006 bylo celé použito pro kalibraci, tzn. pro vytvoření ZPPM. Z tohoto období byl vždy vyjmutý pouze rok, pro který byla vytvářena předpověď. Bylo to z důvodu, aby se předpovědní model nemohl na tento rok připravit. Výpočty se lišily hodnotou nalepšeného odtoku. Řízení proběhlo pro 7 různých hodnot nalepšeného odtoku – konkrétně se jednalo o násobky součinitele alfa 0,4, 0,5, 0,6, 0,7, 0,75, 0,8 a 0,9. Pro každou hodnotu nalepšeného odtoku proběhlo celkem 24 výpočtů, dvanáct pro řízení s předpovězenými průtoky (adaptivní řízení s předpovězenými průtoky – AŘ – P) a dvanáct pro řízení s reálnými průtoky (adaptivní řízení s reálnými průtoky – AŘ – R). Jednotlivé výpočty se od sebe lišily počtem časových kroků lokálního modelu. Výpočty s reálnými průtoky sloužily pro porovnání úspěšnosti řízení, jelikož je považujeme za ideální stav – v praxi nedosažitelný. Dále bylo provedeno pro každou hodnotu nalepšeného odtoku i řízení simulačním modelem (SM). U simulačního modelu probíhá řešení odlišným způsobem než u optimalizačních metod. Omezující podmínky jsou řešeny postupně v časových krocích. Přitom se v každém kroku snažíme přiblížit hodnotě nalepšeného odtoku z nádrže. Simulační model považujeme za nejjednodušší způsob řízení a byl použit pro srovnání výsledků řízení.

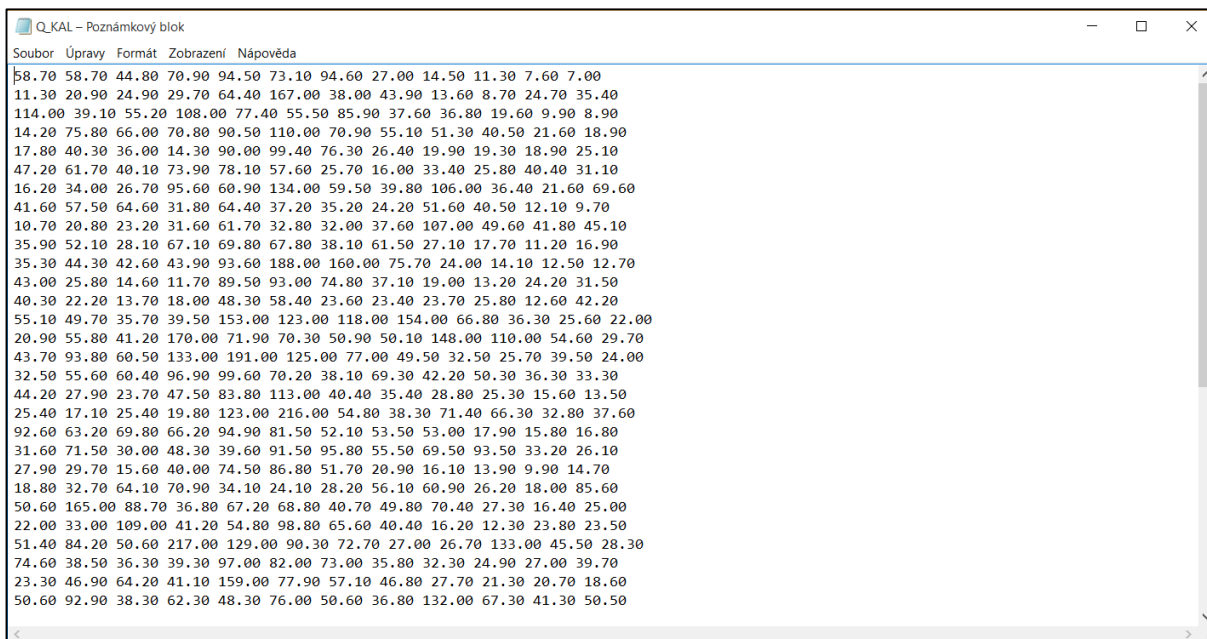
Jednotlivé způsoby řízení byly opět vyhodnocovány podle kritéria K. Kritérium K je definováno podrobně v předchozí kapitole 4.4.1.

## 4.5. Tvorba předpovědi

V této kapitole bude vysvětlena tvorba předpovědi. Bude se jednat konkrétně o variantu II, to znamená, že bude vytvořena předpověď pro jeden vybraný rok. Konkrétně se bude jednat o rok 1953 v profilu Kroměříž.

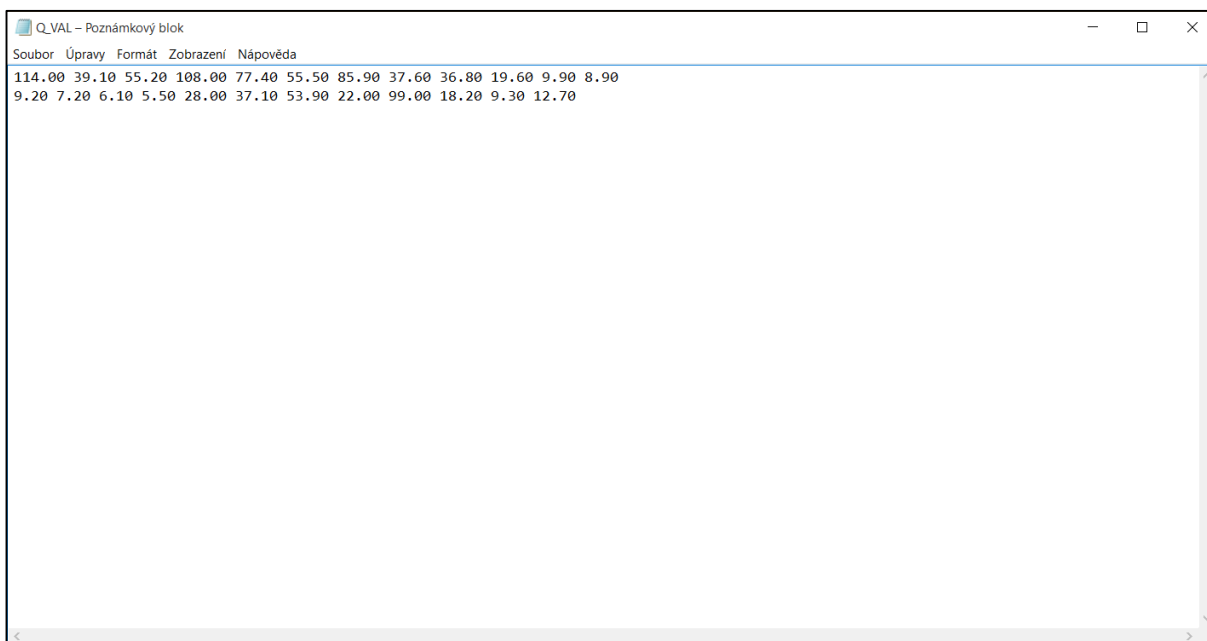
Jako vstup pro tvorbu předpovědi potřebujeme historickou průtokovou řadu průměrných měsíčních průtoků v daném profilu. Zároveň platí, že čím delší historická řada je k dispozici, tím přesnější výsledky dostaneme. Program má vytvořeno uživatelské rozhraní. Já jsem ovšem při tvorbě předpovědi pracoval na úrovni souborů s příponou .txt a .exe. Především z důvodu větší pracovní rychlosti.

V první řadě musíme vložit do souboru s názvem „**Q\_KAL.DAT**“ (obr. 7) historickou řadu průtoků. Jako oddělovač slouží tečka a mezi jednotlivými průtoky je mezera. Zároveň každý rok musí být na jednom řádku. Hodnoty se dají jednoduše zkopírovat ze souboru typu Excel. Důležité ovšem je, abychom ze souboru vymazali rok, který chceme předpovídat. V tomto případě se tedy jedná o rok 1953. Model by pak věděl, jak se chovat.



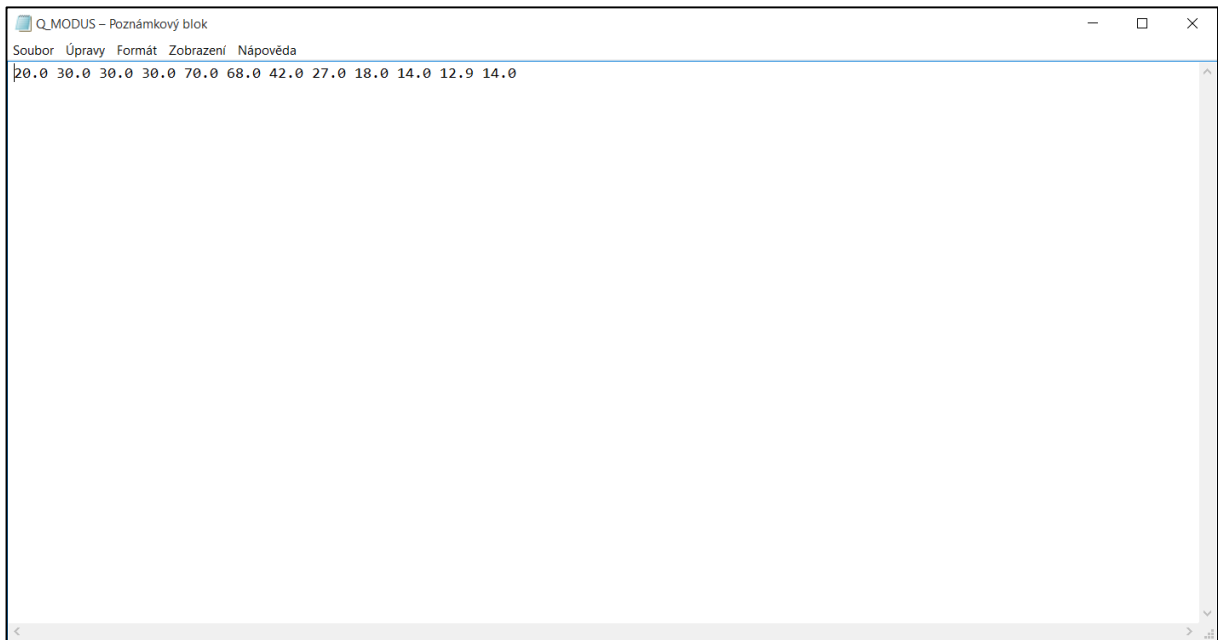
*Obr. 7 - Soubor Q\_KAL*

Dále je nutné do souboru s názvem „**Q\_VAL.DAT**“ (obr. 8) vložit roky, které slouží pro validaci předpovědi. Validace obecně slouží k prověření kvality předpovědního modelu. V našem případě validační soubor umožňuje vytvořit předpovědi. Hodnoty průtoků ve validačním souboru představují hodnoty aktuálních průtoků, na základě kterých se vytváří předpověď. Proto do toho souboru vkládáme předcházející rok a rok, který předpovídáme. V našem případě 1952 a 1953. Formát vložených dat je stejný jako u předchozího souboru.



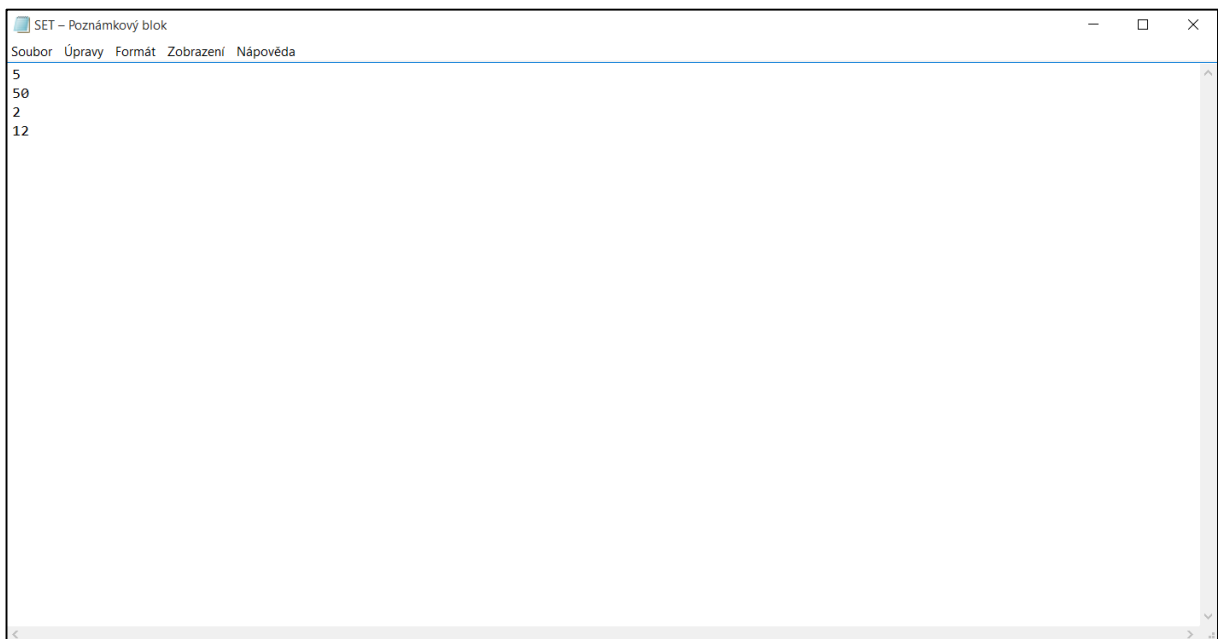
*Obr. 8 - Soubor Q\_VAL*

V poslední řadě je potřebné nastavit parametry předpovědi. Z důvodu, že byl v práci použit upravený ZPPM, konkrétně se jednalo o origovaný ZPPM, tak bylo nutno do souboru s názvem „**Q\_MODUS.DAT**“ vložit hodnoty modu pro Pearson III rozdělení. Hodnoty modu pro každý měsíc byly stanoveny pomocí programu RCPNV [14].



*Obr. 9 - Soubor Q\_MODUS*

V poslední části je nutné nastavit parametry pro vytvoření předpovědi. Nastavení probíhá v souboru s názvem „**SET.DAT**“ (obr. 10). První číslo znamená celkový zvolený počet zón, druhé číslo znamená počet let sloužících pro kalibraci modelu (počet let vložených v souboru Q\_KAL.DAT), třetí je počet let sloužících pro validaci modelu (počet let vložených v souboru Q.VAL.DAT) a poslední číslo znamená zvolenou délku předpovědi v měsících.



*Obr. 10 - Soubor SET*

Pokud je vše nastaveno, jak má být, stačí pouze spustit soubor s názvem „**pm.exe**“. Následně proběhne předpověď průtoků. Výsledky potom najdeme v souboru „**Q\_PRE.DAT**“ (obr. 11).

Q_PRE - Poznámkový blok											
Soubor	Úpravy	Formát	Zobrazení	Nápověda							
30.00	30.00	30.00	70.00	68.00	42.00	27.00	18.00	14.00	12.90	14.00	20.00
35.66	36.29	64.06	75.83	58.36	23.59	22.49	24.69	15.02	10.86	24.96	37.67
30.00	70.00	68.00	42.00	27.00	18.00	14.00	12.90	14.00	20.00	30.00	30.00
70.00	68.00	42.00	27.00	18.00	14.00	12.90	14.00	20.00	30.00	30.00	30.00
68.00	42.00	27.00	18.00	14.00	12.90	14.00	20.00	30.00	30.00	30.00	70.00
42.00	27.00	18.00	14.00	12.90	14.00	20.00	30.00	30.00	30.00	70.00	68.00
27.00	18.00	14.00	12.90	14.00	20.00	30.00	30.00	30.00	70.00	68.00	42.00
40.33	21.50	22.62	26.47	16.93	28.05	21.77	30.90	62.96	53.87	34.30	35.19
25.34	16.96	21.72	29.08	38.24	35.84	54.41	81.25	65.70	36.04	40.25	36.15
34.77	13.03	22.96	38.03	30.68	24.55	69.17	61.57	37.40	28.50	27.19	21.53
10.72	23.44	31.39	19.32	28.85	70.84	77.73	30.57	17.36	14.28	6.35	9.01
18.39	34.89	51.41	53.53	106.69	50.80	40.82	23.06	14.21	9.88	9.44	9.23
24.21	39.85	35.88	64.45	95.17	45.37	30.46	17.69	20.67	19.53	15.73	12.74
17.26	29.15	60.30	67.55	30.67	31.13	28.09	24.08	19.49	27.07	24.04	21.94
15.45	53.23	55.16	42.14	29.64	36.16	21.21	24.54	23.00	22.21	23.15	13.91
65.63	91.80	32.91	25.73	18.70	14.04	16.68	23.92	22.67	25.95	30.47	19.05
52.43	37.21	35.84	42.45	28.67	20.52	20.90	26.17	55.19	18.62	37.97	42.43
28.09	31.55	34.89	29.43	20.88	16.16	20.60	41.09	40.12	48.30	48.41	35.94
27.00	18.00	14.00	12.90	14.00	20.00	30.00	30.00	30.00	70.00	68.00	42.00
14.86	13.33	9.58	12.08	22.55	26.26	40.76	22.21	88.06	78.89	30.22	18.01
14.00	12.90	14.00	20.00	30.00	30.00	30.00	70.00	68.00	42.00	27.00	18.00
34.77	13.03	22.96	38.03	30.68	24.55	69.17	61.57	37.40	28.50	27.19	21.53
10.72	23.44	31.39	19.32	28.85	70.84	77.73	30.57	17.36	14.28	6.35	9.01
18.39	34.89	51.41	53.53	106.69	50.80	40.82	23.06	14.21	9.88	9.44	9.23

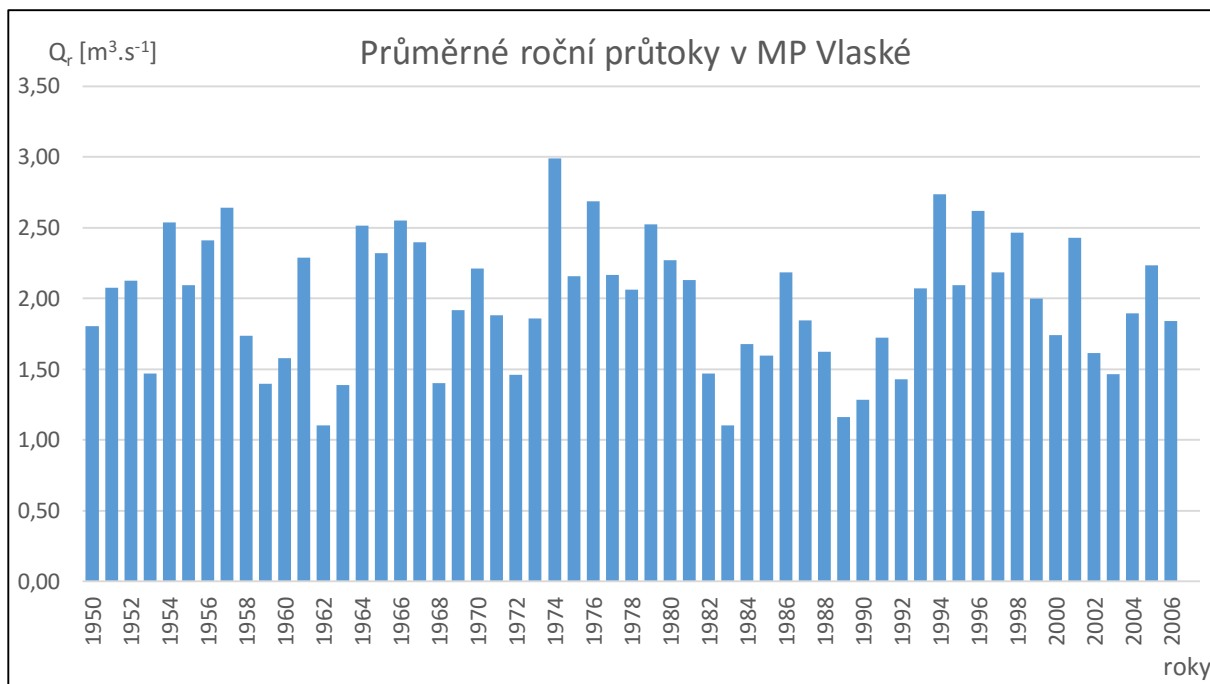
Obr. 11 - Soubor s výsledky Q\_PRE

Ve výsledném souboru je potřeba odstranit prvních 11 řádků. Je to z důvodu, protože při vytváření předpovědi pro daný rok potřebujeme nějakou počáteční hodnotu. Kvůli tomu proběhne předpověď i na předchozí rok, přičemž ta v posledním měsíci prvního roku nám poslouží jako vstupní hodnota. Zároveň také odstraníme poslední řádek v souboru, který již předpovídá od ledna následujícího roku, což nepotřebujeme. Zůstane nám tím pádem 12 řádků pro 12 měsíců předpovědi daného roku.

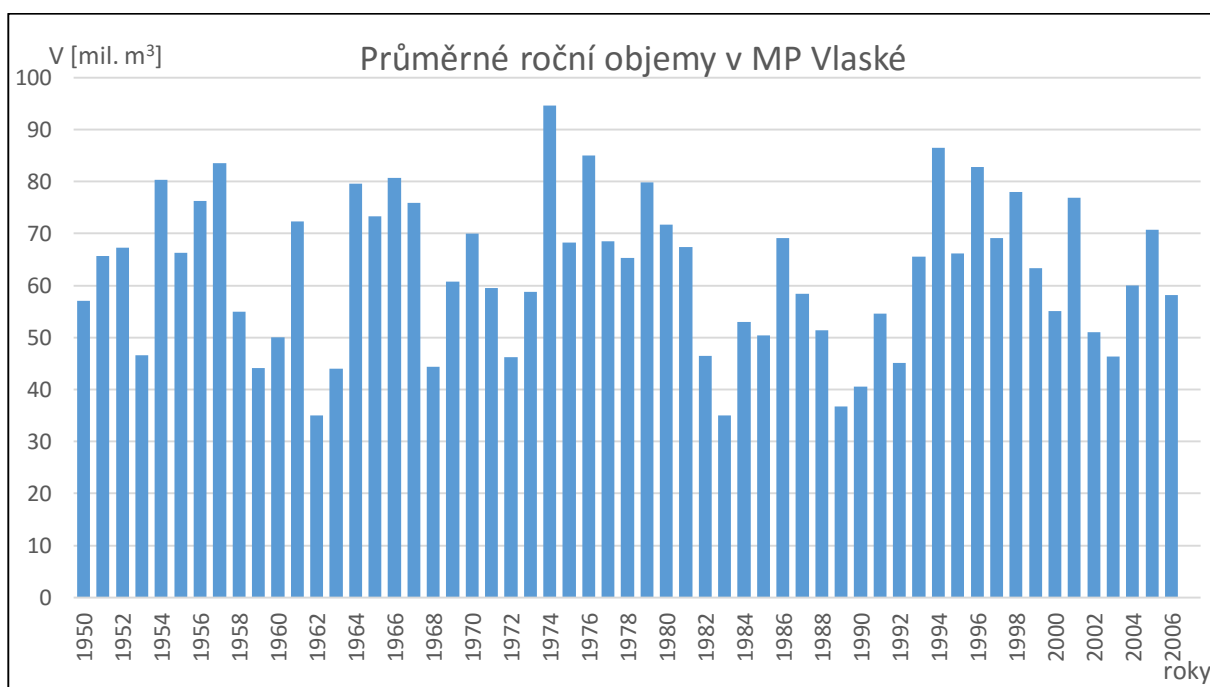
#### 4.6. Analýza průtoků

Pro druhou variantu řízení odtoku z fiktivní nádrže bylo potřebné provést analýzu průtoků v obou profilech, abychom identifikovali extrémní roky. Ať už minima, maxima nebo průměrně vodné roky. Reálnou řadu průměrných měsíčních průtoků jsme získali z ČHMÚ.

Na obr. 12 je možno vidět průměrné roční průtoky v měrném profilu Vlaské. Na obr. 13 jsou zobrazeny průměrné roční objemy, které protekly měrným profilem Vlaské.



*Obr. 12 - Průměrné roční průtoky v MP Vlaské*



*Obr. 13 - Průměrné roční objemy v MP Vlaské*

Podle průměrných ročních průtoků v daném profilu byly vybrány extrémní roky, na které proběhlo řízení odtoku z fiktivní nádrže. Konkrétně bylo vybráno 5 maxim, 5 minim a 5 průměrných let. Vybrané roky a hodnoty průměrných měsíčních průtoků v těchto letech jsou uvedeny v tabulkách níže (tab. 4, tab. 5 a tab. 6).

*Tab. 4 - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ] ve vybraných maximálních letech v profilu Vlaské*

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1957	0,90	1,21	1,05	5,73	1,86	4,38	4,64	2,04	4,70	1,36	1,20	2,61

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1974	2,39	8,21	4,55	1,71	2,40	3,47	2,70	2,14	4,00	2,10	1,02	1,21
1976	2,10	2,26	1,37	2,96	5,44	2,69	3,48	1,54	1,30	5,79	2,00	1,33
1994	2,10	2,29	2,94	3,85	2,43	5,53	4,11	3,08	1,45	0,79	2,61	1,65
1996	2,20	1,28	0,86	1,46	2,89	1,91	3,20	1,41	12,20	1,91	1,01	1,09

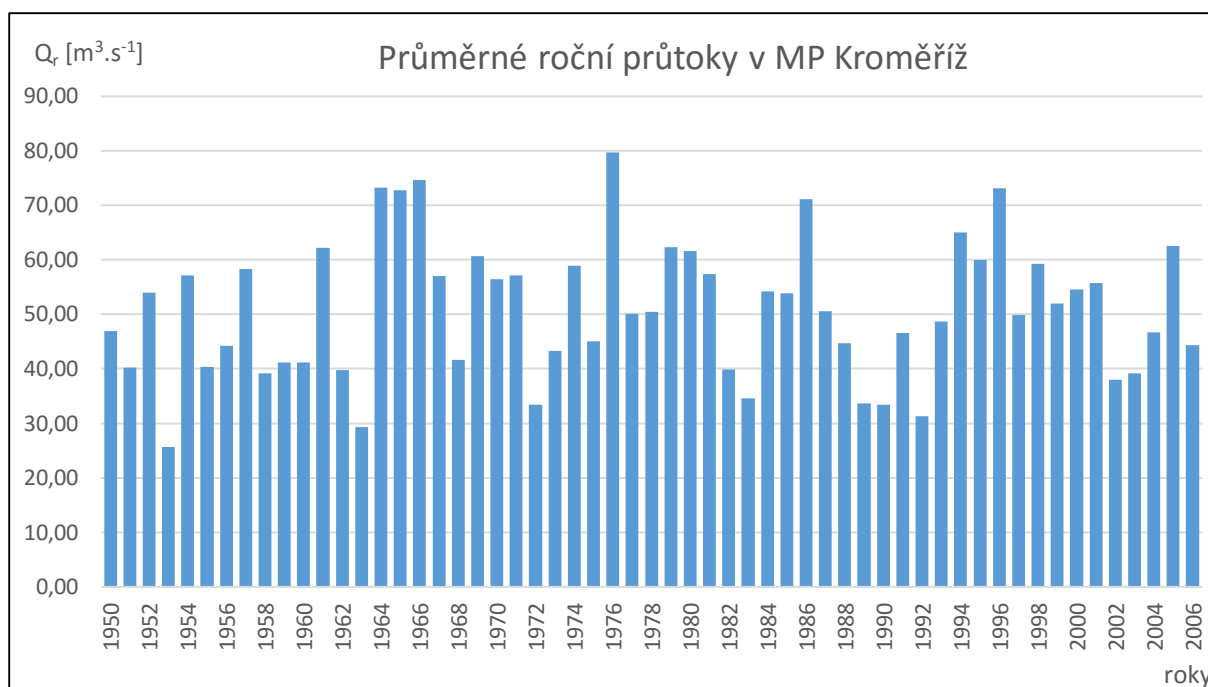
**Tab. 5** - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ] ve vybraných průměrných letech v profilu Vlaské

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1951	1,11	1,40	1,15	1,10	1,18	8,93	3,09	1,64	0,75	0,69	1,79	2,08
1978	1,20	1,64	3,08	1,20	3,31	4,17	3,20	2,27	1,28	1,22	1,07	1,12
1993	0,75	1,67	3,14	2,15	4,36	4,96	2,33	1,11	0,92	0,64	1,87	0,96
1995	1,92	1,73	1,26	0,67	1,05	5,10	3,33	1,35	2,24	1,24	3,02	2,20
1999	0,89	0,91	0,76	2,85	6,72	5,90	1,74	0,88	1,41	0,76	0,63	0,56

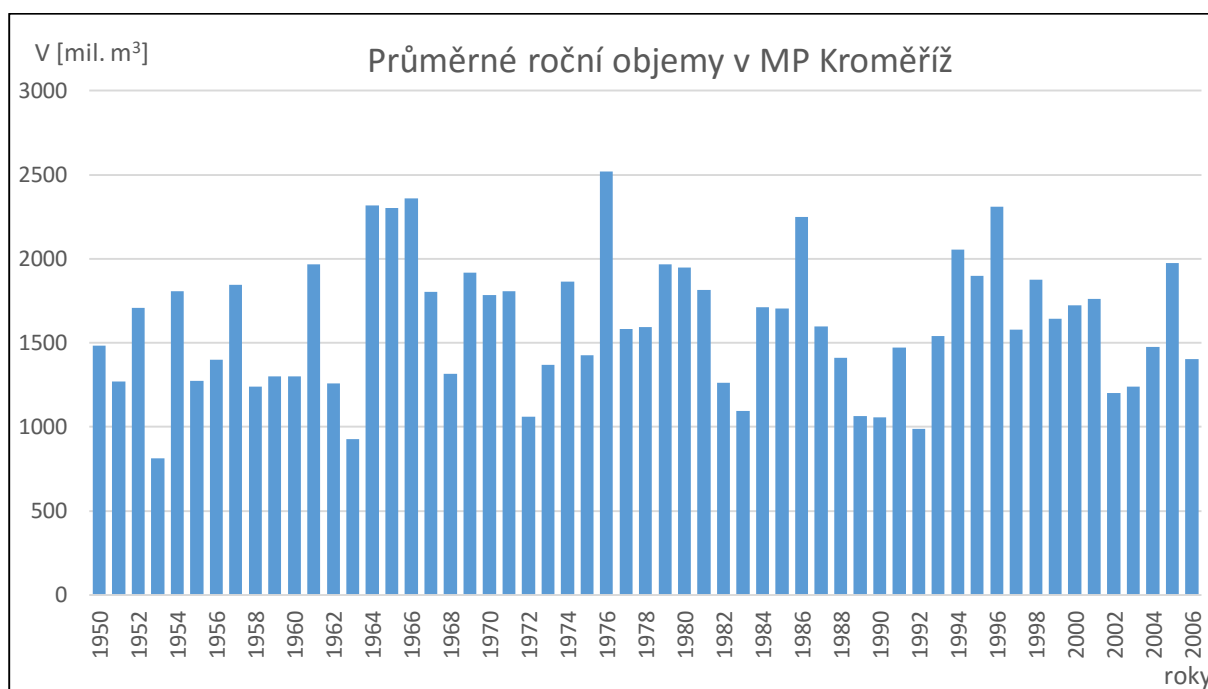
**Tab. 6** - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ] ve vybraných minimálních letech v profilu Vlaské

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1962	0,99	0,56	0,48	0,36	0,79	3,20	2,31	1,35	0,77	0,49	0,84	1,13
1963	2,23	1,36	0,62	0,67	1,07	2,02	1,33	1,07	1,10	1,75	0,75	2,71
1983	0,45	0,91	0,62	0,66	1,33	3,05	1,41	0,76	1,51	0,78	0,94	0,85
1989	1,14	0,95	0,87	1,38	2,77	1,71	1,29	1,22	0,93	0,56	0,70	0,42
1990	1,48	1,12	1,71	0,80	1,91	1,14	1,56	1,12	1,89	1,43	0,68	0,57

Stejný postup byl aplikován i na profil Kroměříž. Na obr. 14 je možno vidět průměrné roční průtoky v měrném profilu Kroměříž. Na obr. 15 jsou zobrazeny průměrné roční objemy, které protekly měrným profilem Kroměříž.



Obr. 14 - Průměrné roční průtoky v MP Kroměříž



Obr. 15 - Průměrné roční objemy v MP Kroměříž

Podle průměrných ročních průtoků v daném profilu byly vybrány extrémní roky, na které proběhlo řízení odtoku z fiktivní nádrže. Konkrétně bylo vybráno 5 maxim, 5 minim a 5 průměrných let. Vybrané roky a hodnoty průměrných měsíčních průtoků v těchto letech jsou uvedeny v tabulkách níže (tab. 7, tab. 8 a tab. 9).

Tab. 7 - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>] ve vybraných maximálních letech v profilu Kroměříž

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1964	55,1	49,7	35,7	39,5	153	123	118	154	66,8	36,3	25,6	22

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1965	20,9	55,8	41,2	170	71,9	70,3	50,9	50,1	148	110	54,6	29,7
1966	43,7	93,8	60,5	133	191	125	77	49,5	32,5	25,7	39,5	24
1976	51,4	84,2	50,6	217	129	90,3	72,7	27	26,7	133	45,5	28,3
1996	63,5	28,5	16,2	76,2	74,9	60,2	60,8	40	348	51,7	33,4	23,2

**Tab. 8** - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ] ve vybraných průměrných letech v profilu Kroměříž

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1977	74,6	38,5	36,3	39,3	97	82	73	35,8	32,3	24,9	27	39,7
1978	23,3	46,9	64,2	41,1	159	77,9	57,1	46,8	27,7	21,3	20,7	18,6
1985	23,1	86	61,2	32,8	95,6	85	40,6	114	24,5	36	26,8	20,8
1987	41	71,4	54,6	72,5	106	98,5	39,9	30,5	18,8	16,8	40,2	16,5
1999	23,8	28,4	25,1	130	166	110	28,3	18,6	41,9	28,3	11,9	11,9

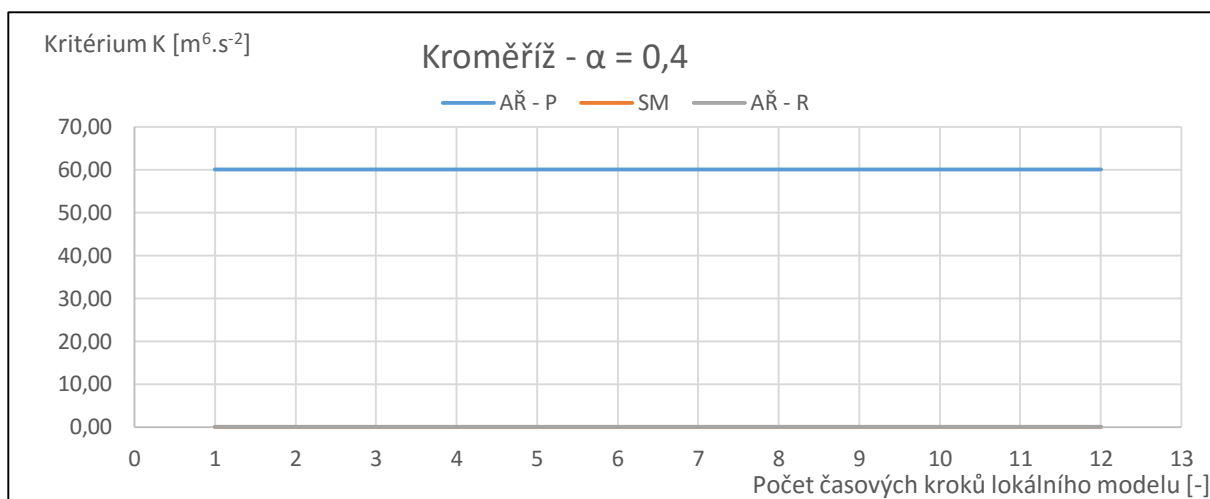
**Tab. 9** - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $m^3 \cdot s^{-1}$ ] ve vybraných minimálních letech v profilu Kroměříž

rok	měsíc											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1953	9,2	7,2	6,1	5,5	28	37,1	53,9	22	99	18,2	9,3	12,7
1963	40,3	22,2	13,7	18	48,3	58,4	23,6	23,4	23,7	25,8	12,6	42,2
1972	27,9	29,7	15,6	40	74,5	86,8	51,7	20,9	16,1	13,9	9,9	14,7
1990	35	39,3	43,8	20,4	41,4	30	58,1	29,6	32,8	45,3	13,4	11,7
1992	17,1	35,3	50,4	25,8	86,4	77	22,7	12,9	13,6	7,9	11,6	14,6

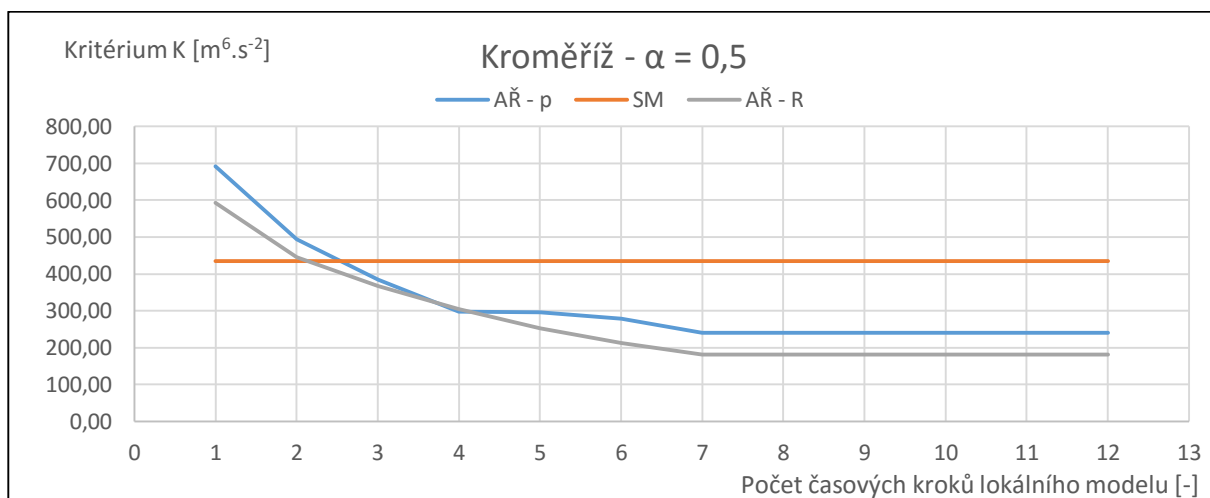
## 5. Výsledky

V kapitole budou prezentovány výsledky v grafické podobě. V podkapitole 5.1 jsou vloženy všechny dosažené výsledky první varianty v grafické podobě. V podkapitole 5.2 jsou vloženy všechny dosažené výsledky druhé varianty v grafické podobě. V názvu grafů je vždy zmíněno, o jaký profil se jedná a na jaký součinitel nalepšení  $\alpha$  bylo řízení odtoků prováděno.

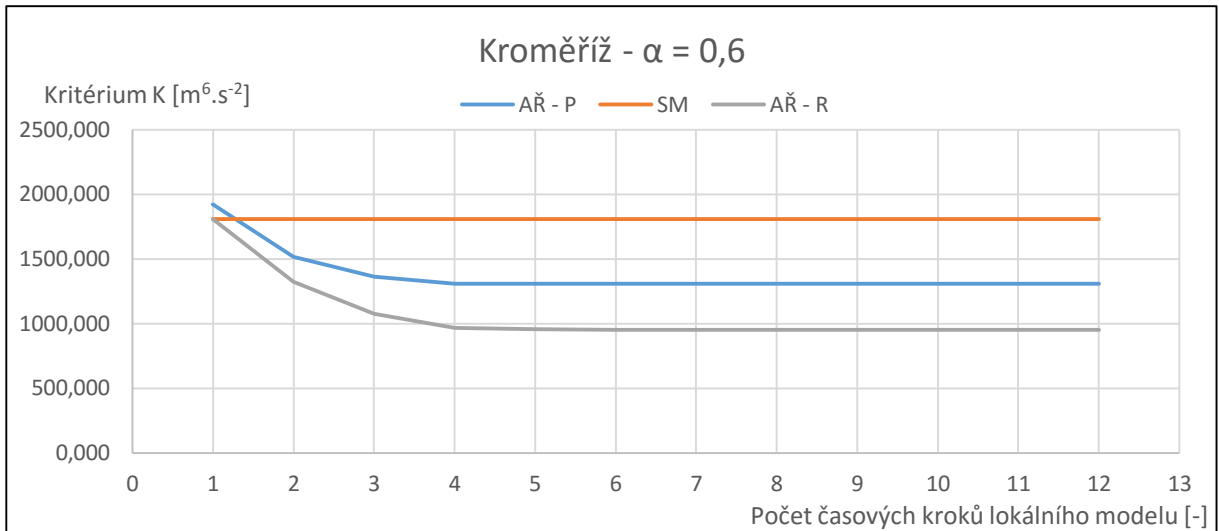
### 5.1. První varianta



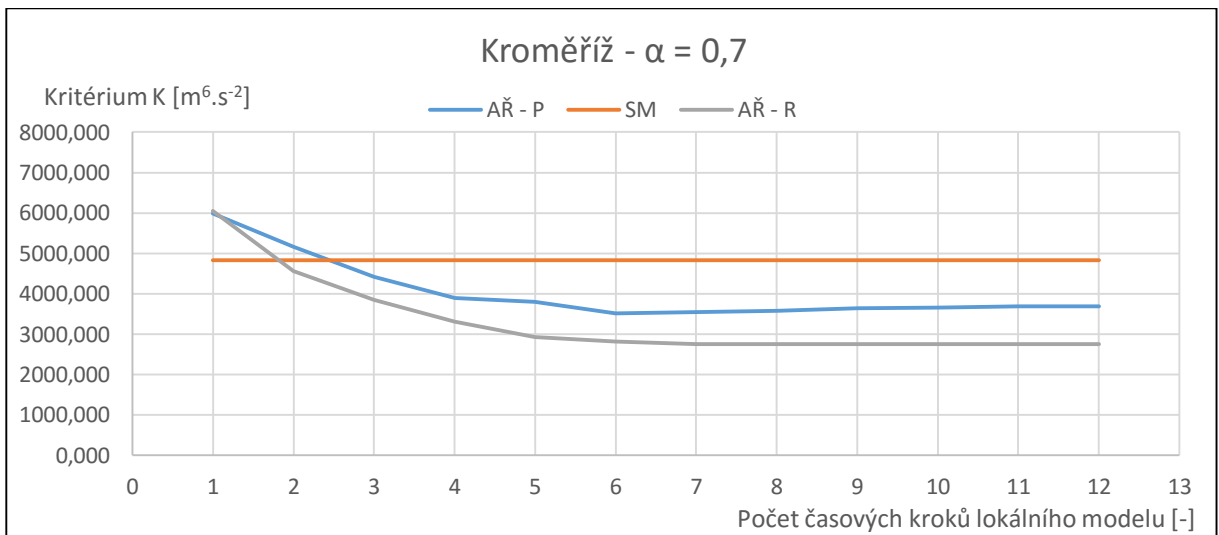
Obr. 16 - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,4$



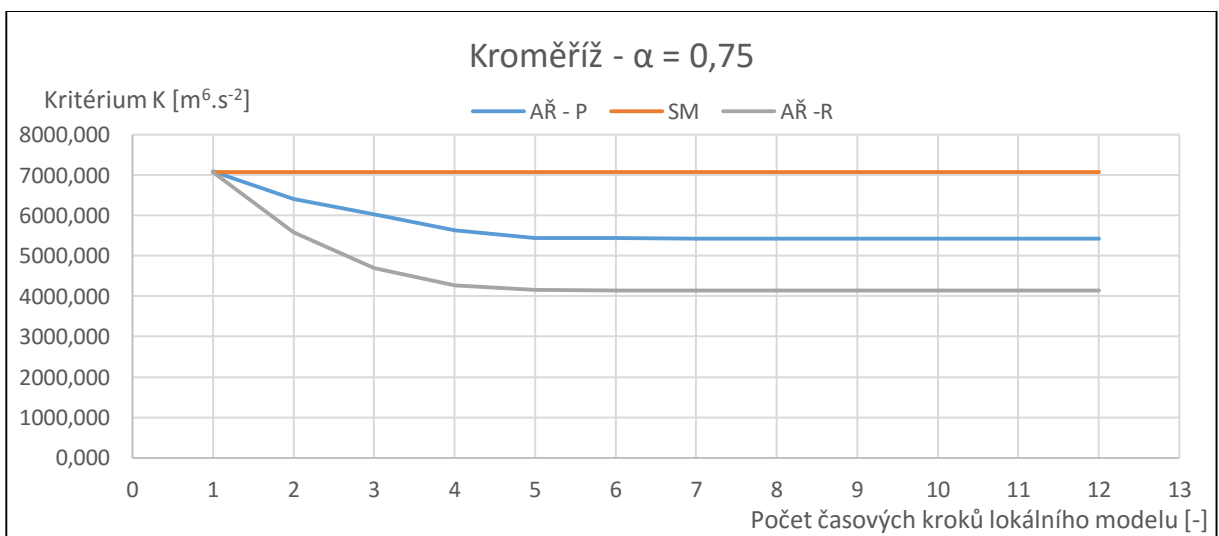
Obr. 17 - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,5$



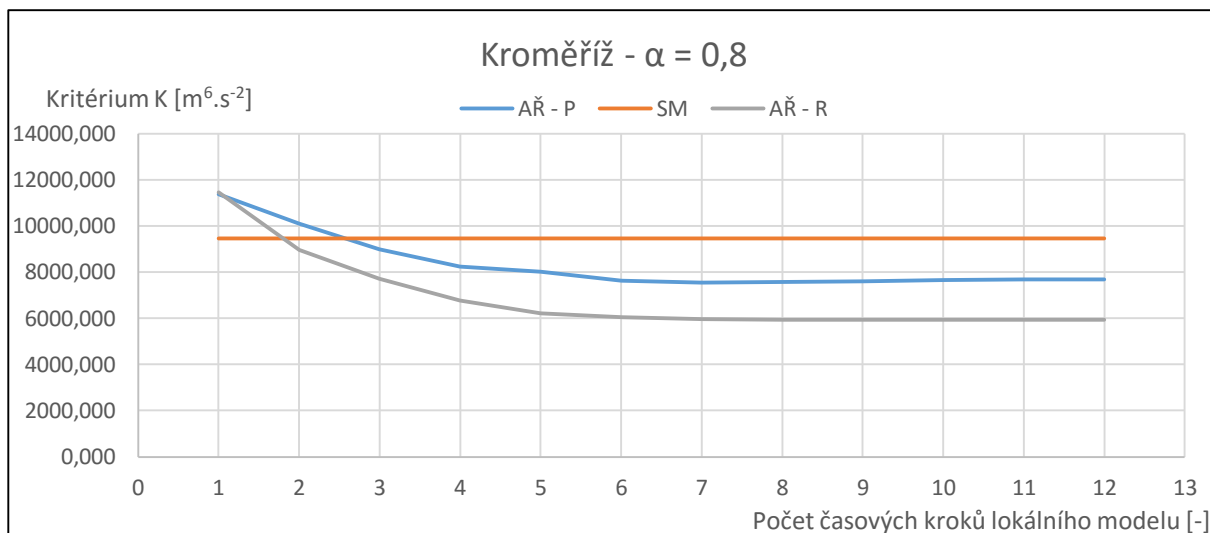
**Obr. 18** - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,6$



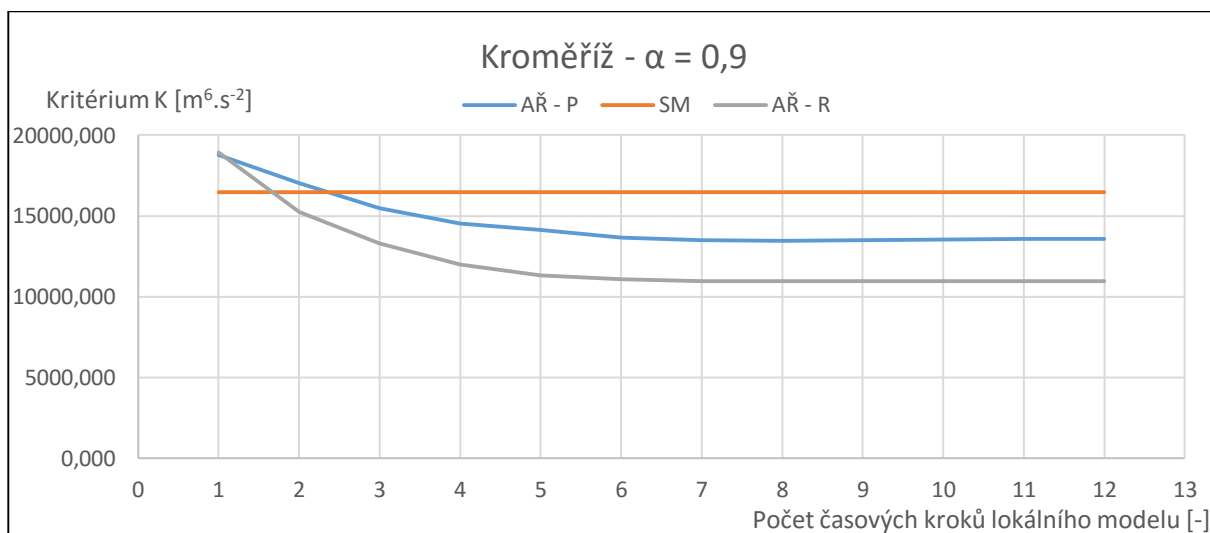
**Obr. 19** - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,7$



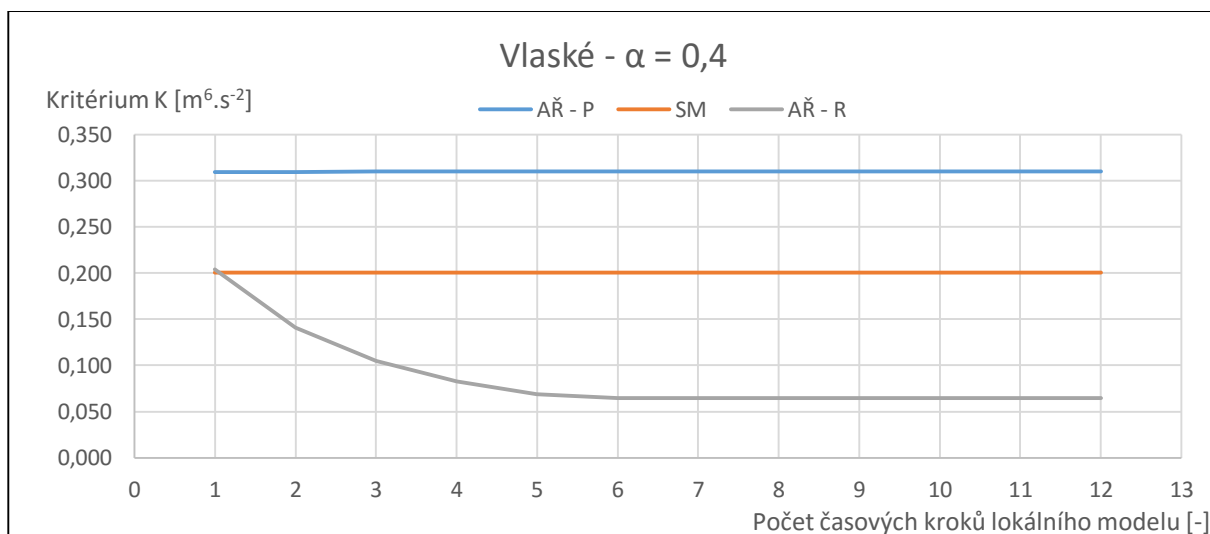
**Obr. 20** - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,75$



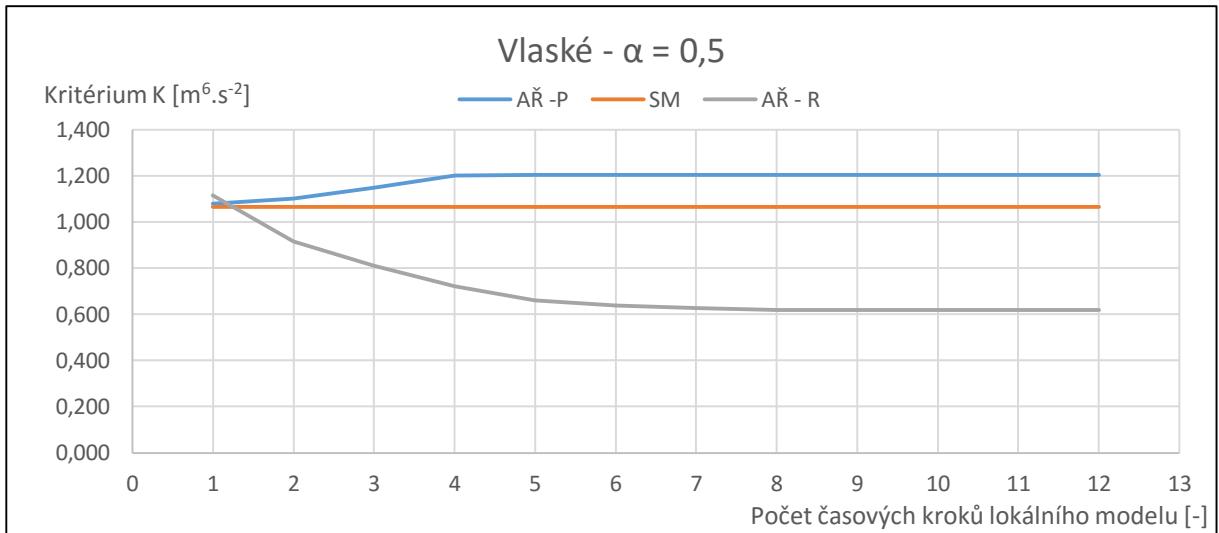
**Obr. 21** - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,8$



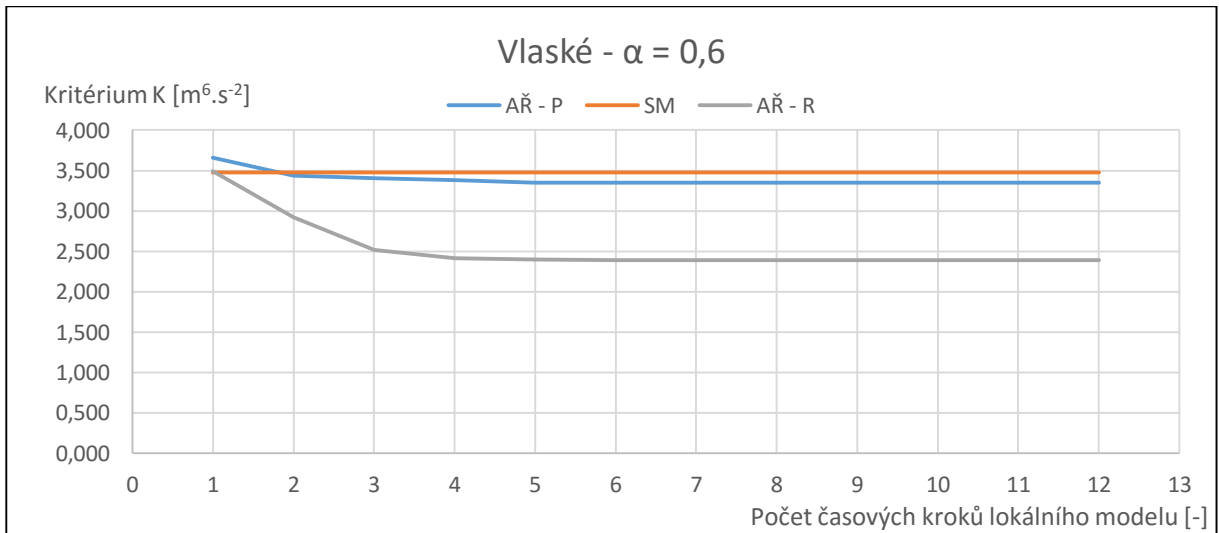
**Obr. 22** - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,9$



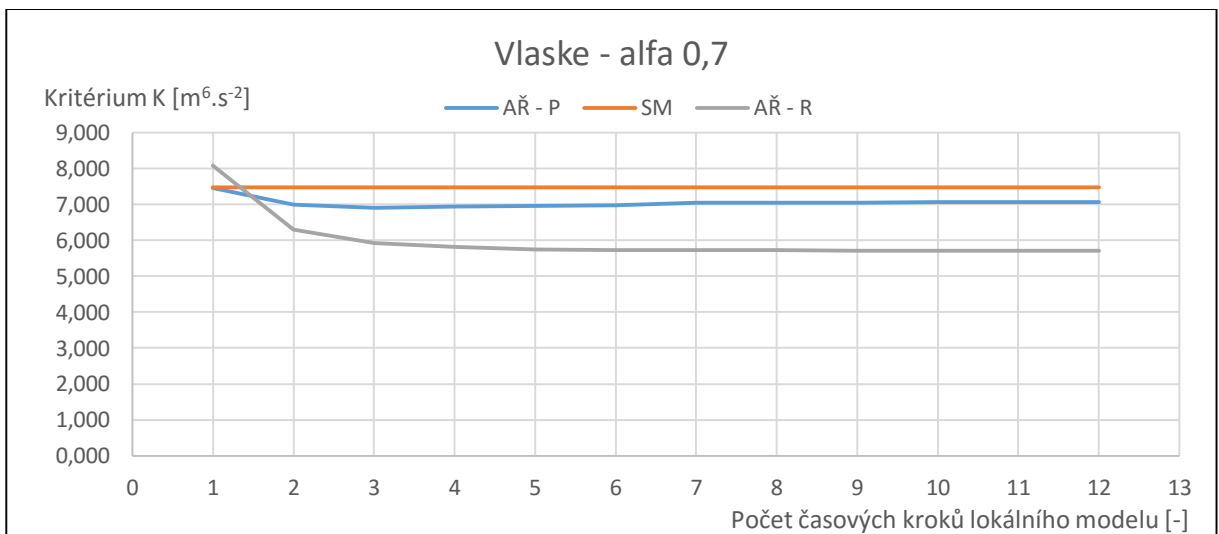
**Obr. 23** - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,4$



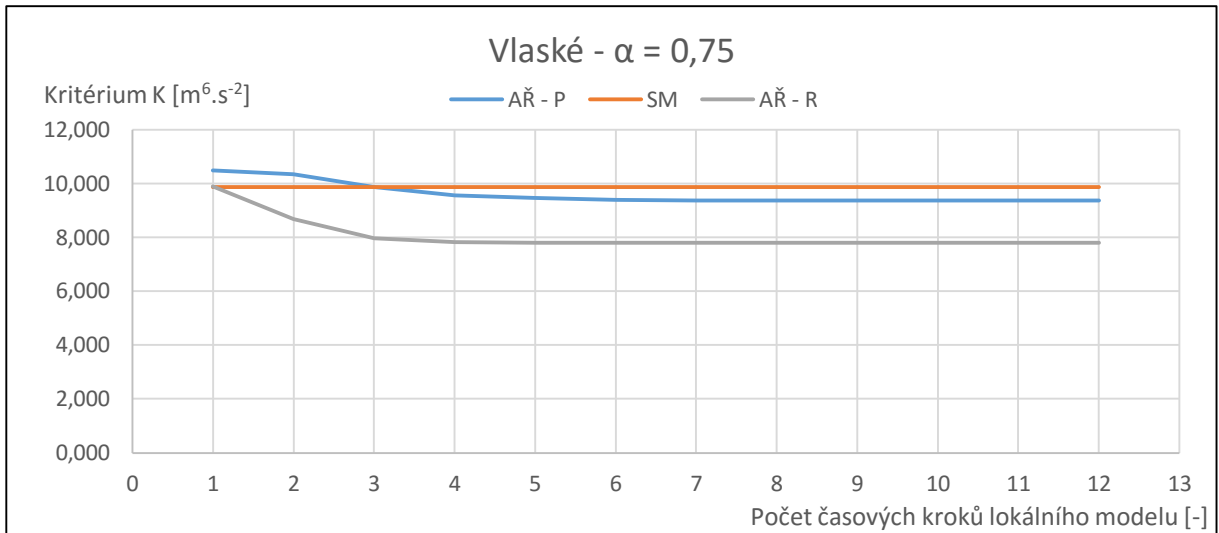
**Obr. 24** - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,5$



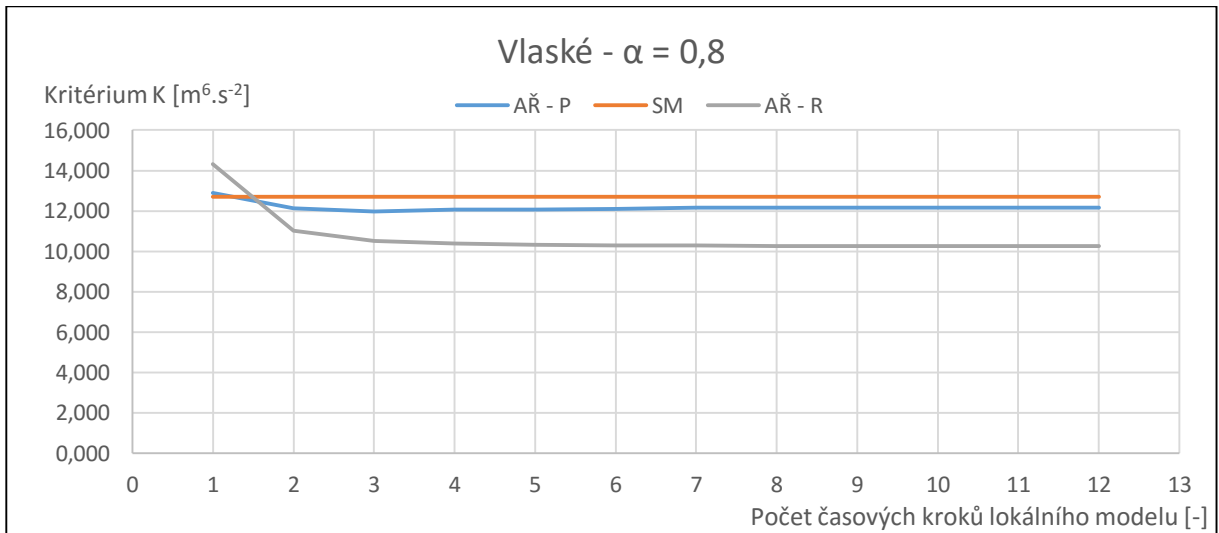
**Obr. 25** - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,6$



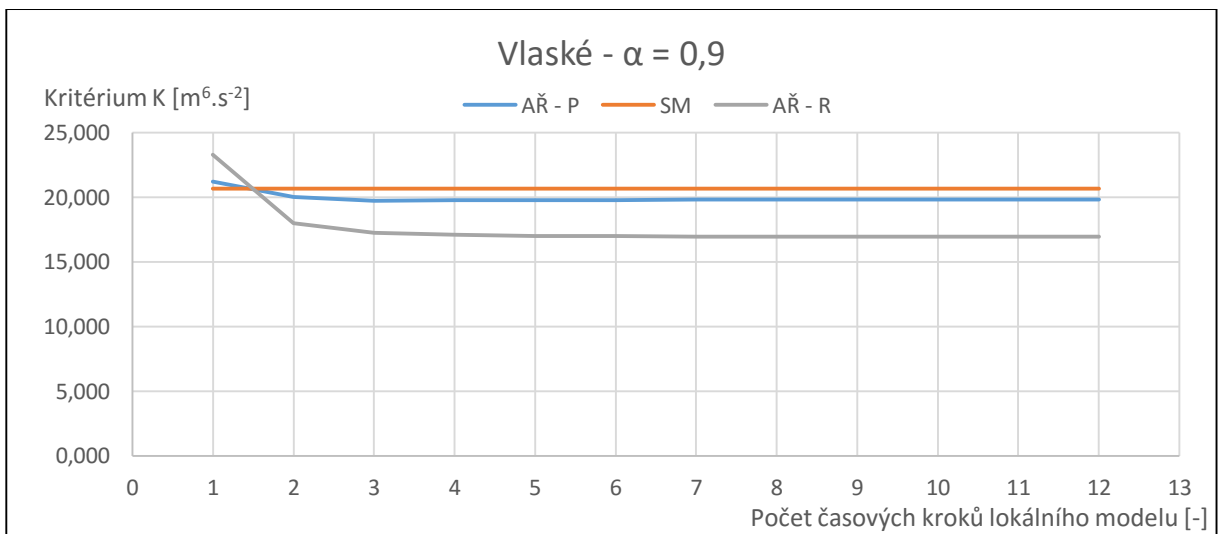
**Obr. 26** - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,7$



**Obr. 27 - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,75$**



**Obr. 28 - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,8$**



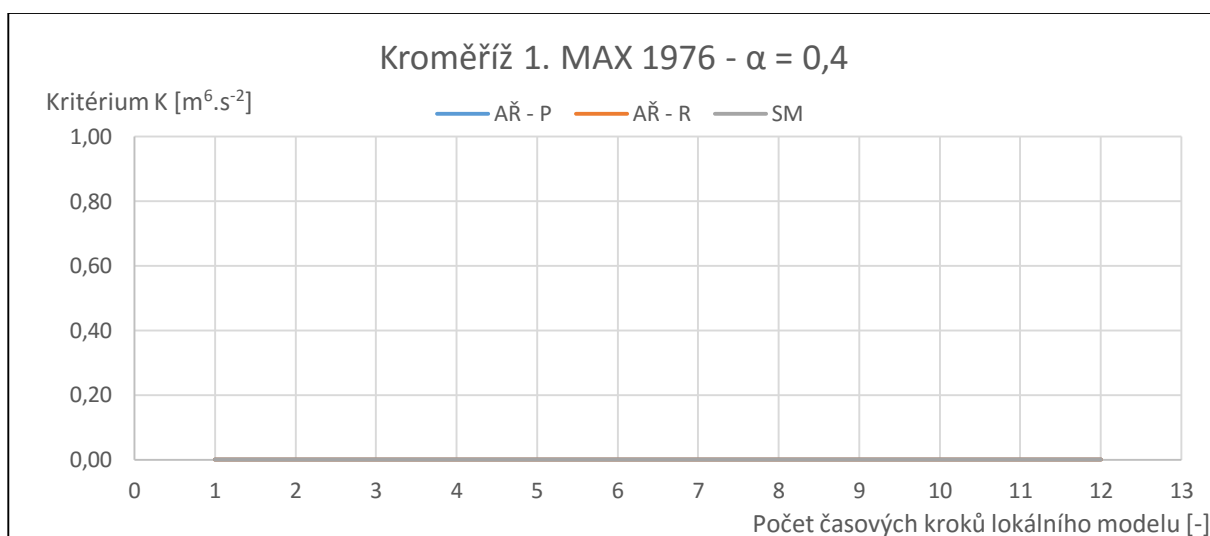
**Obr. 29 - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok  $\alpha = 0,9$**

## 5.2. Druhá varianta

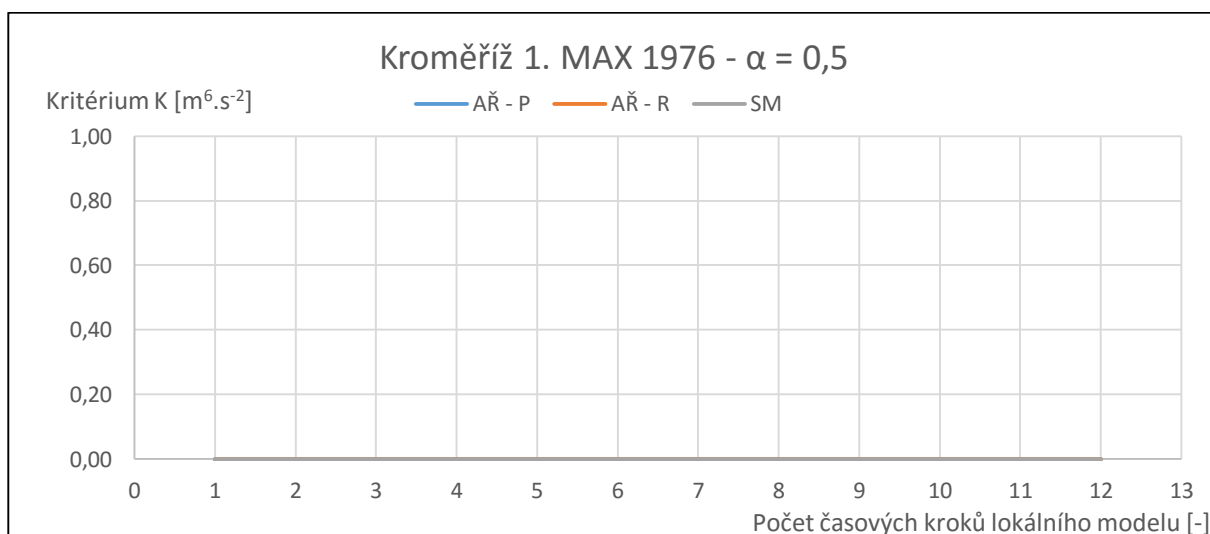
V druhé variantě budou prezentovány výsledky při řízení odtoku ve vybraných jednotlivých letech. Označování grafů se bude mírně lišit ve srovnání s první variantou. V nadpisu bude vždy uveden rok, pro který jsou výpočty prováděny, a jeho pořadí podle toho, jak je vodný. To znamená, že pokud tam bude označení 1. MAX, znamená to, že se jedná o rok v daném profilu nejvodnatější. Naopak pokud bude označení 2. MIN znamená to, že se jedná o druhý nejméně vodnatý rok v profilu.

Následující podkapitola bude poměrně obsáhlá. Řízení odtoku v druhé variantě bylo provedeno ve velkém počtu variant při řízení na vybrané roky, kterých bylo hodně. Výsledky jsou uvedeny v grafické formě kvůli lepší přehlednosti a orientaci. Výsledky prezentované v tabulkách by byly nepřehledné a čtenář by se v nich složitě orientoval.

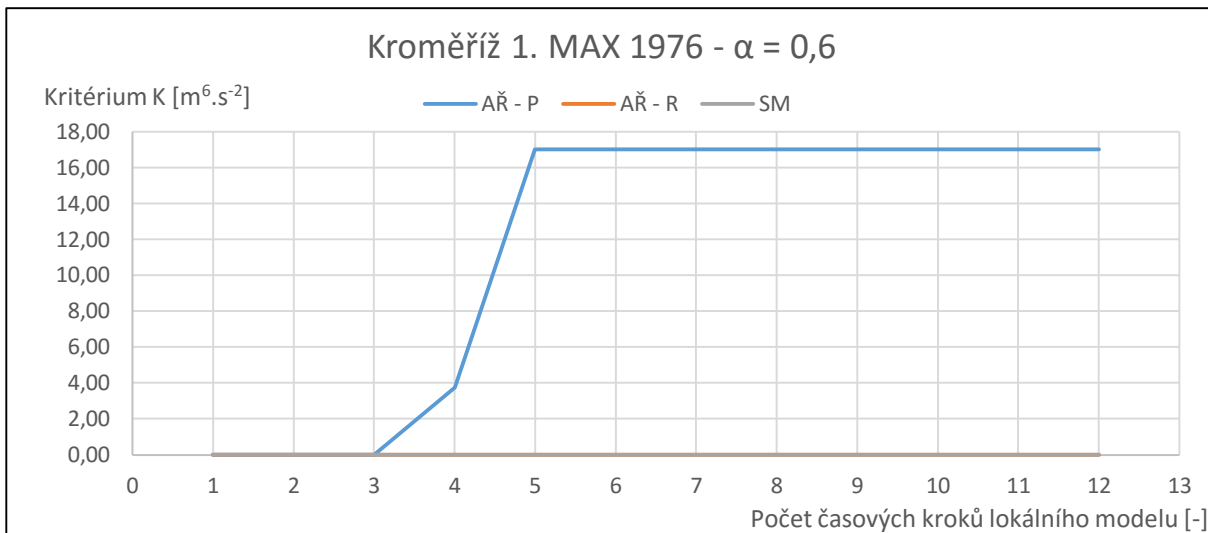
### 5.2.1. Profil Kroměříž - 1. MAX 1976



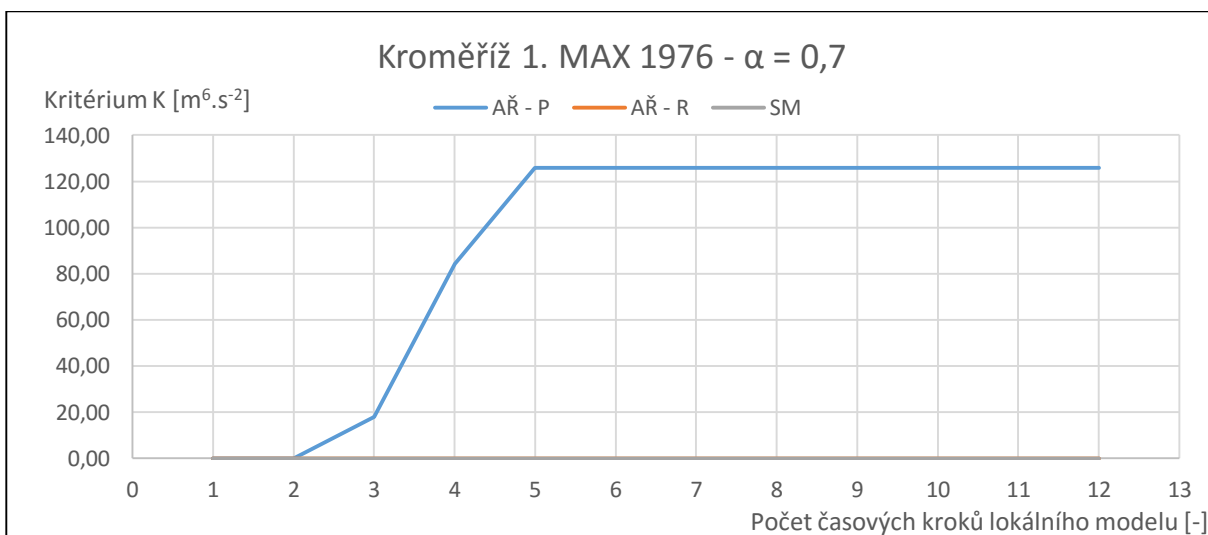
Obr. 30 - Profil Kroměříž - 1. MAX 1976 –  $\alpha = 0,4$



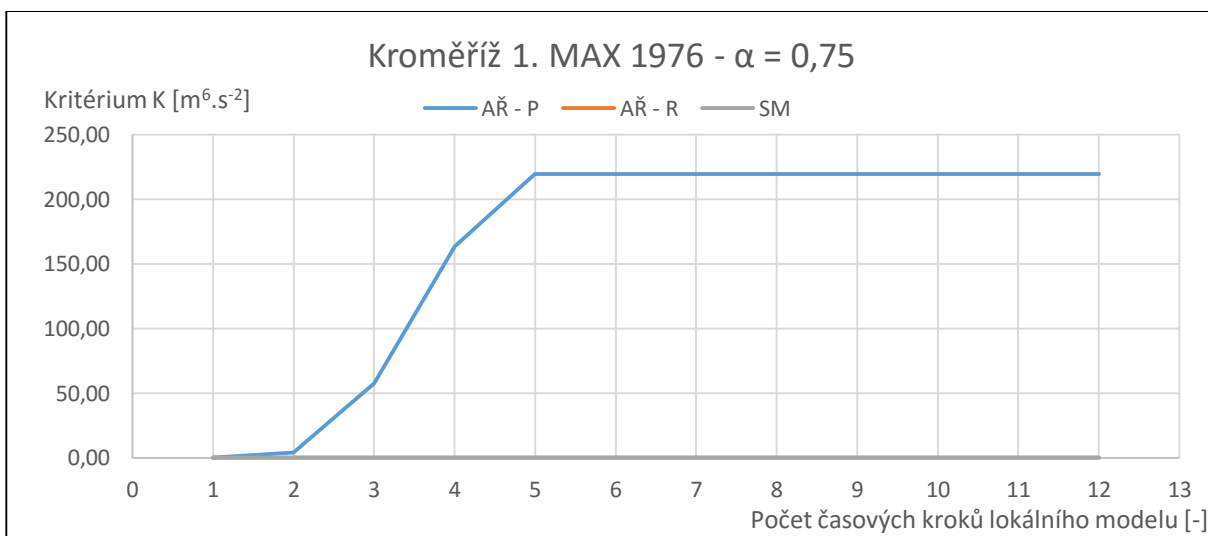
Obr. 31 - Profil Kroměříž - 1. MAX 1976 –  $\alpha = 0,5$



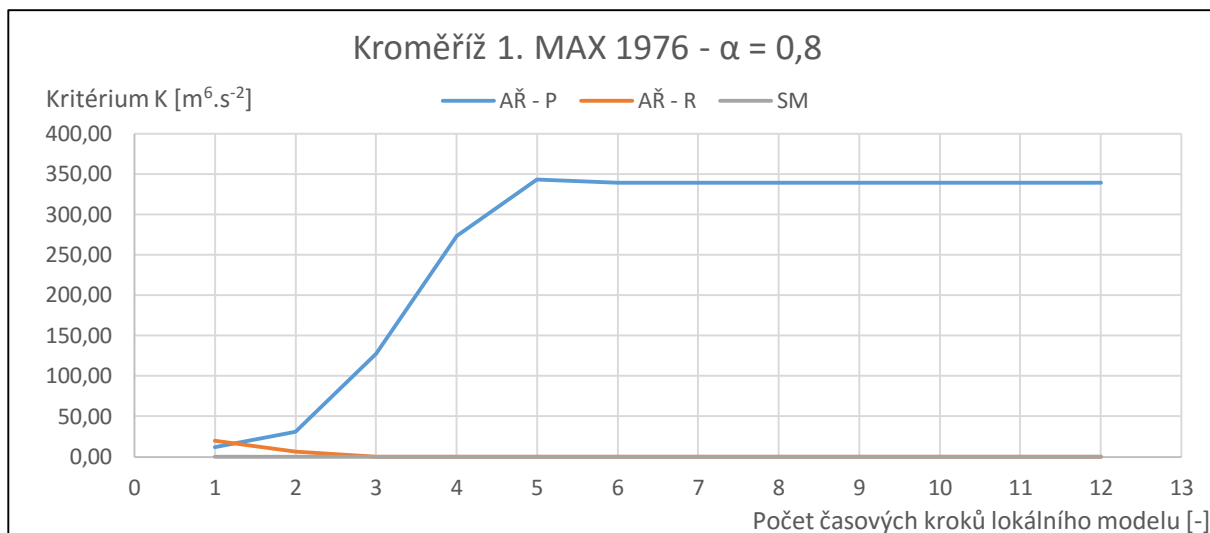
**Obr. 32** - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 -  $\alpha = 0,6$



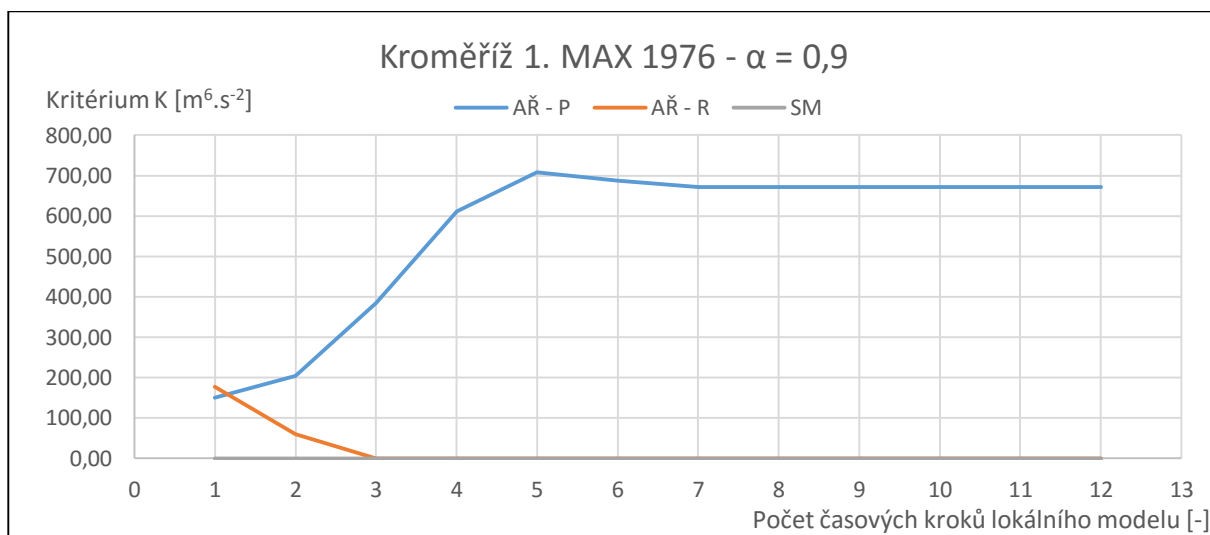
**Obr. 33** - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 -  $\alpha = 0,7$



**Obr. 34** - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 -  $\alpha = 0,75$

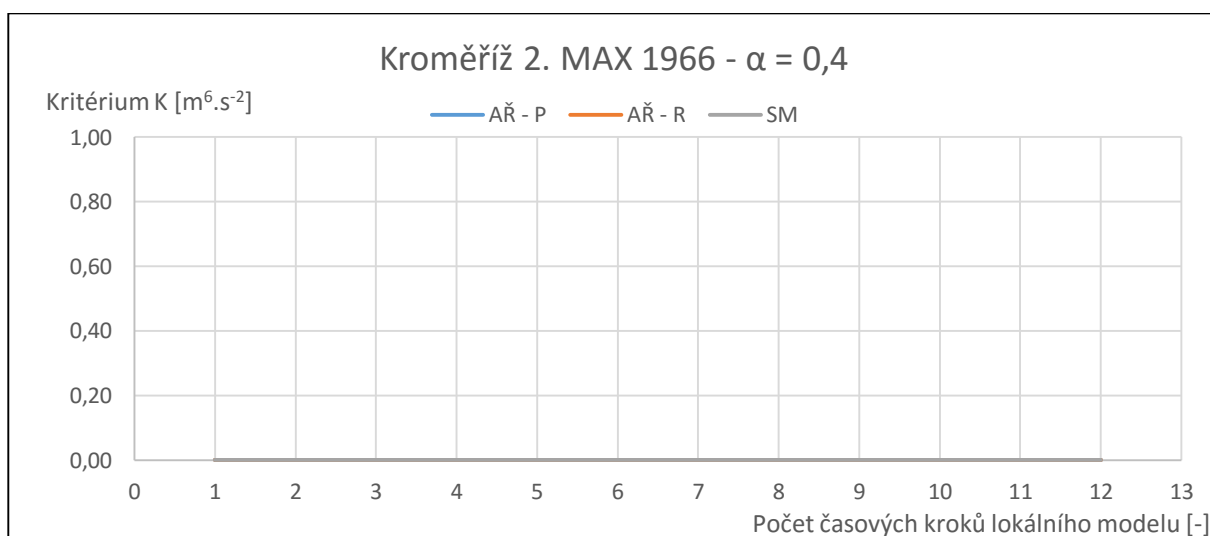


*Obr. 35 - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 –  $\alpha = 0,8$*

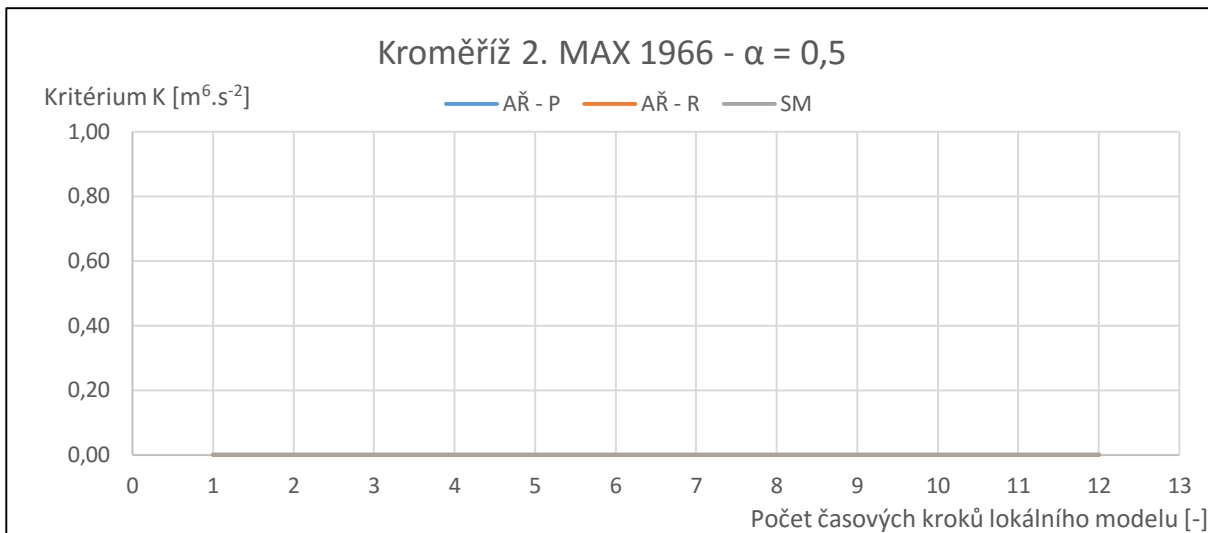


*Obr. 36 - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 –  $\alpha = 0,9$*

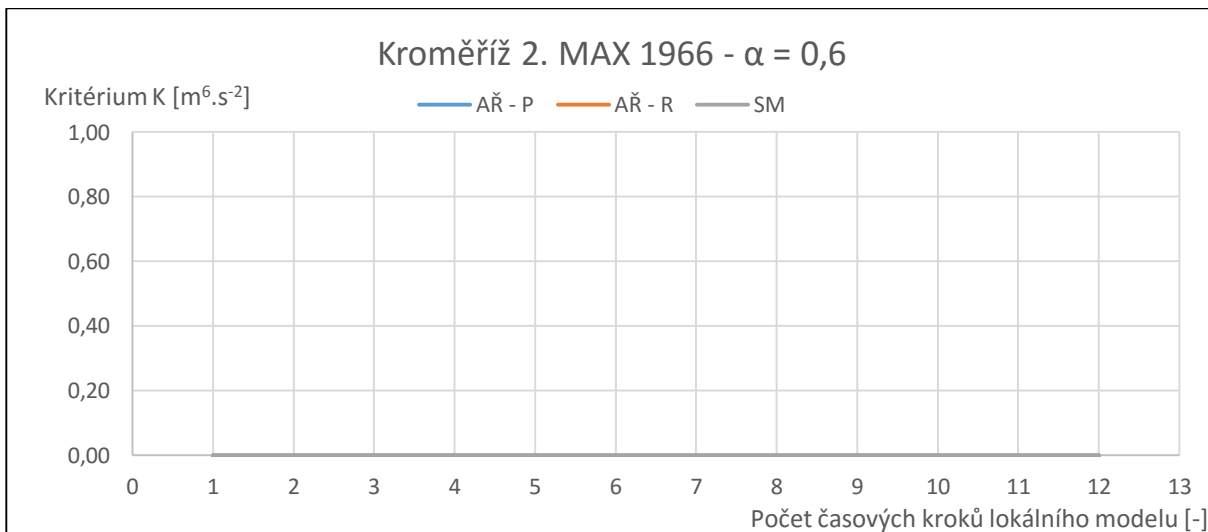
### 5.2.2. Profil Kroměříž - 2. MAX 1966



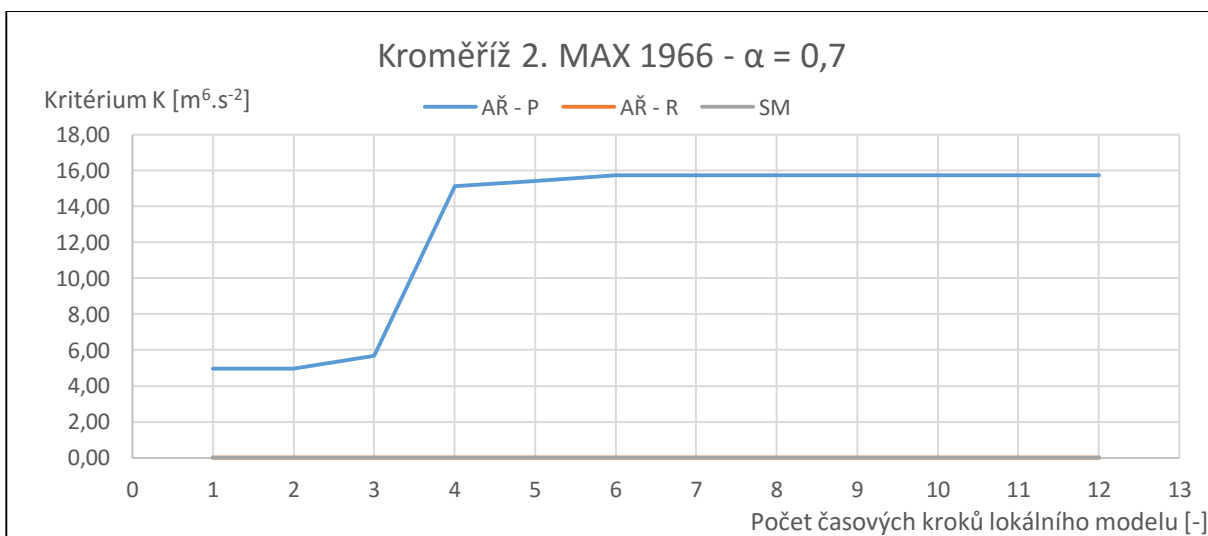
*Obr. 37 - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 –  $\alpha = 0,4$*



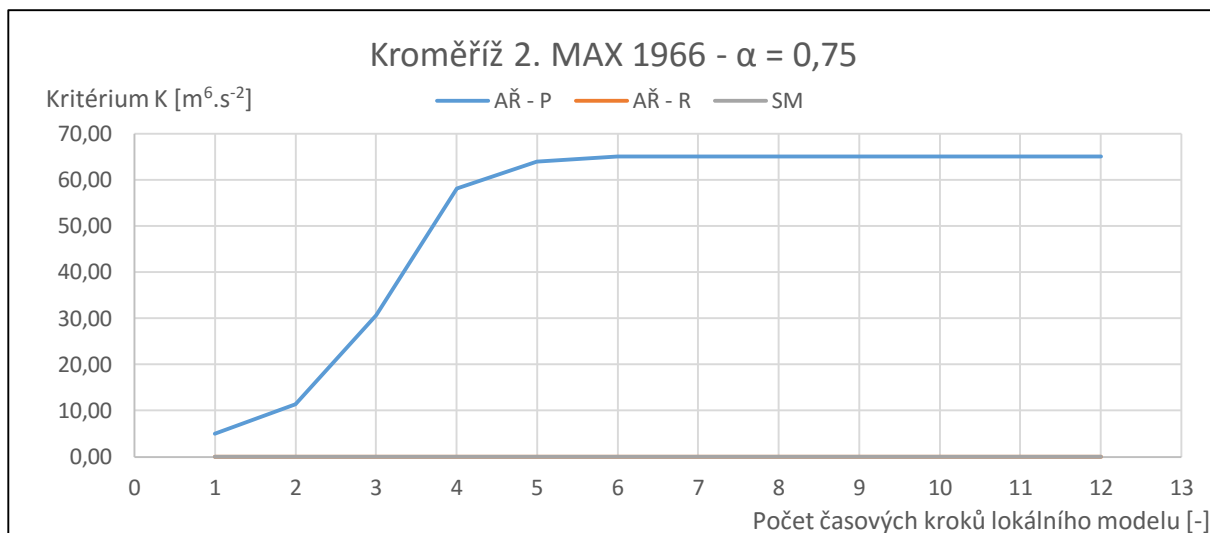
*Obr. 38 - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 –  $\alpha = 0,5$*



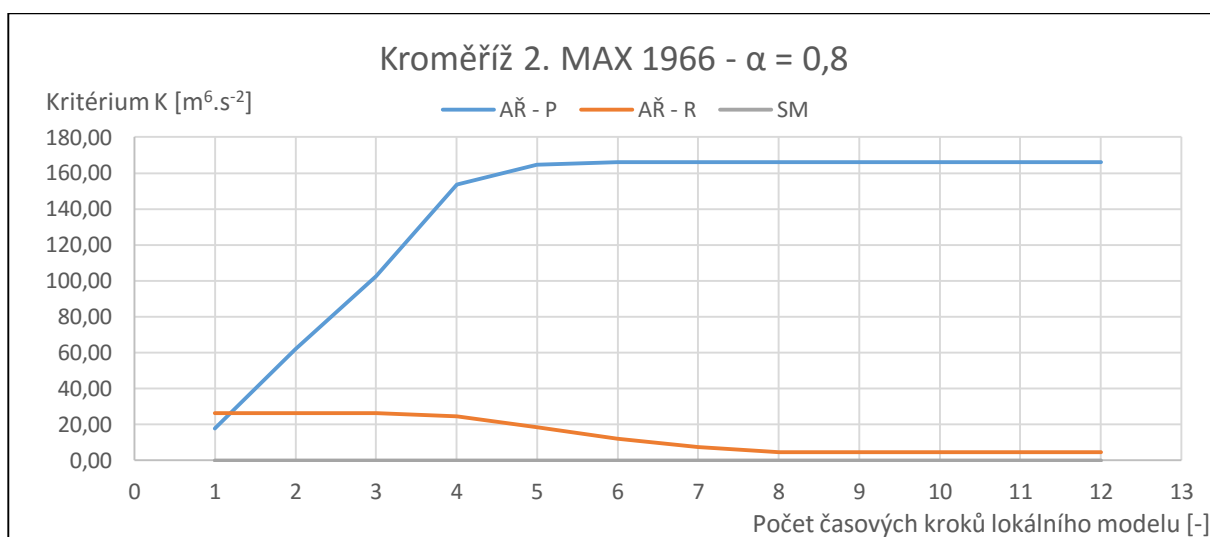
*Obr. 39 - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 –  $\alpha = 0,6$*



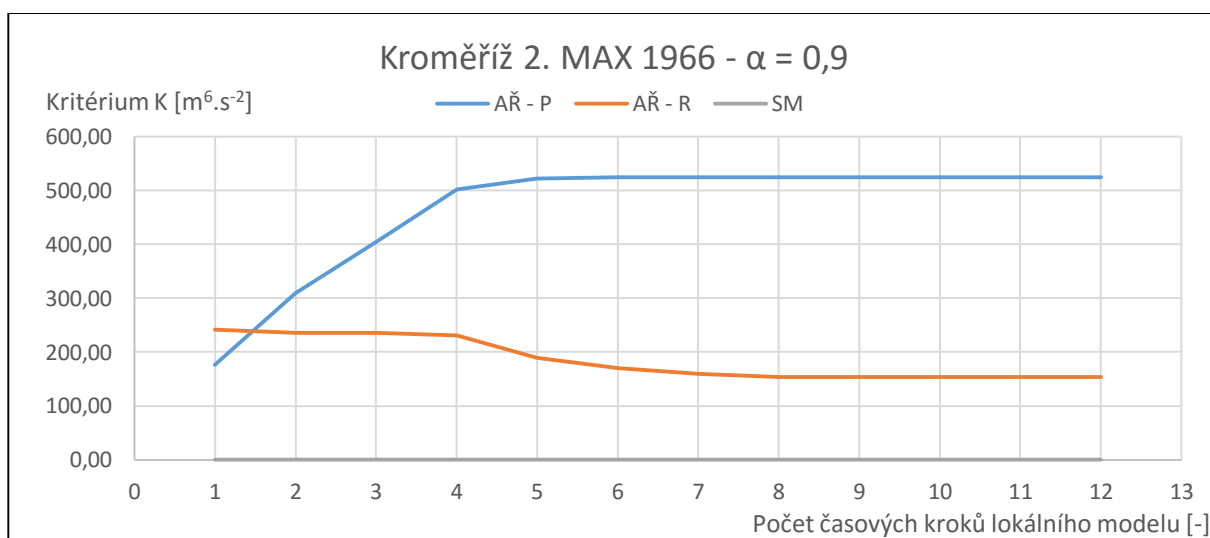
*Obr. 40 - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 –  $\alpha = 0,7$*



**Obr. 41** - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 -  $\alpha = 0,75$

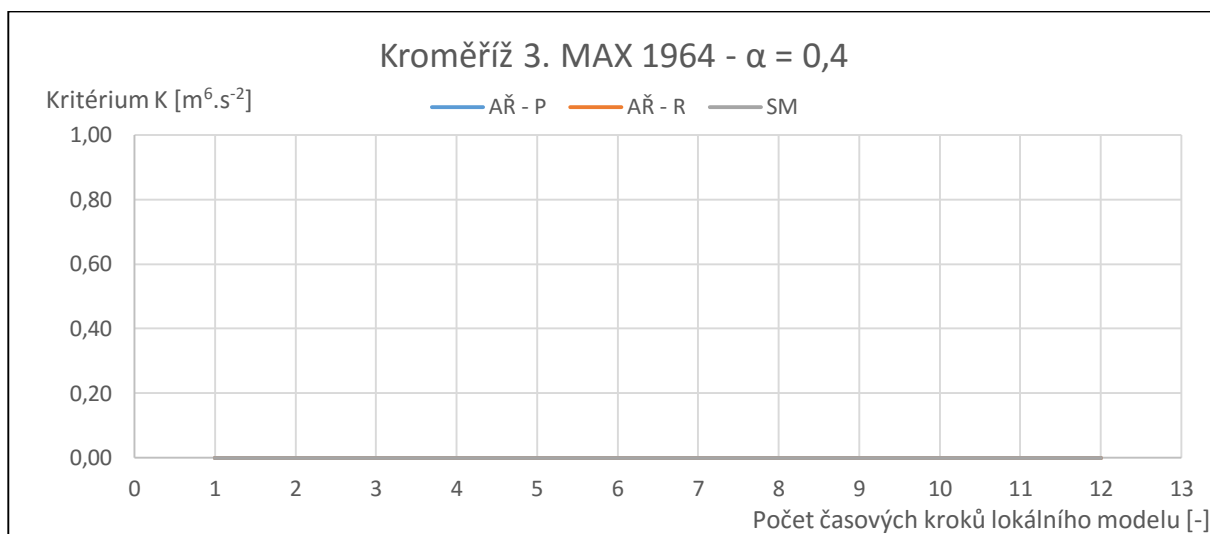


**Obr. 42** - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 -  $\alpha = 0,8$

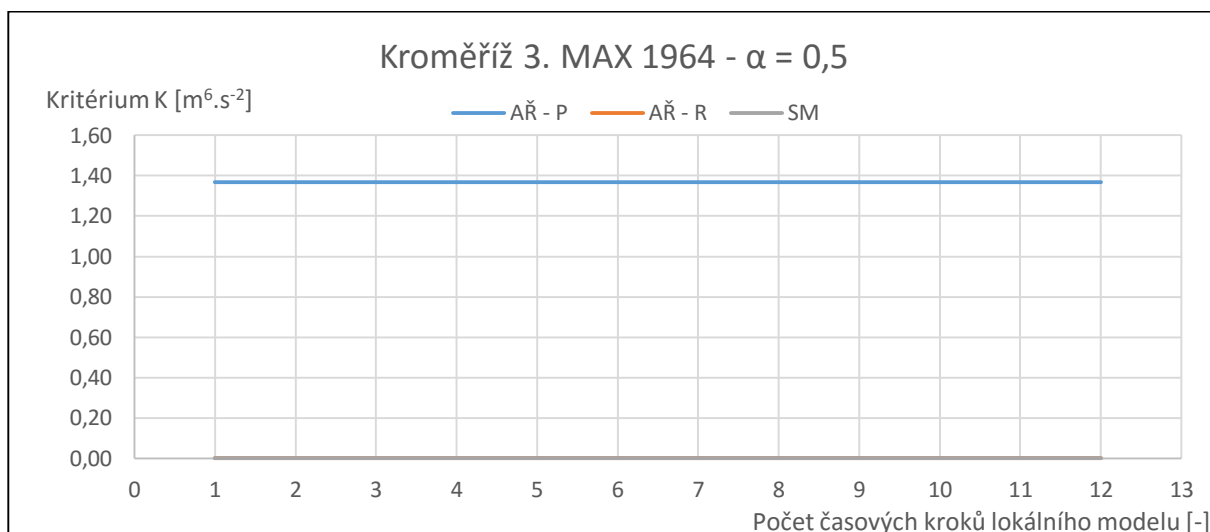


**Obr. 43** - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 -  $\alpha = 0,9$

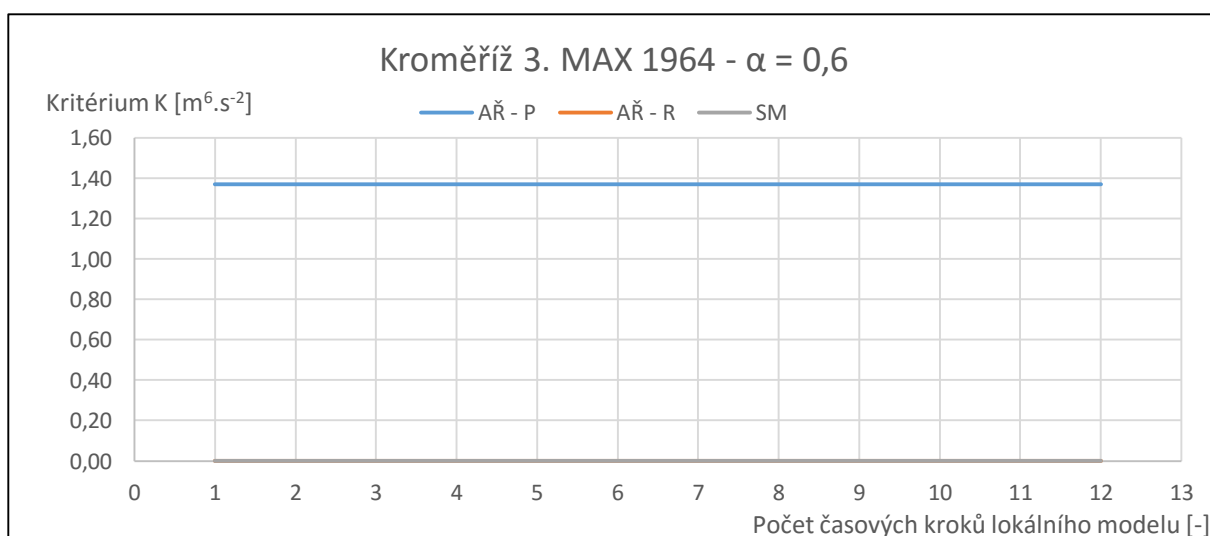
### 5.2.3. Profil Kroměříž - 3. MAX 1964



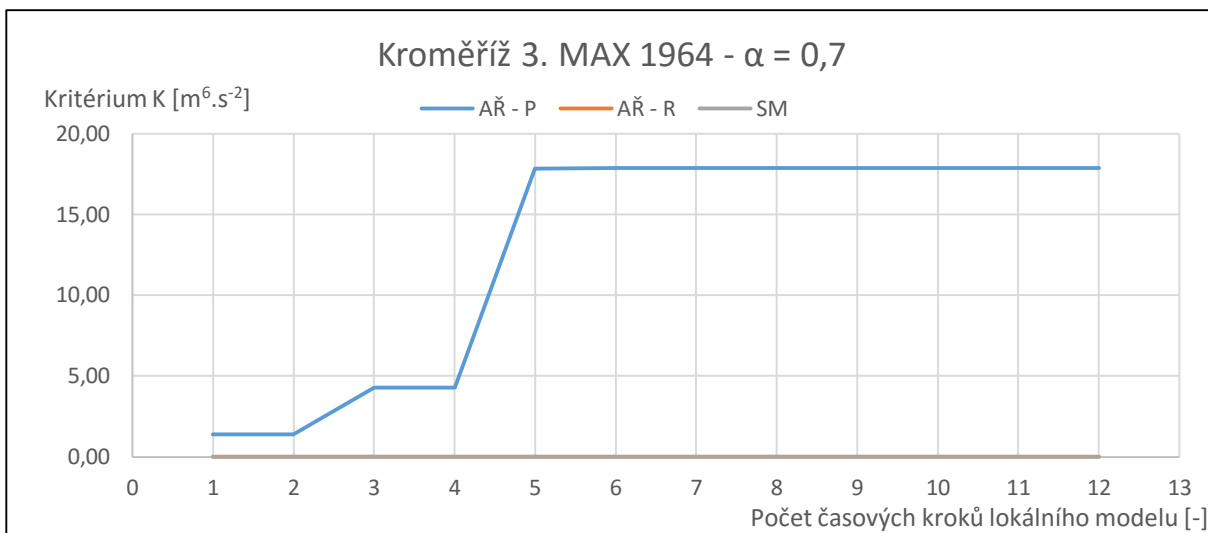
Obr. 44 - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 -  $\alpha = 0,4$



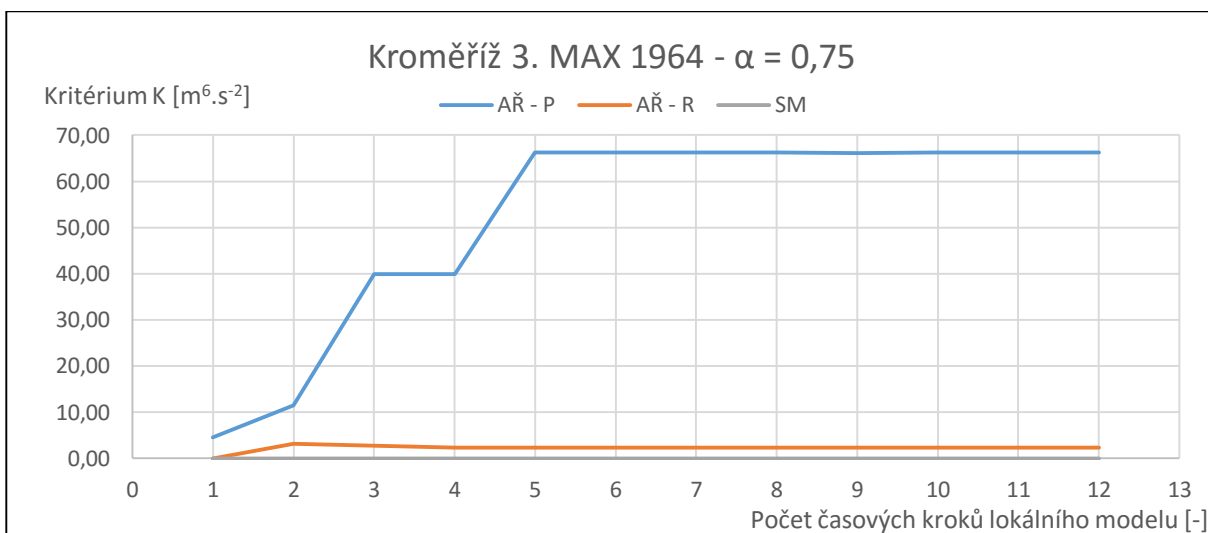
Obr. 45 - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 -  $\alpha = 0,5$



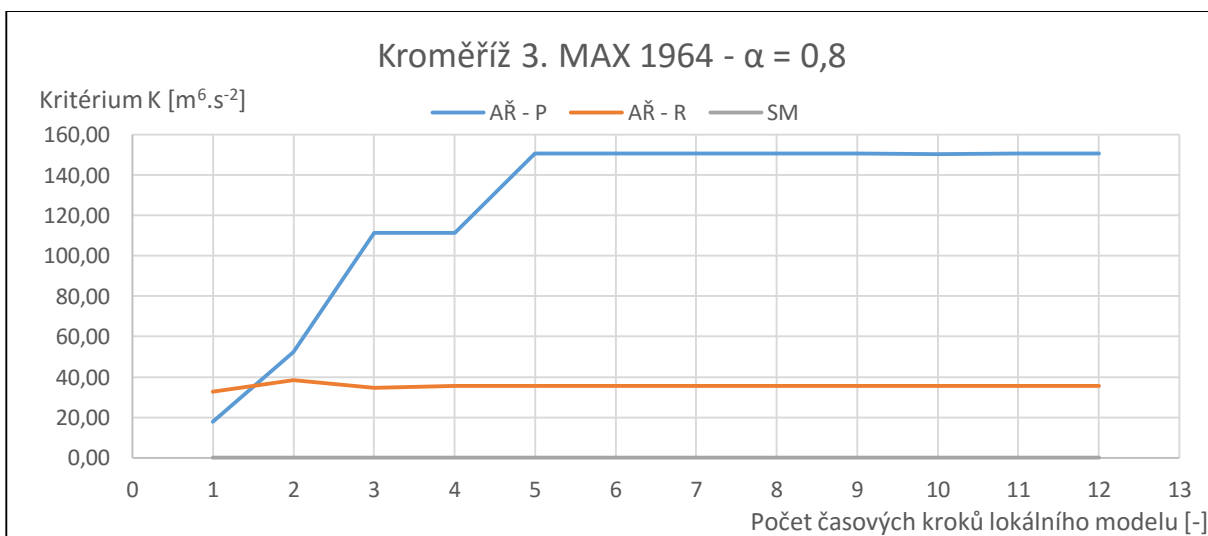
Obr. 46 - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 -  $\alpha = 0,6$



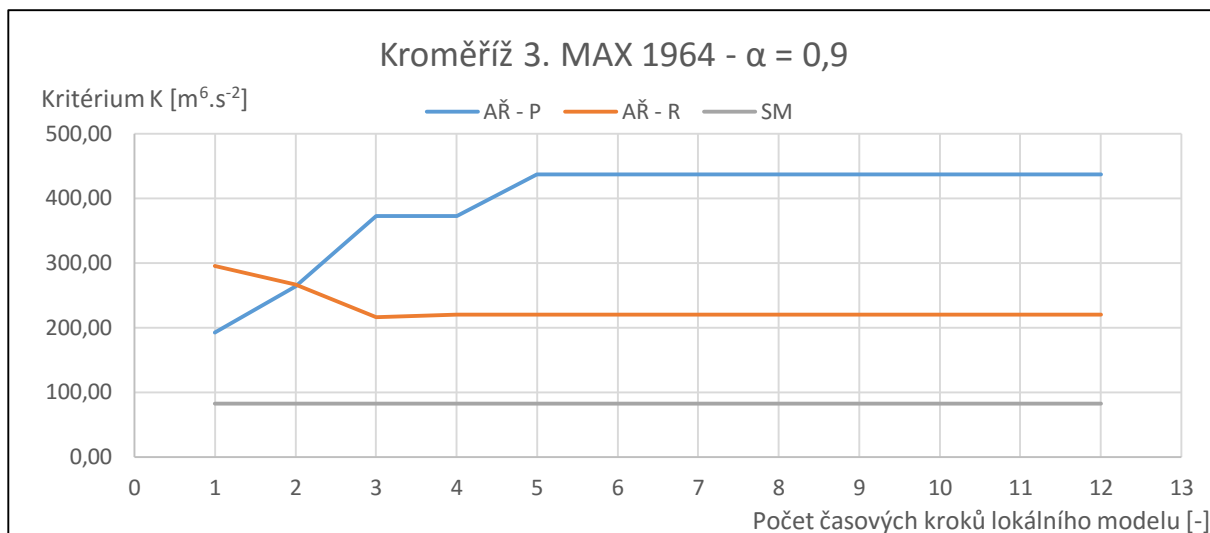
**Obr. 47 - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 48 - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 –  $\alpha = 0,75$**

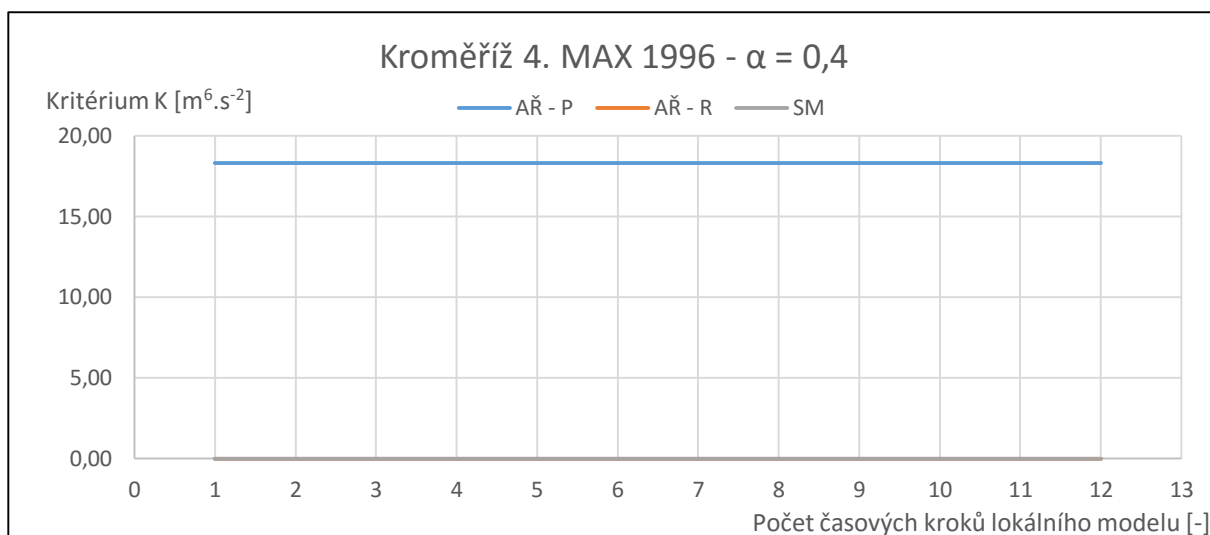


**Obr. 49 - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 –  $\alpha = 0,8$**

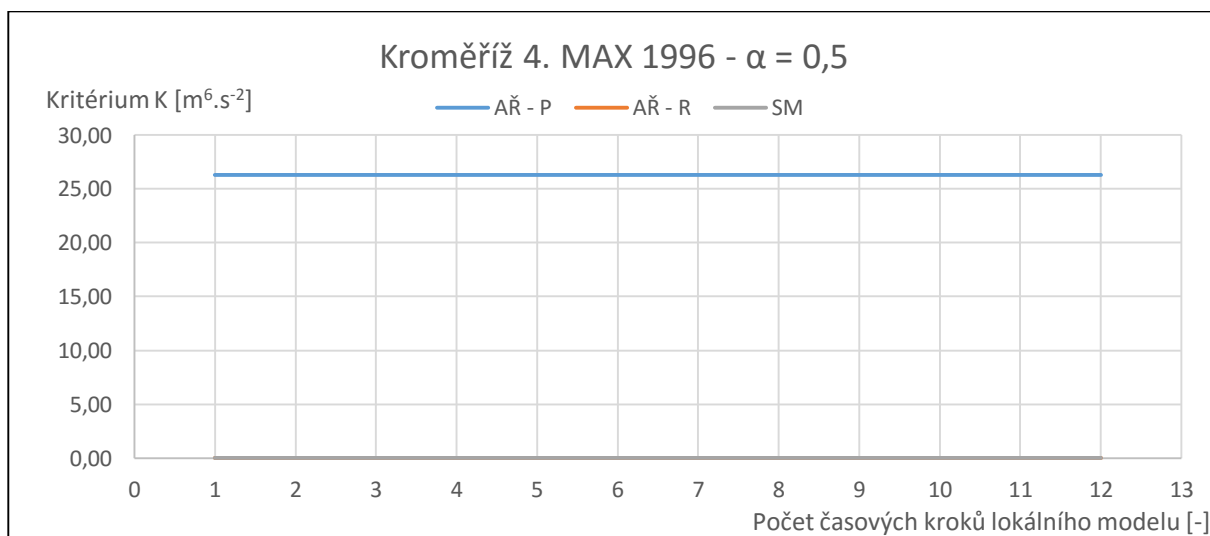


*Obr. 50 - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 -  $\alpha = 0,9$*

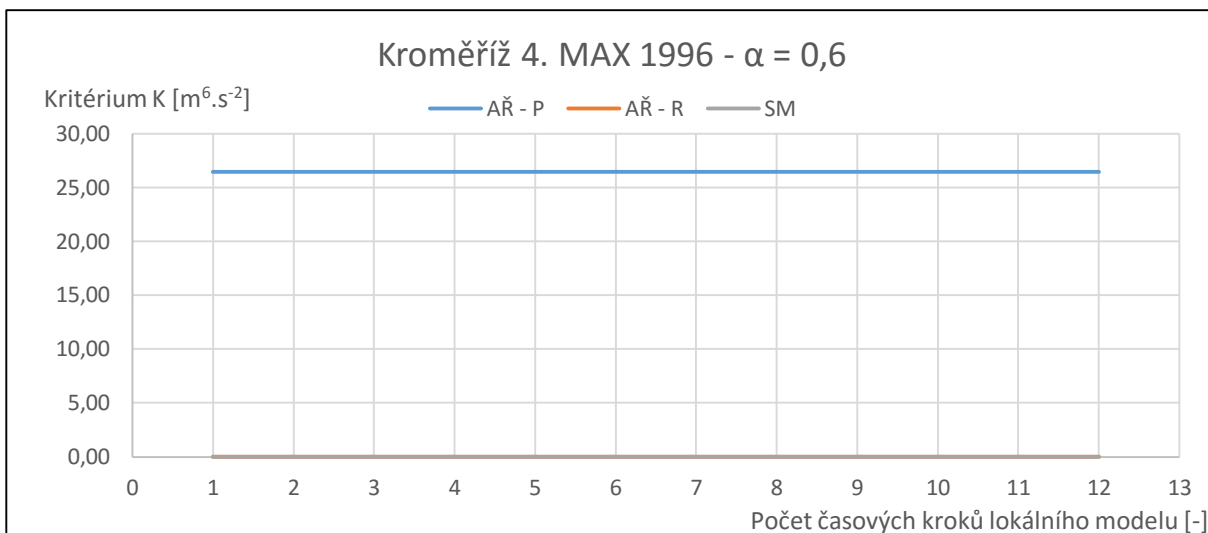
### 5.2.4. Profil Kroměříž - 4. MAX 1996



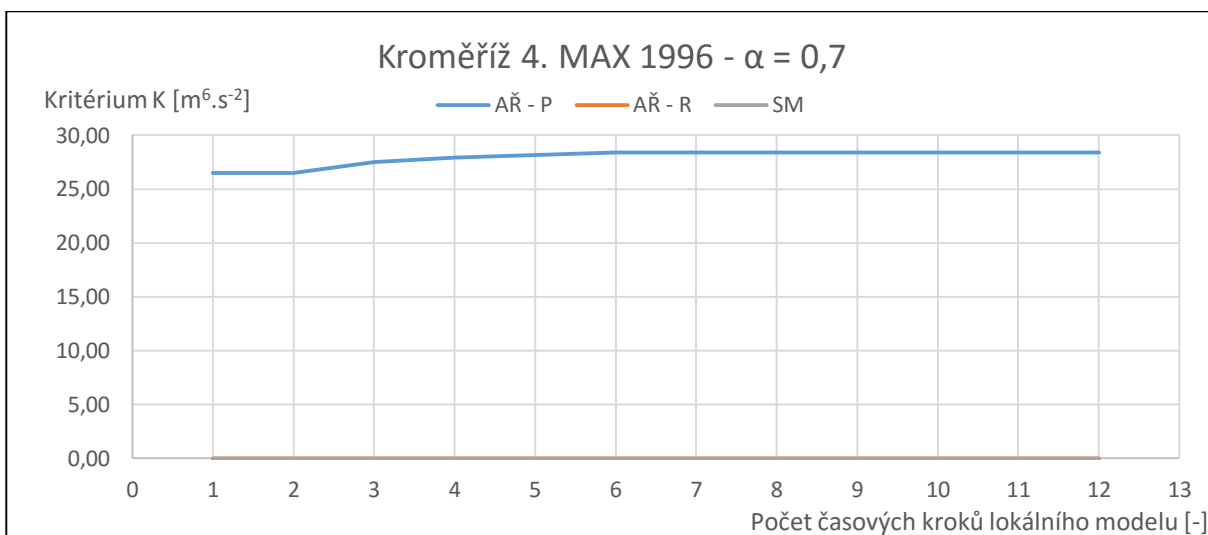
*Obr. 51 - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 -  $\alpha = 0,4$*



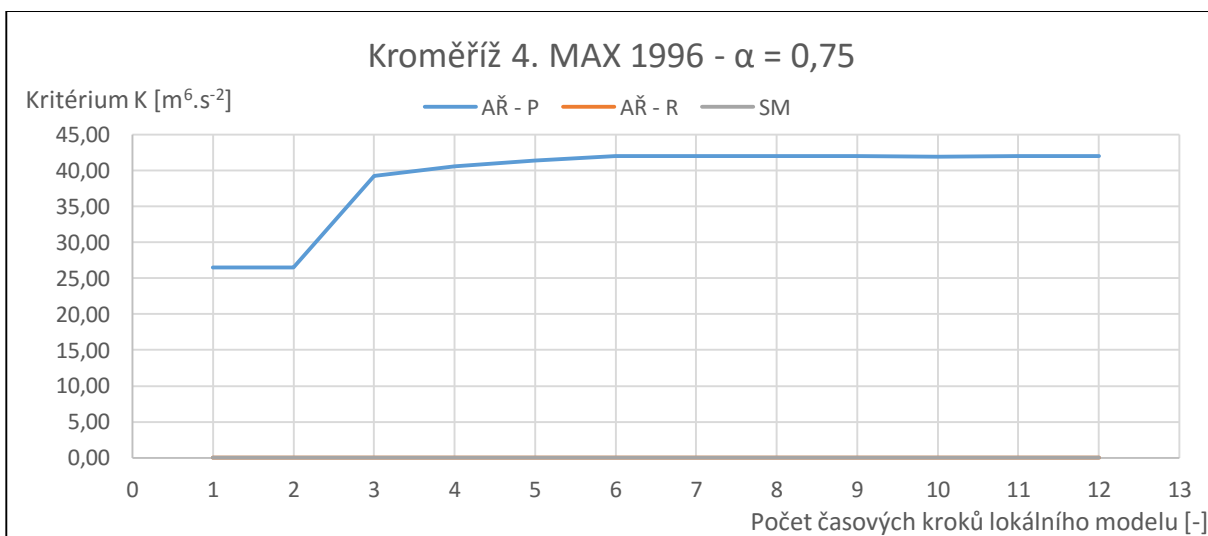
*Obr. 52 - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 -  $\alpha = 0,5$*



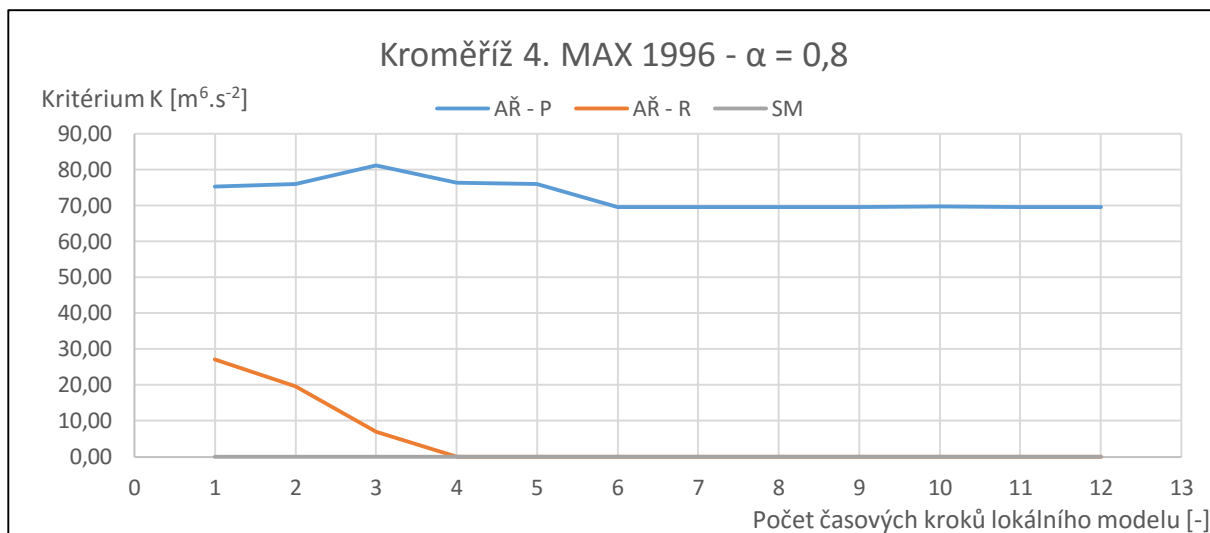
**Obr. 53 - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 –  $\alpha = 0,6$**



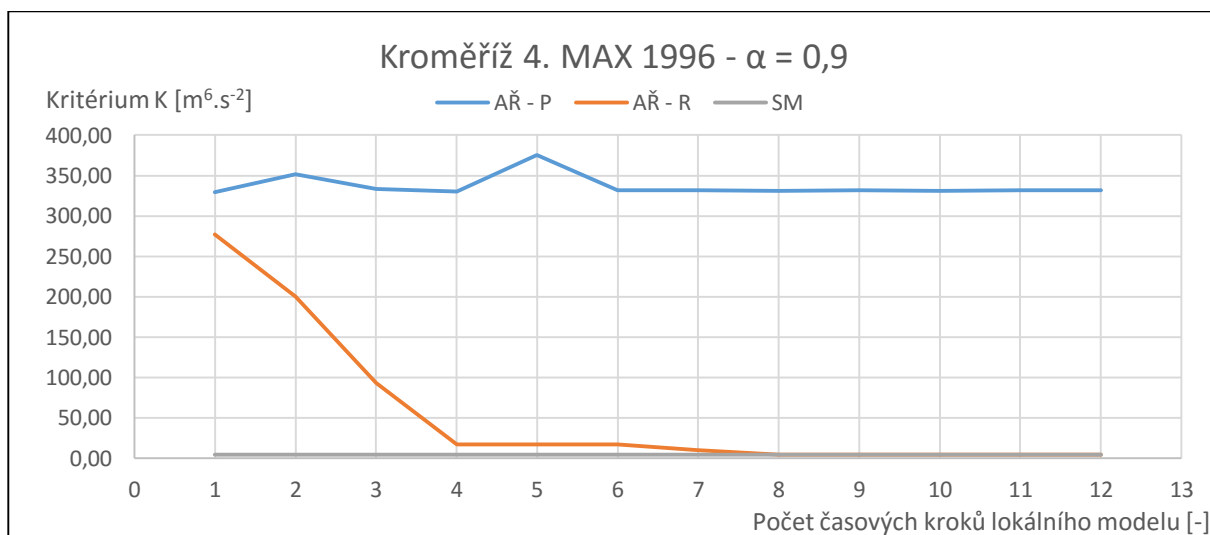
**Obr. 54 - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 55 - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 –  $\alpha = 0,75$**

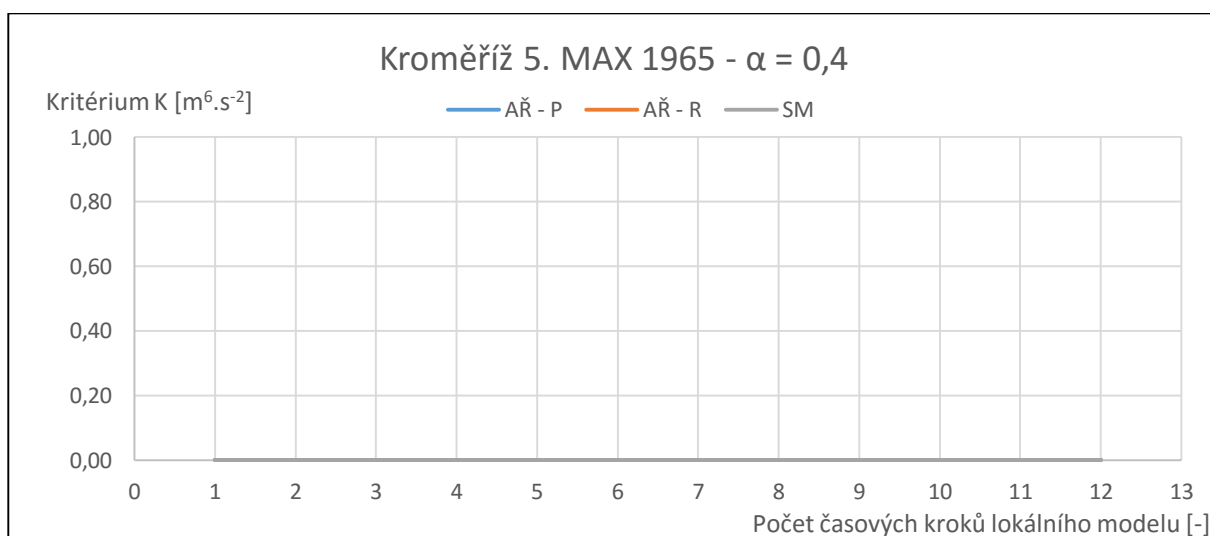


*Obr. 56 - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 –  $\alpha = 0,8$*

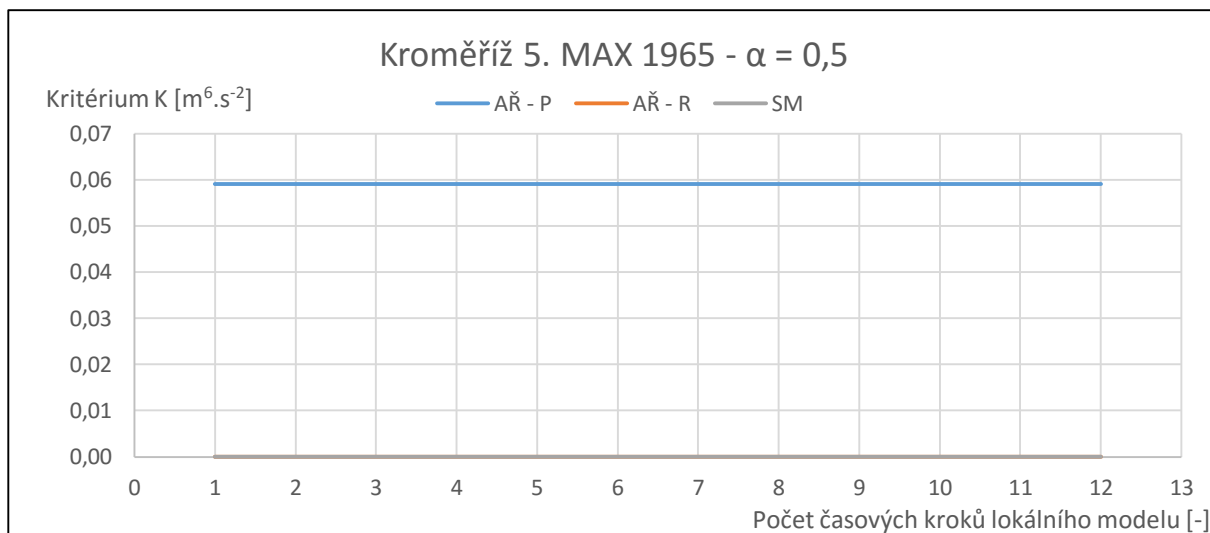


*Obr. 57 - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 –  $\alpha = 0,9$*

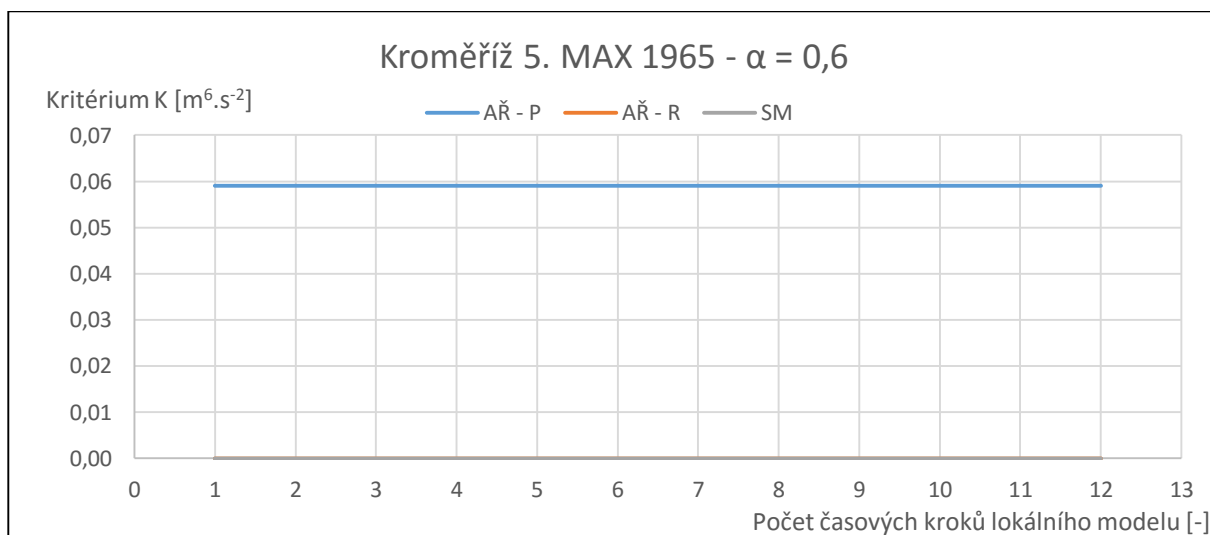
### 5.2.5. Profil Kroměříž - 5. MAX 1965



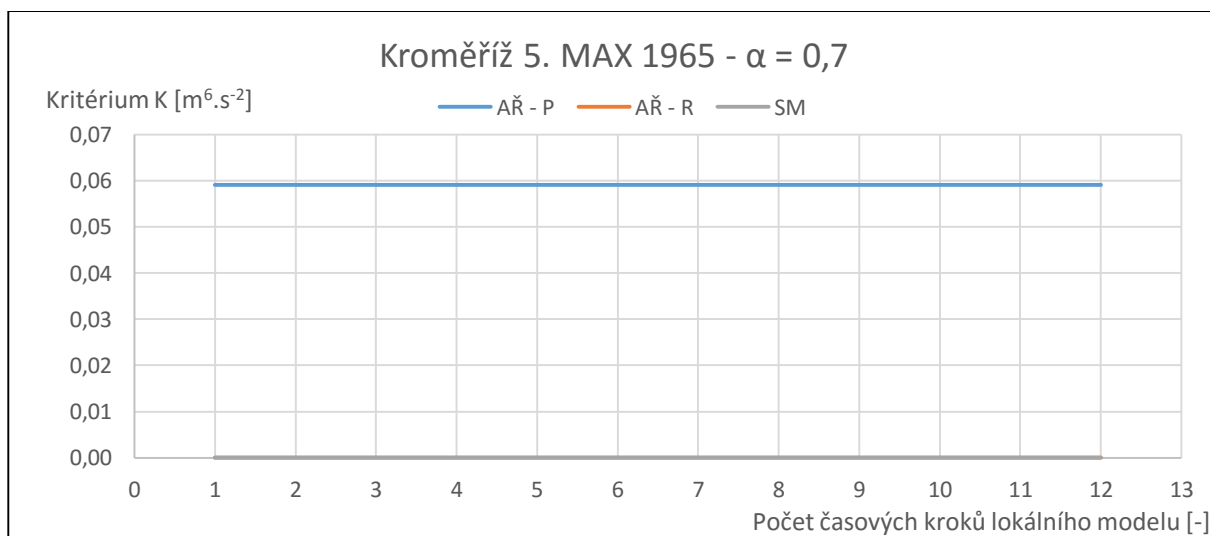
*Obr. 58 - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 –  $\alpha = 0,4$*



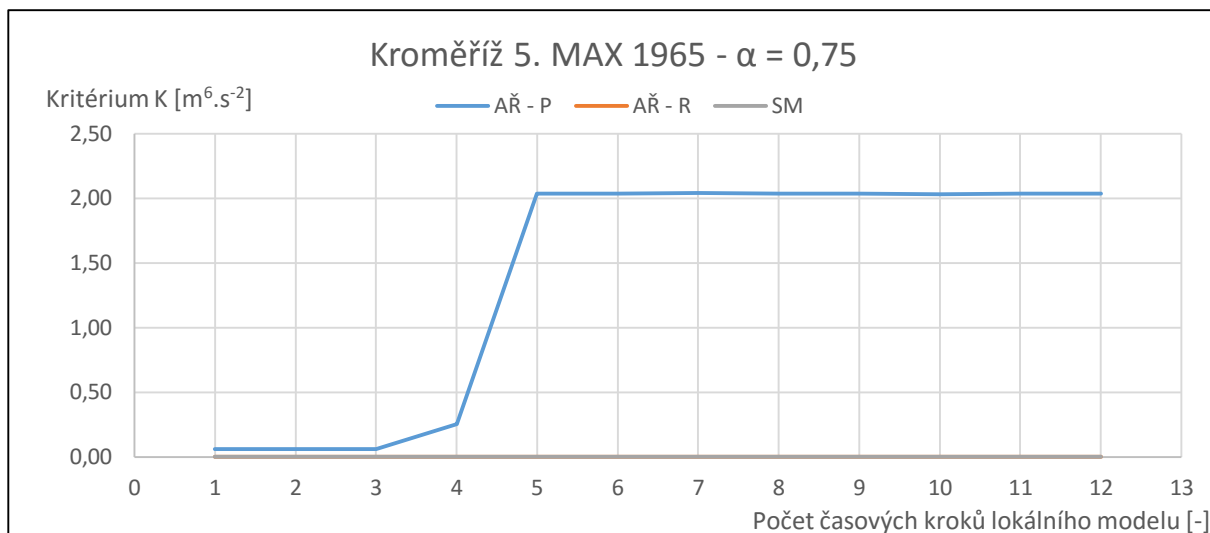
*Obr. 59 - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 –  $\alpha = 0,5$*



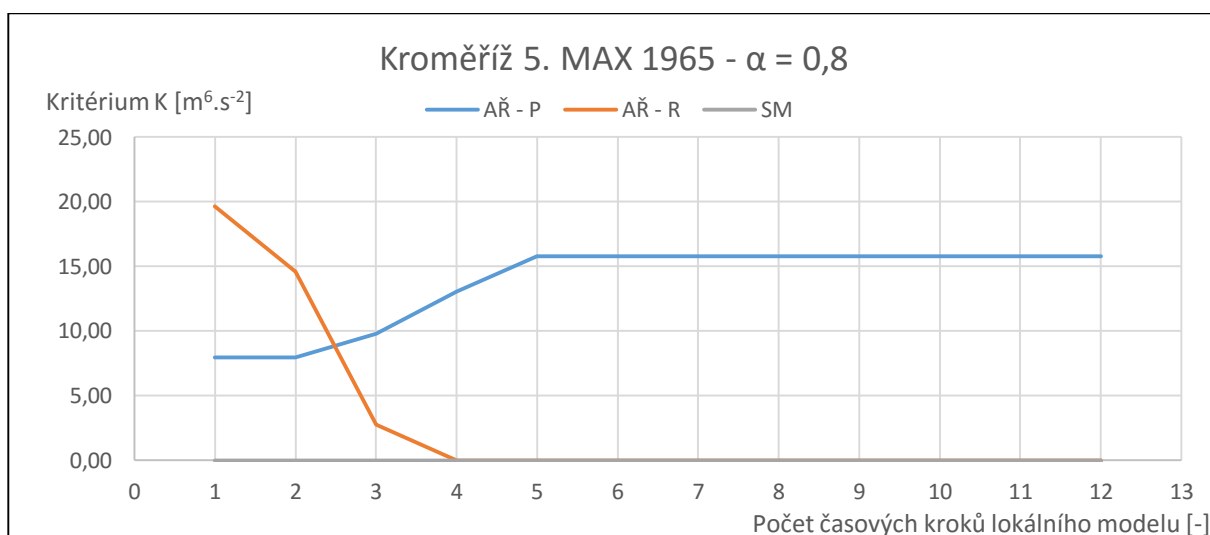
*Obr. 60 - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 –  $\alpha = 0,6$*



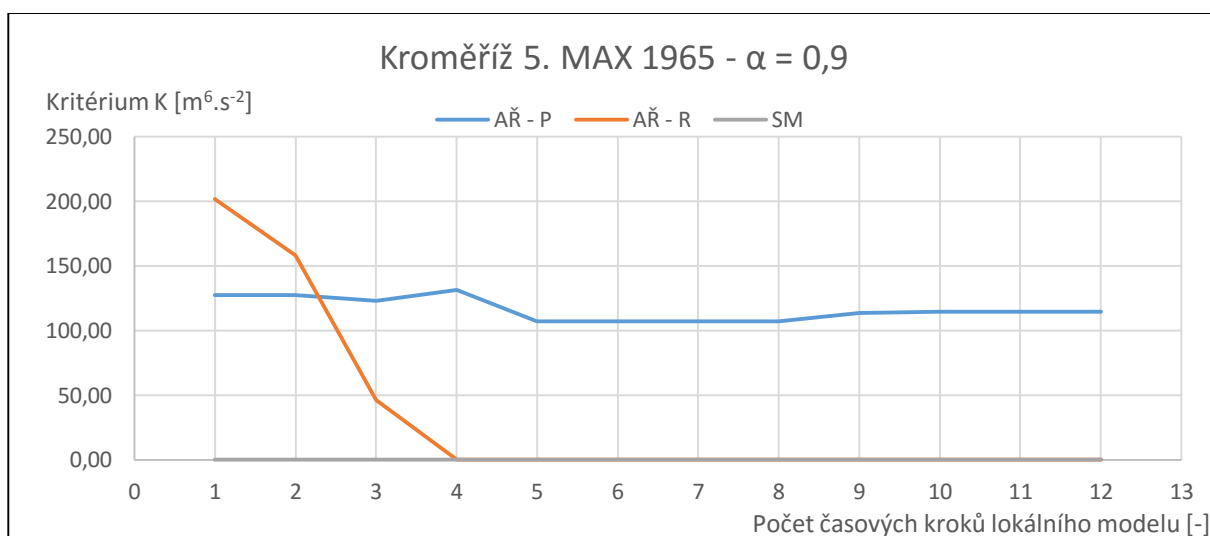
*Obr. 61 - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 –  $\alpha = 0,7$*



**Obr. 62** - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 -  $\alpha = 0,75$

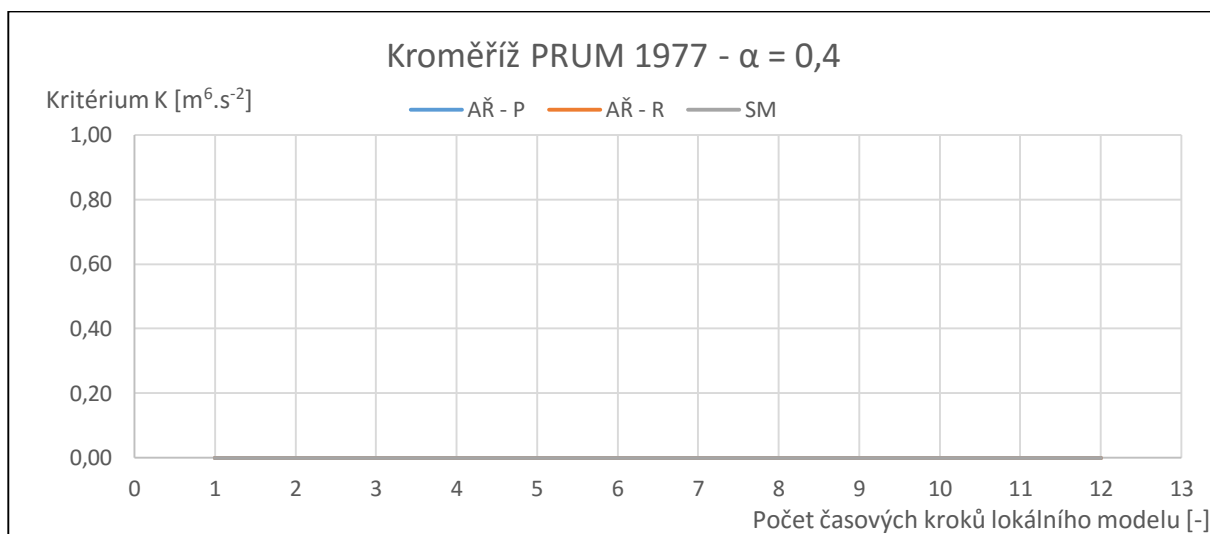


**Obr. 63** - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 -  $\alpha = 0,8$

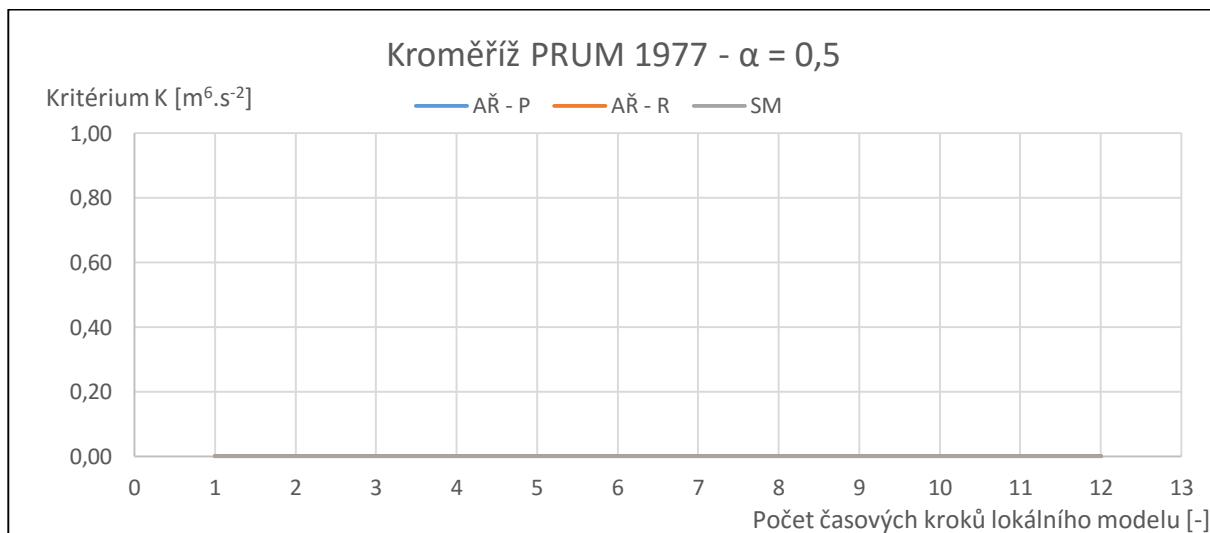


**Obr. 64** - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 -  $\alpha = 0,9$

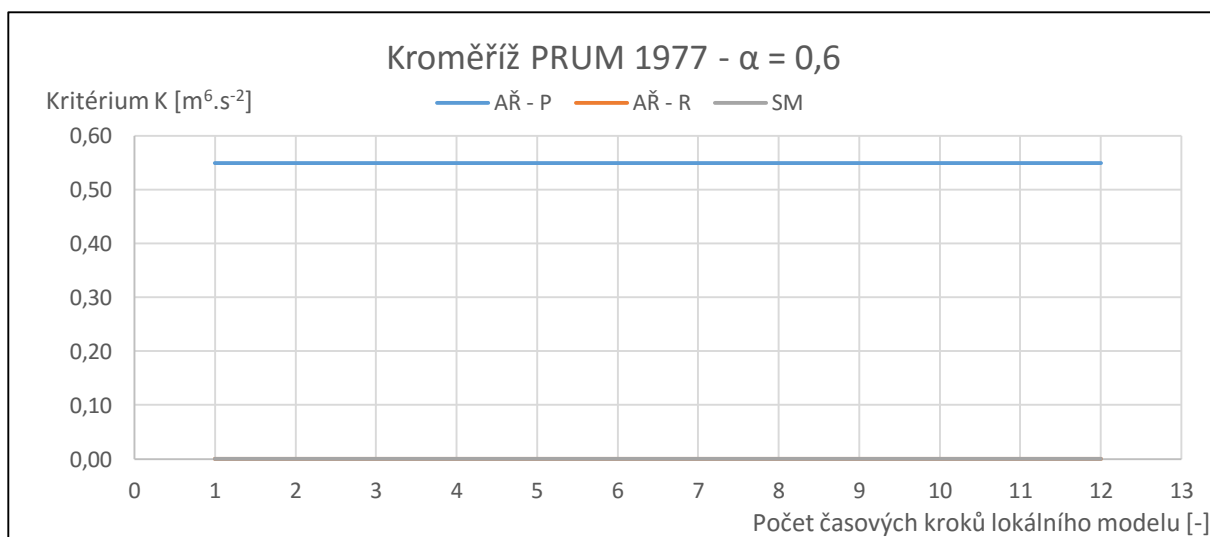
### 5.2.6. Profil Kroměříž - PRUM 1977



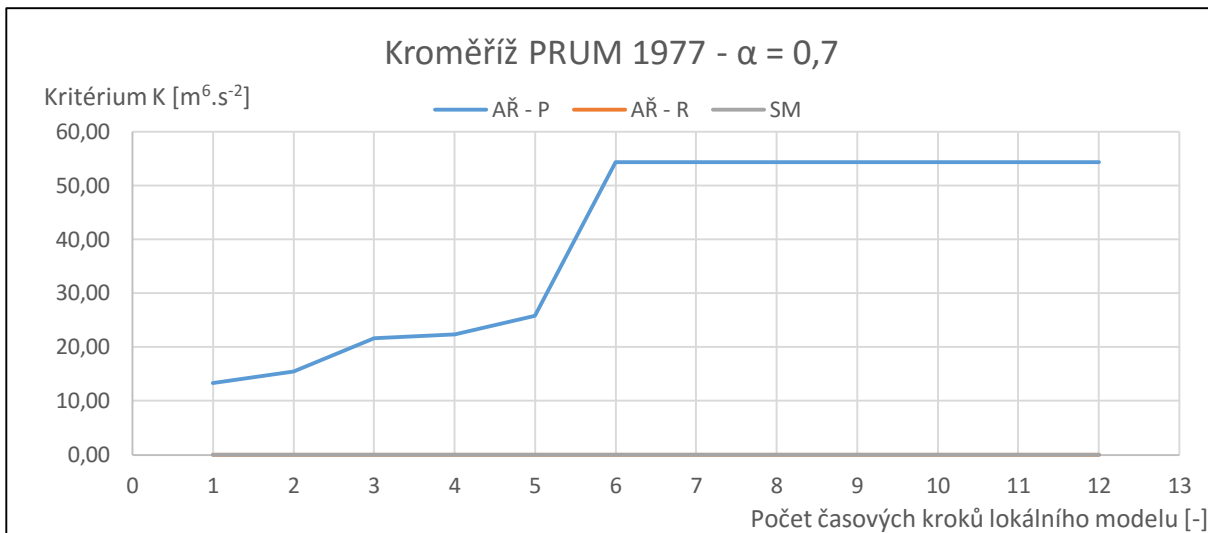
Obr. 65 - Profil Kroměříž – PRUM 1977 –  $\alpha = 0,4$



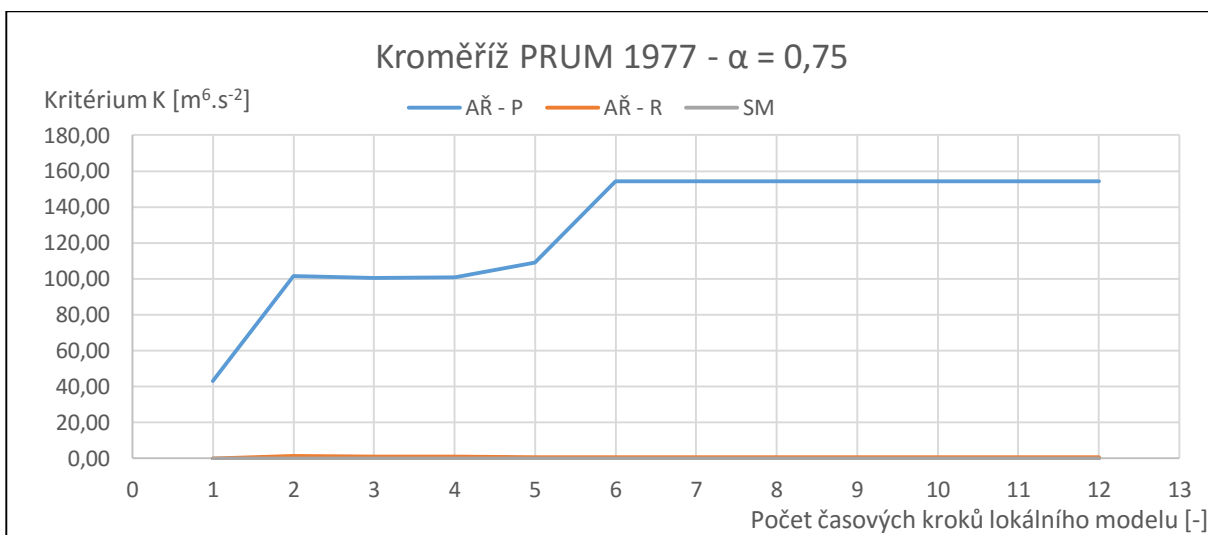
Obr. 66 - Profil Kroměříž – PRUM 1977 –  $\alpha = 0,5$



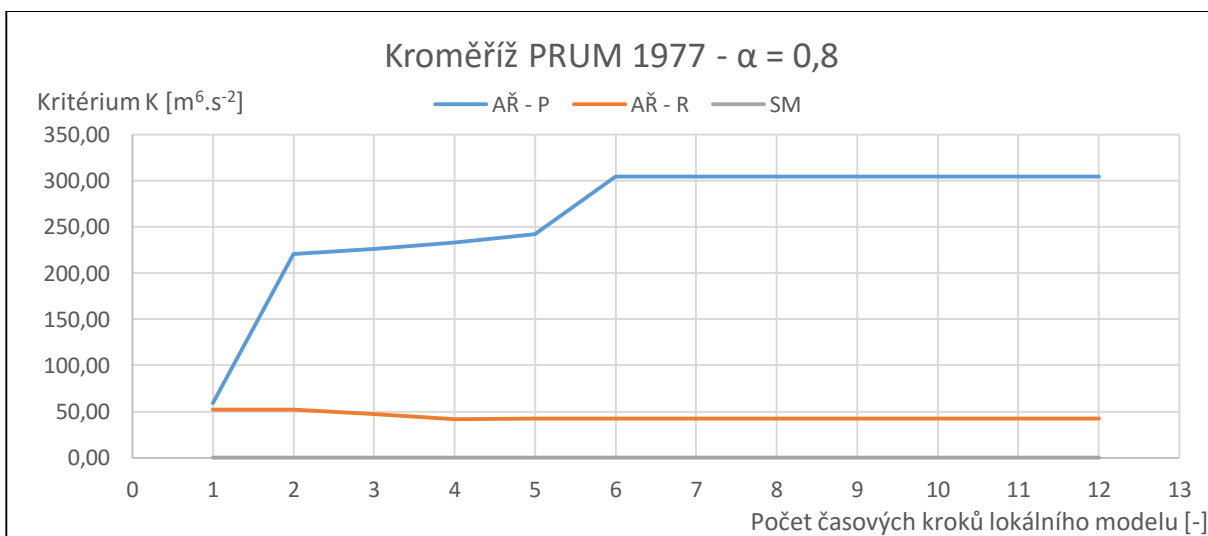
Obr. 67 - Profil Kroměříž – PRUM 1977 –  $\alpha = 0,6$



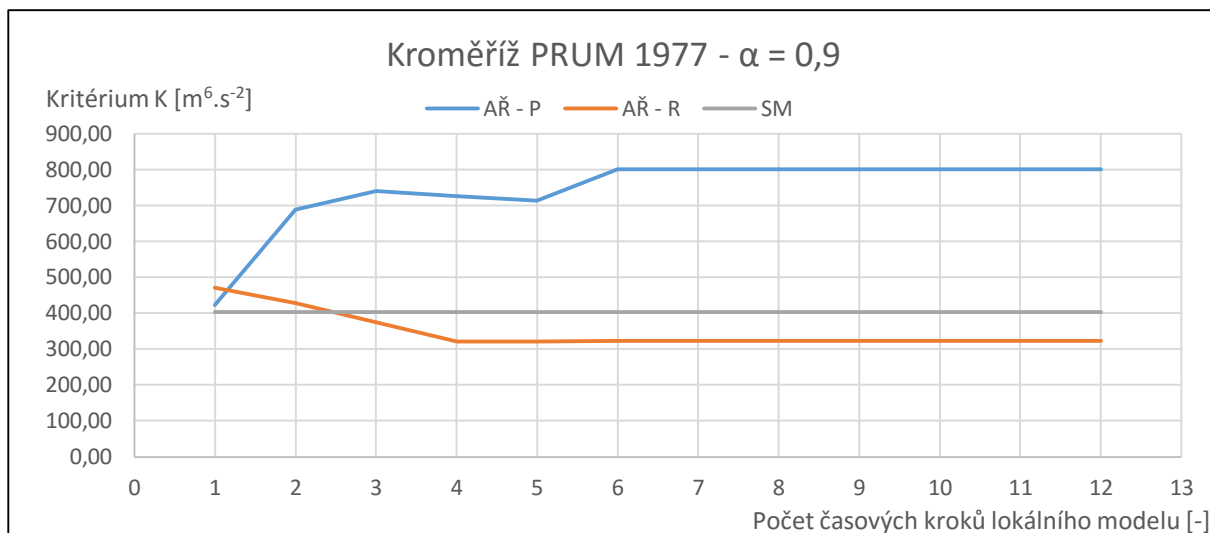
**Obr. 68** - Profil Kroměříž – PRUM 1977 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 69** - Profil Kroměříž – PRUM 1977 –  $\alpha = 0,75$

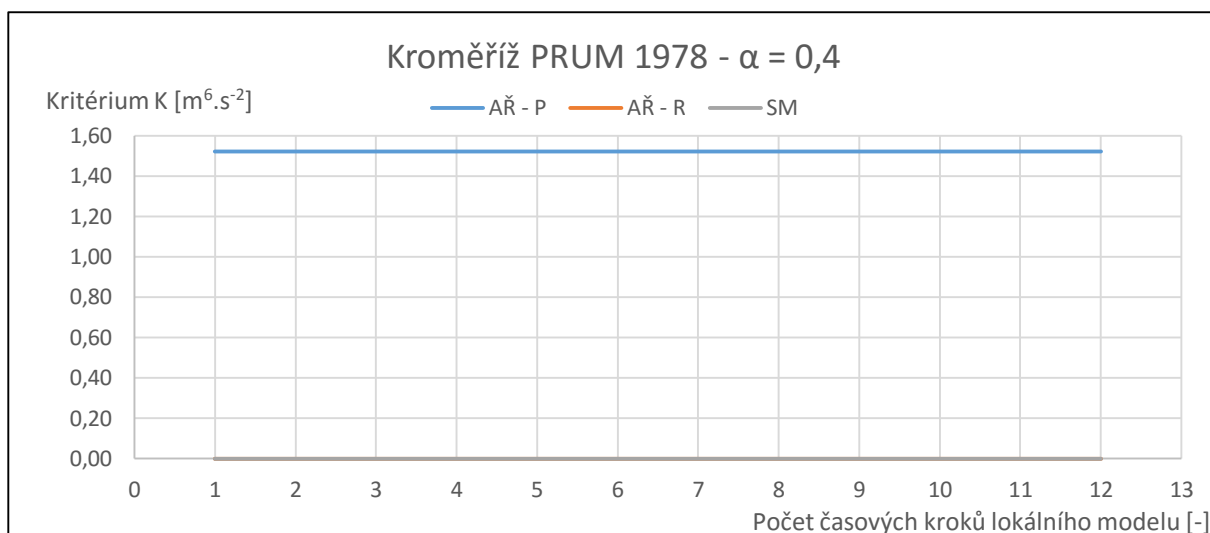


**Obr. 70** - Profil Kroměříž – PRUM 1977 –  $\alpha = 0,8$

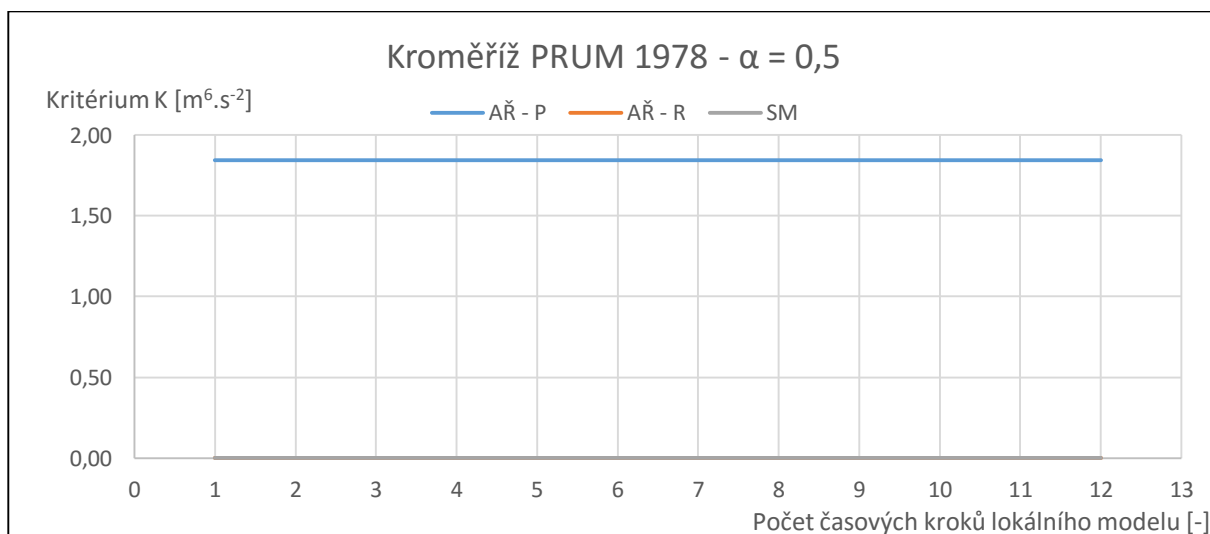


*Obr. 71 - Profil Kroměříž – PRUM 1977 –  $\alpha = 0,9$*

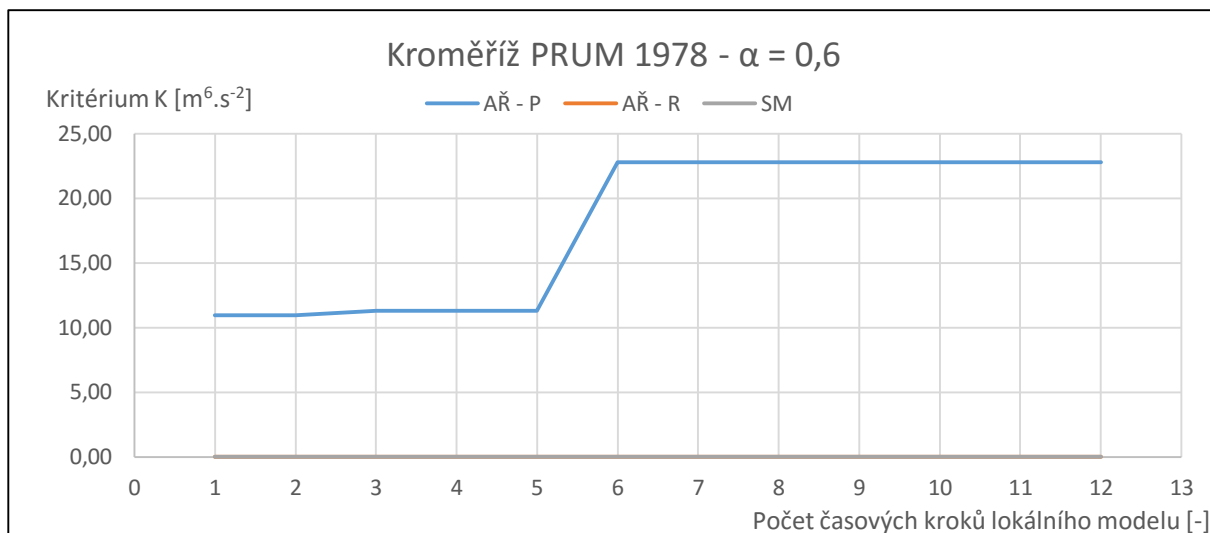
### 5.2.7. Profil Kroměříž - PRUM 1978



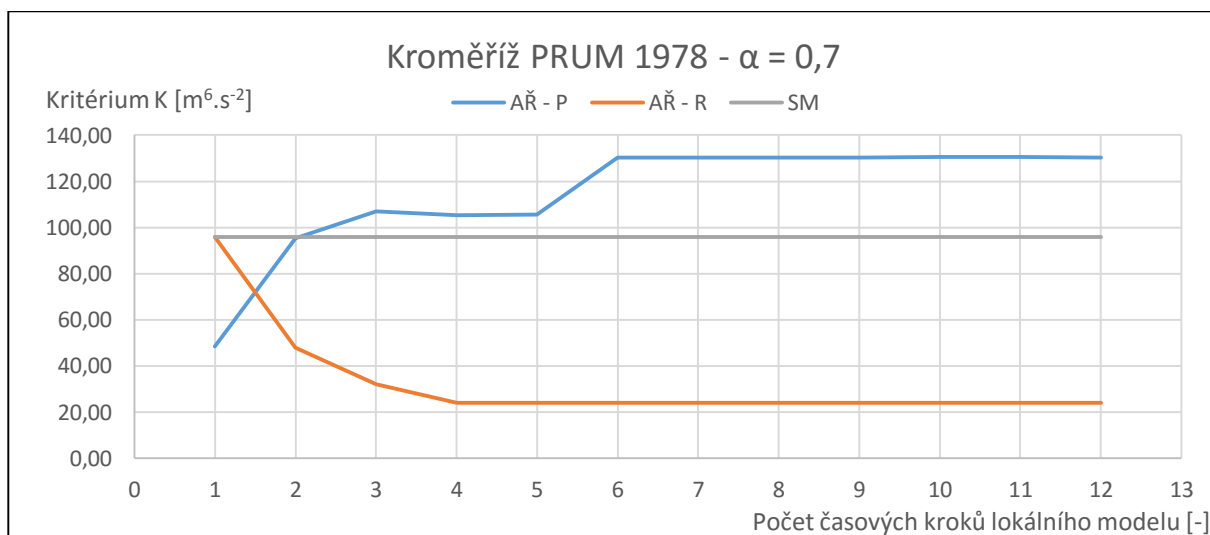
*Obr. 72 - Profil Kroměříž – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,4$*



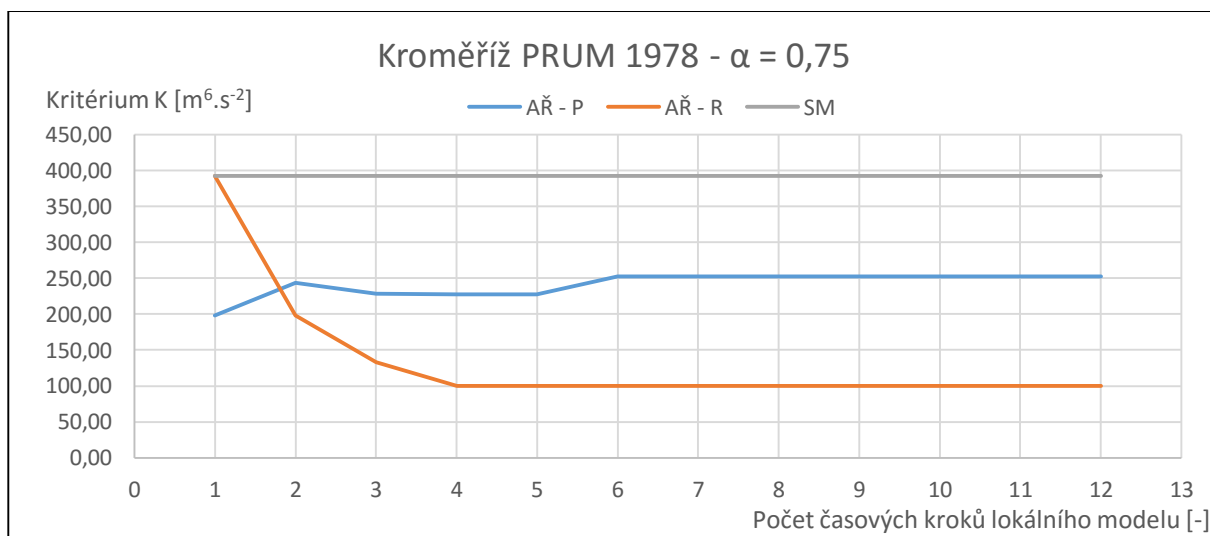
*Obr. 73 - Profil Kroměříž – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,5$*



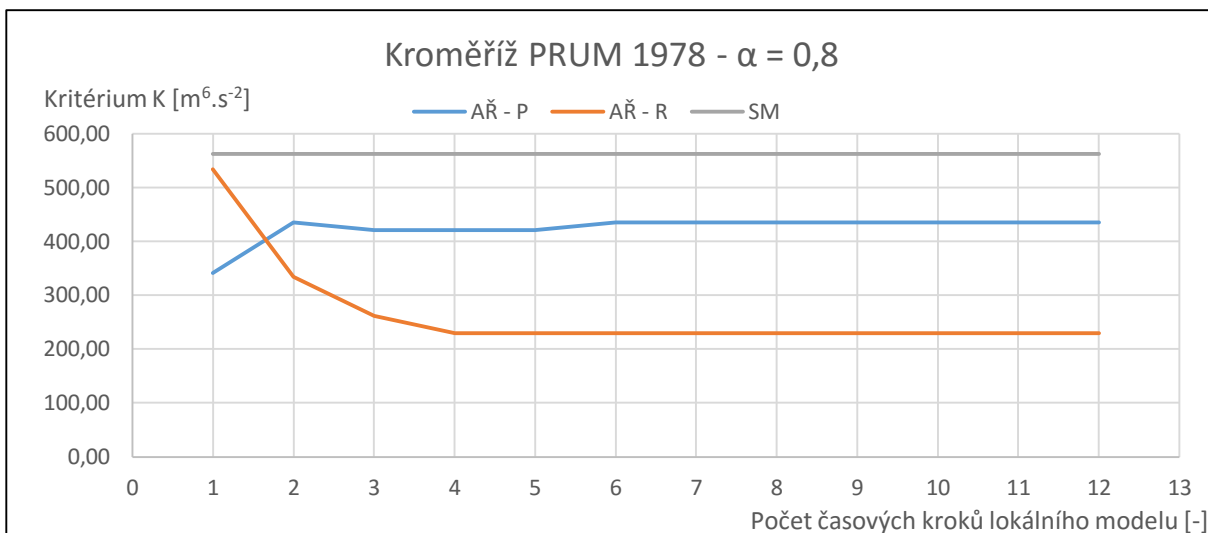
**Obr. 74 - Profil Kroměříž – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,6$**



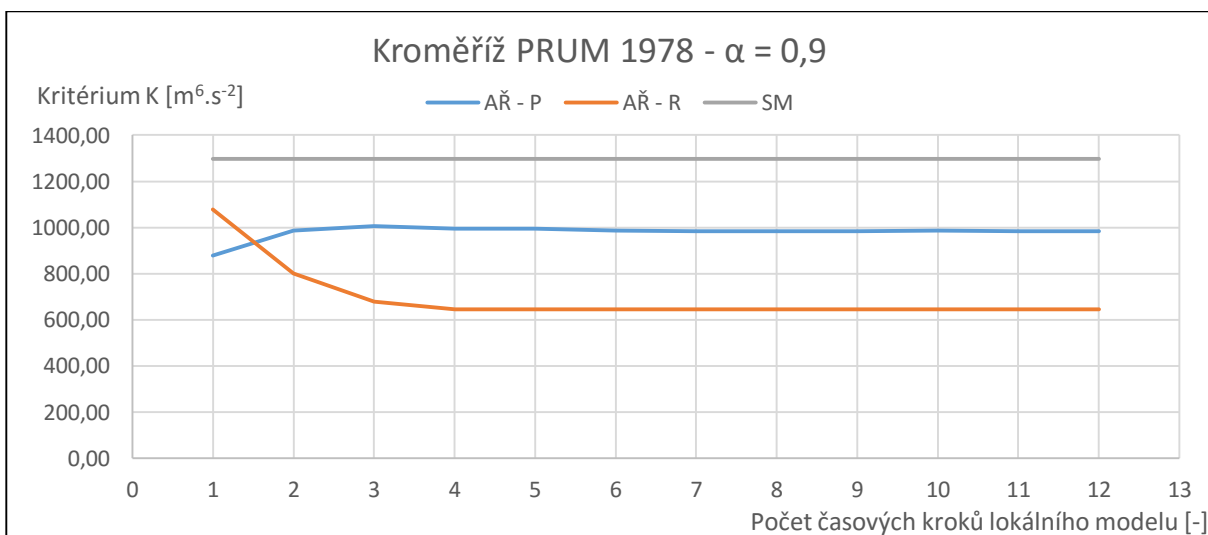
**Obr. 75 - Profil Kroměříž – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 76 - Profil Kroměříž – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,75$**

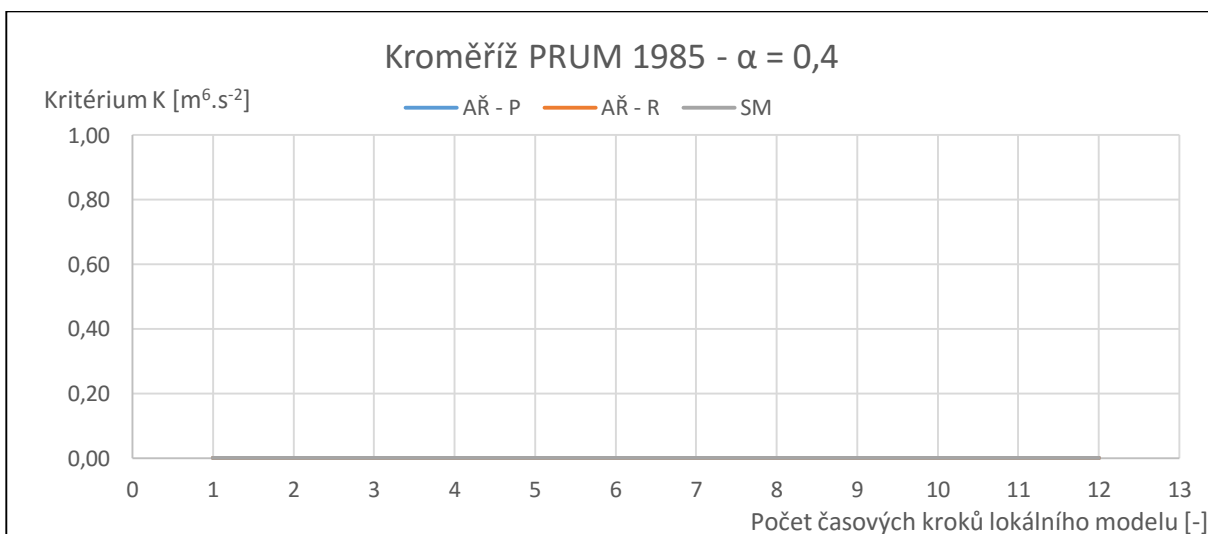


*Obr. 77 - Profil Kroměříž – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,8$*

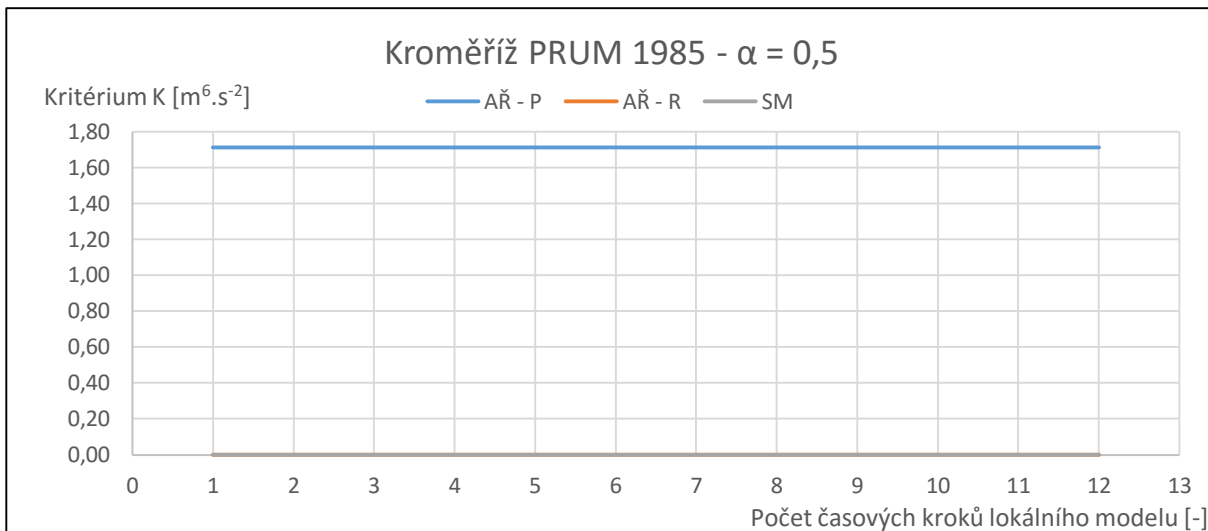


*Obr. 78 - Profil Kroměříž – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,9$*

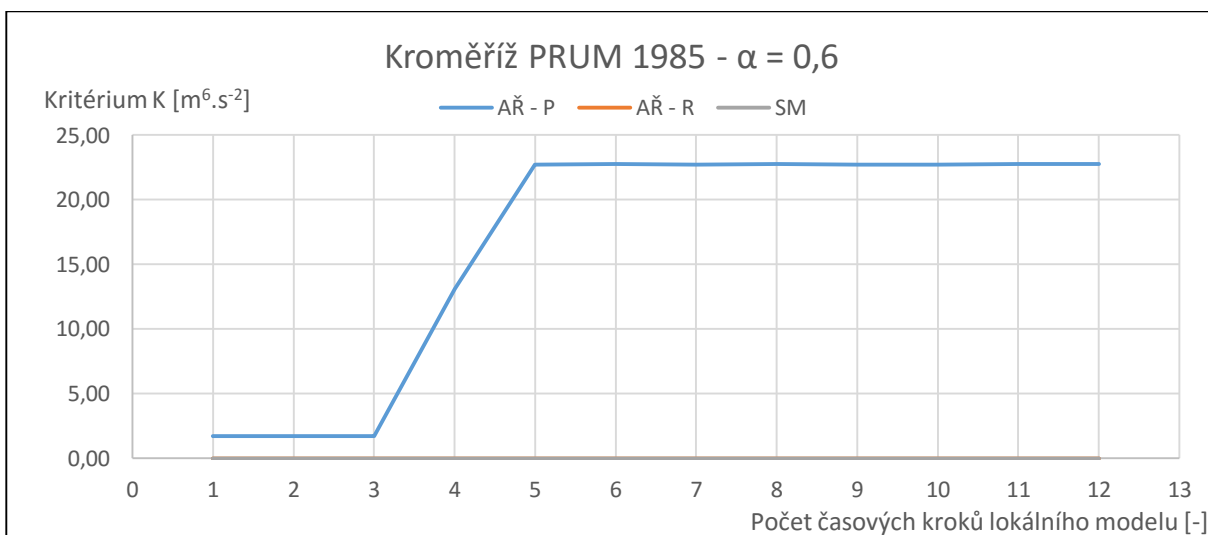
### 5.2.8. Profil Kroměříž – PRUM 1985



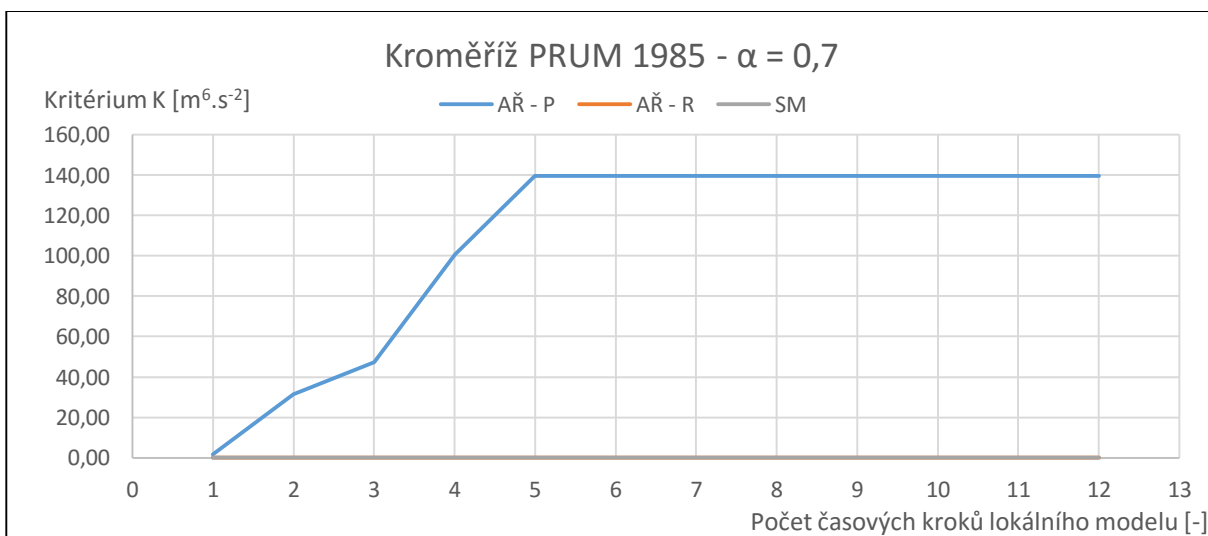
*Obr. 79 - Profil Kroměříž – PRUM 1985 –  $\alpha = 0,4$*



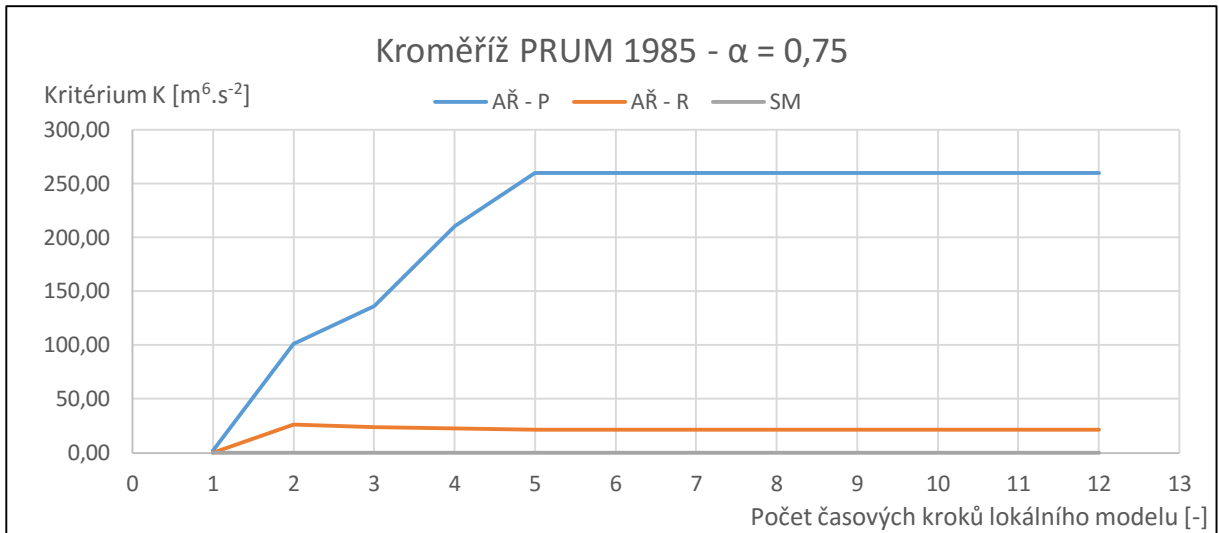
*Obr. 80 - Profil Kroměříž – PRUM 1985 –  $\alpha = 0,5$*



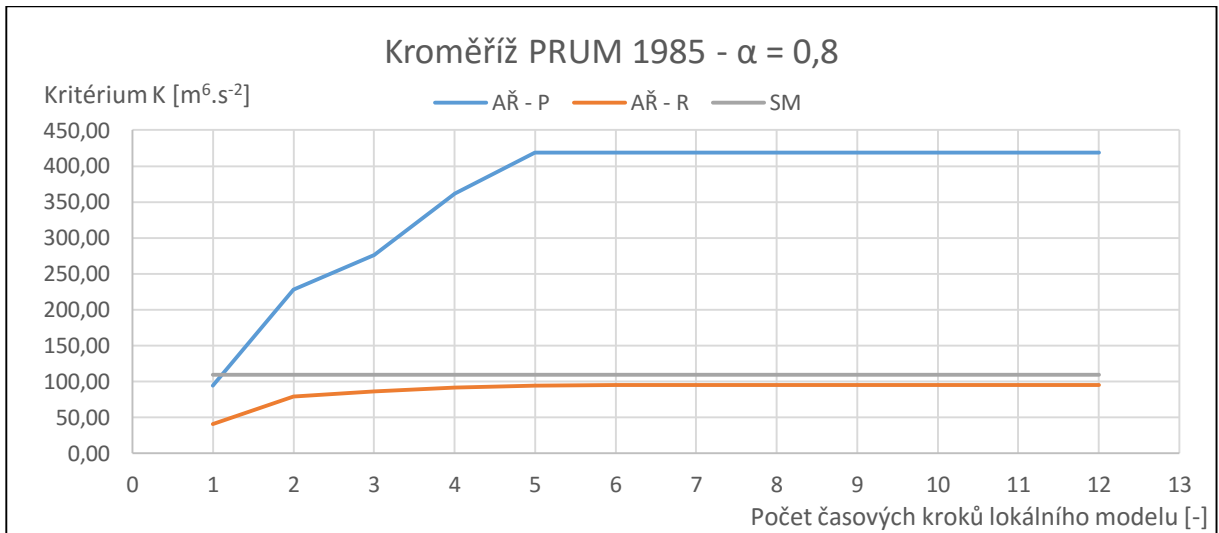
*Obr. 81 - Profil Kroměříž – PRUM 1985 –  $\alpha = 0,6$*



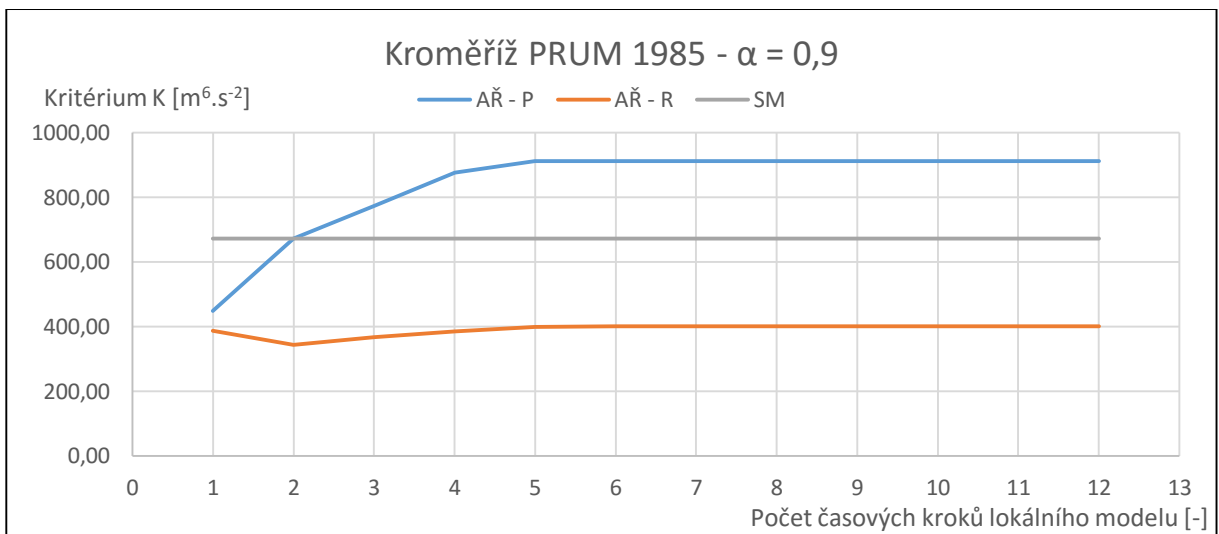
*Obr. 82 - Profil Kroměříž – PRUM 1985 –  $\alpha = 0,7$*



**Obr. 83 - Profil Kroměříž – PRUM 1985 –  $\alpha = 0,75$**

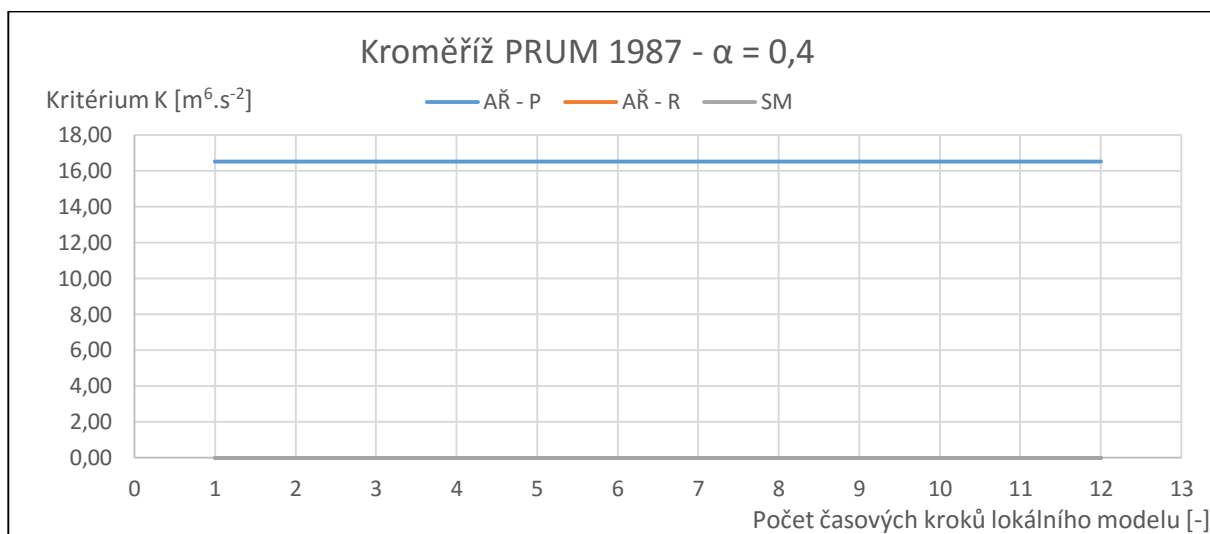


**Obr. 84 - Profil Kroměříž – PRUM 1985 –  $\alpha = 0,8$**

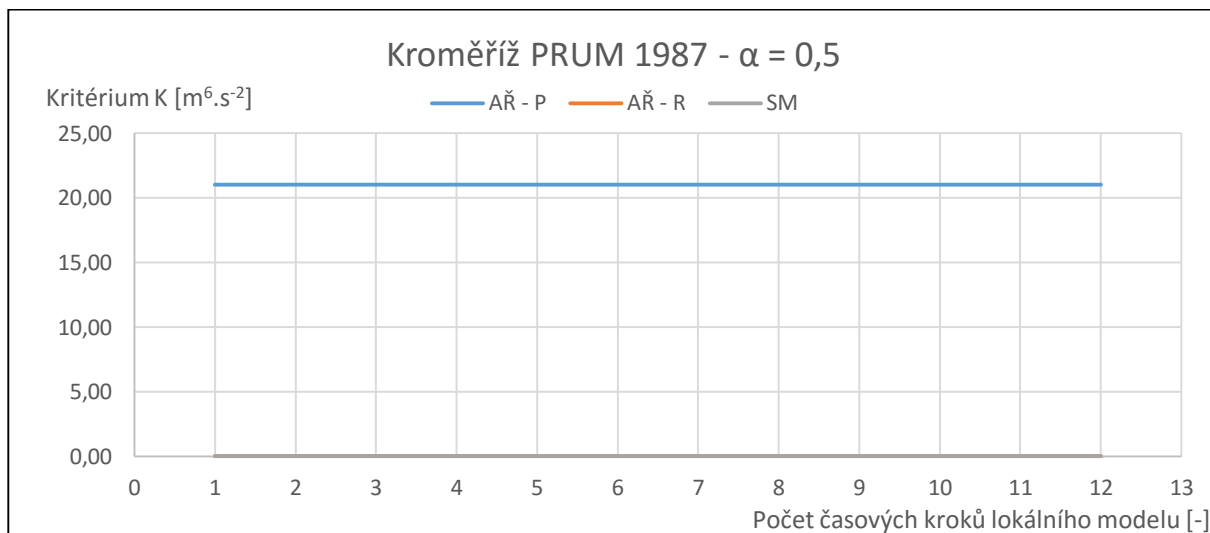


**Obr. 85 - Profil Kroměříž – PRUM 1985 –  $\alpha = 0,9$**

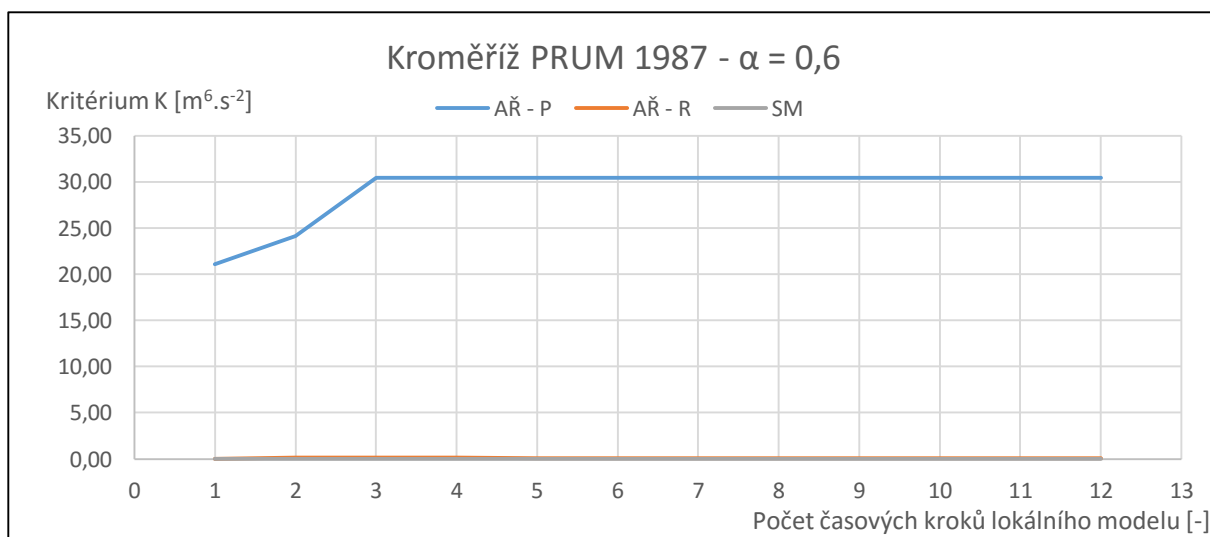
### 5.2.9. Profil Kroměříž - PRUM 1987



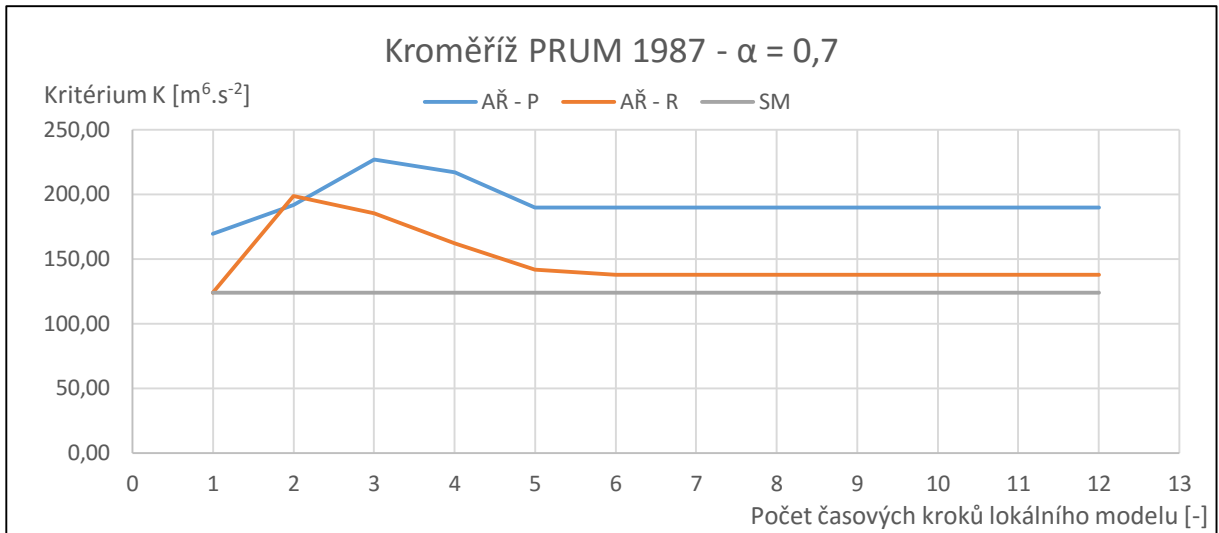
Obr. 86 - Profil Kroměříž – PRUM 1987 –  $\alpha = 0,4$



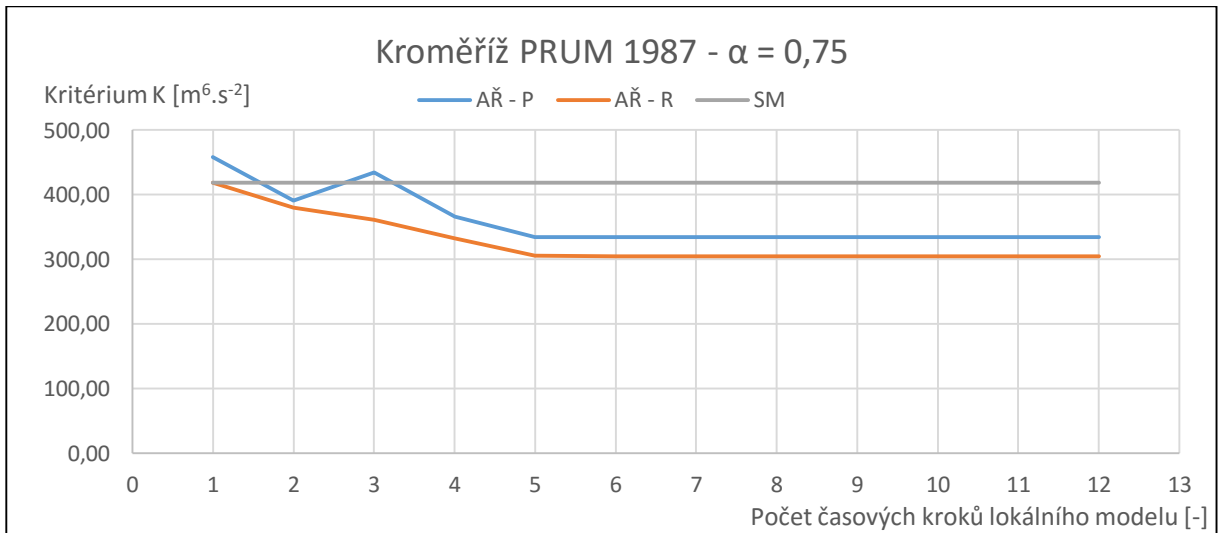
Obr. 87 - Profil Kroměříž – PRUM 1987 –  $\alpha = 0,5$



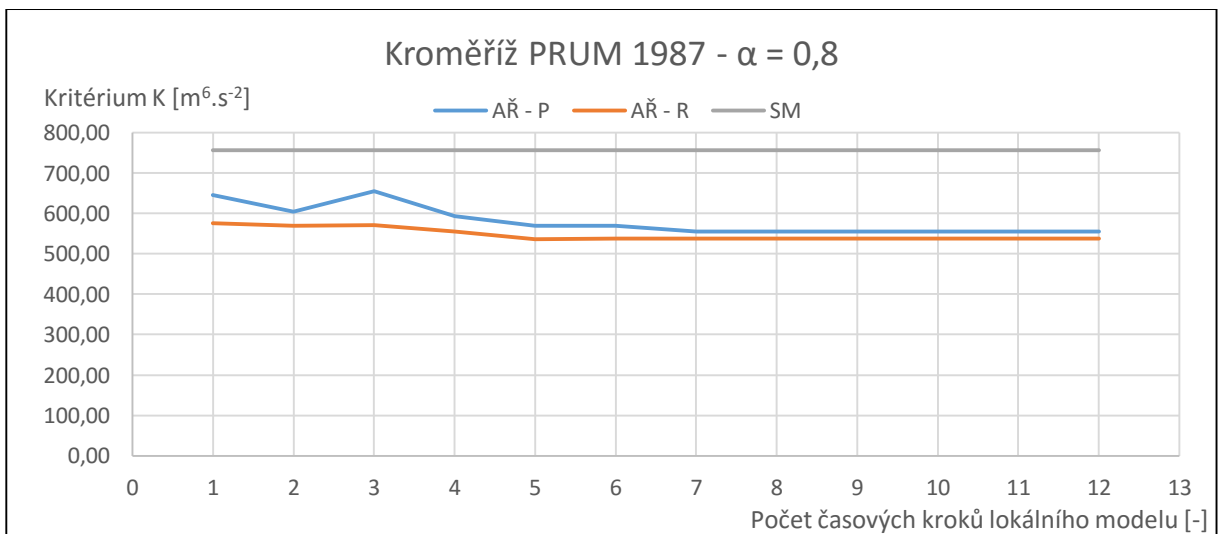
Obr. 88 - Profil Kroměříž – PRUM 1987 –  $\alpha = 0,6$



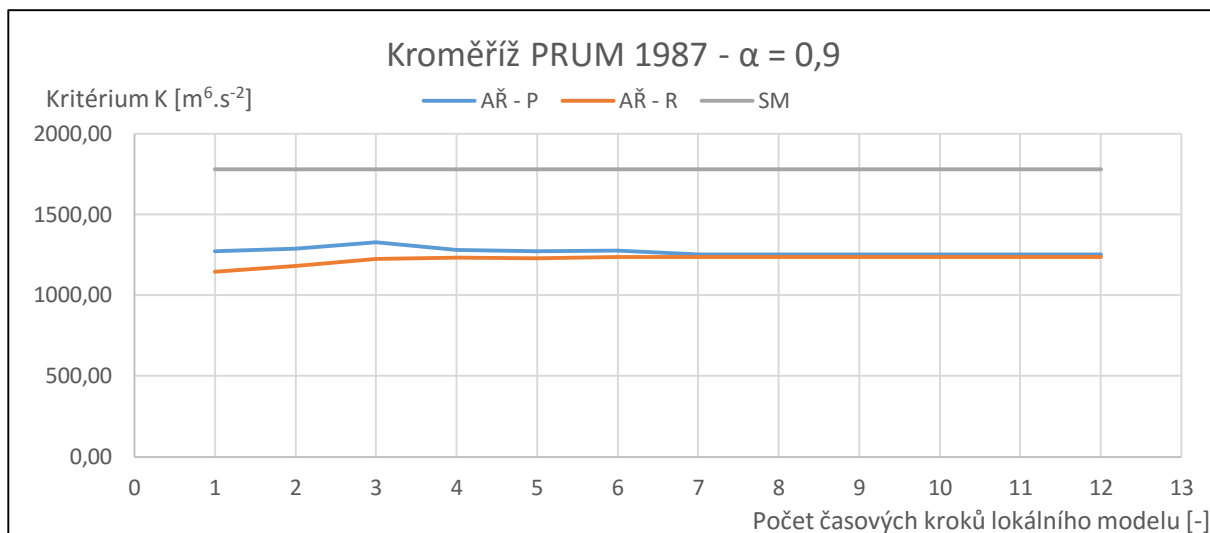
**Obr. 89** - Profil Kroměříž – PRUM 1987 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 90** - Profil Kroměříž – PRUM 1987 –  $\alpha = 0,75$

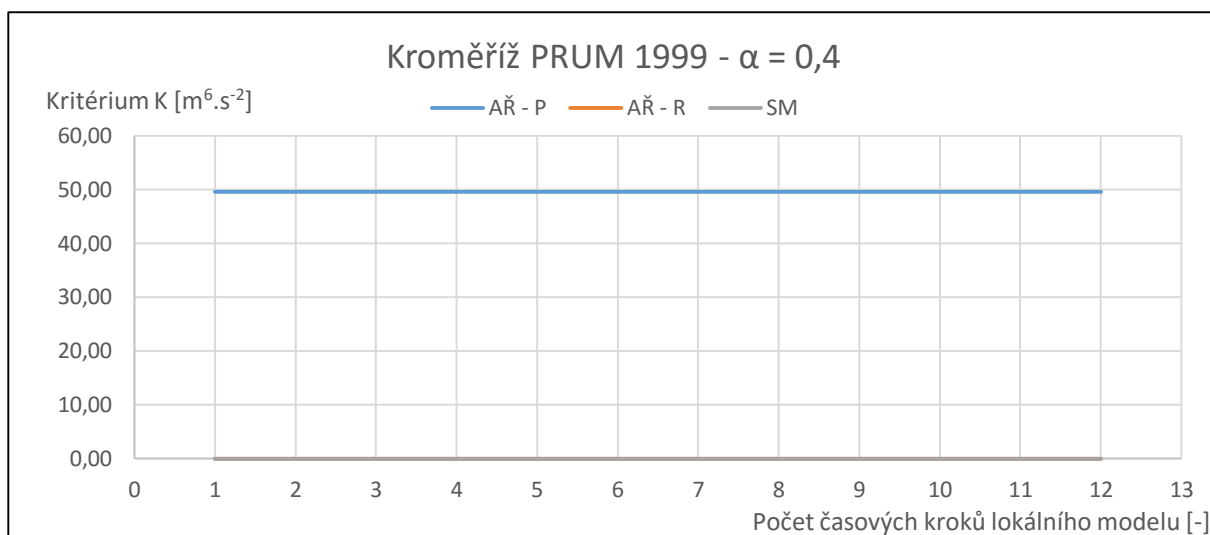


**Obr. 91** - Profil Kroměříž – PRUM 1987 –  $\alpha = 0,8$

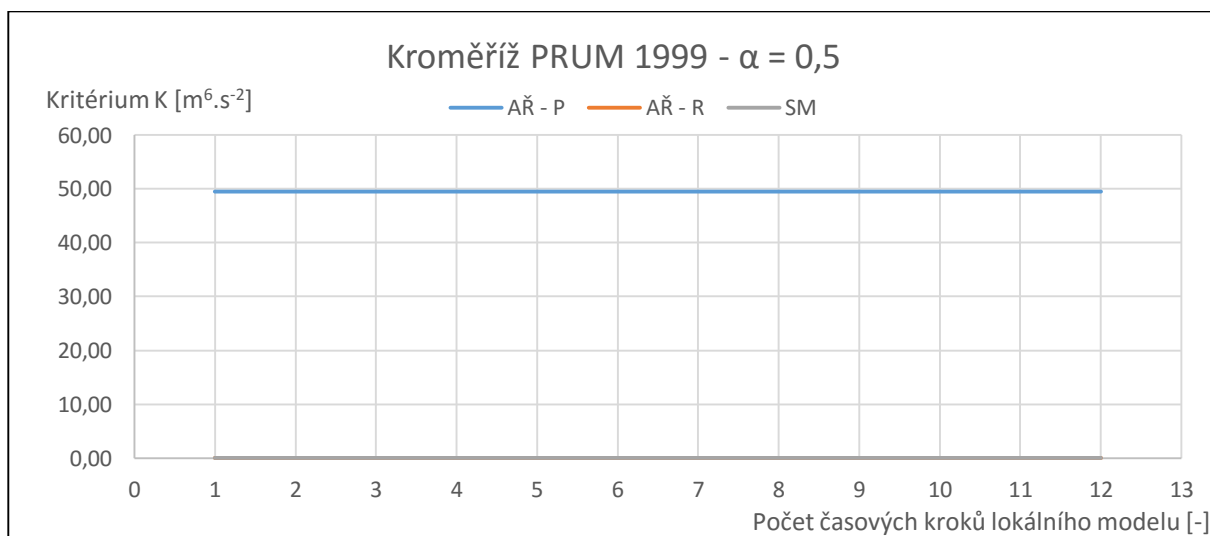


Obr. 92 - Profil Kroměříž – PRUM 1987 –  $\alpha = 0,9$

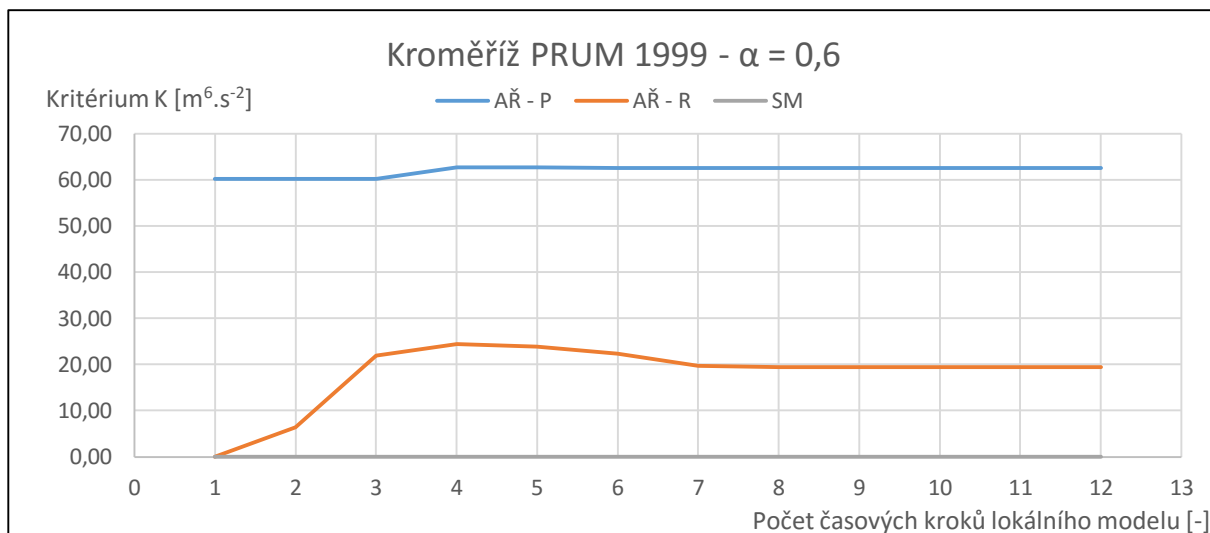
### 5.2.10. Profil Kroměříž - PRUM 1999



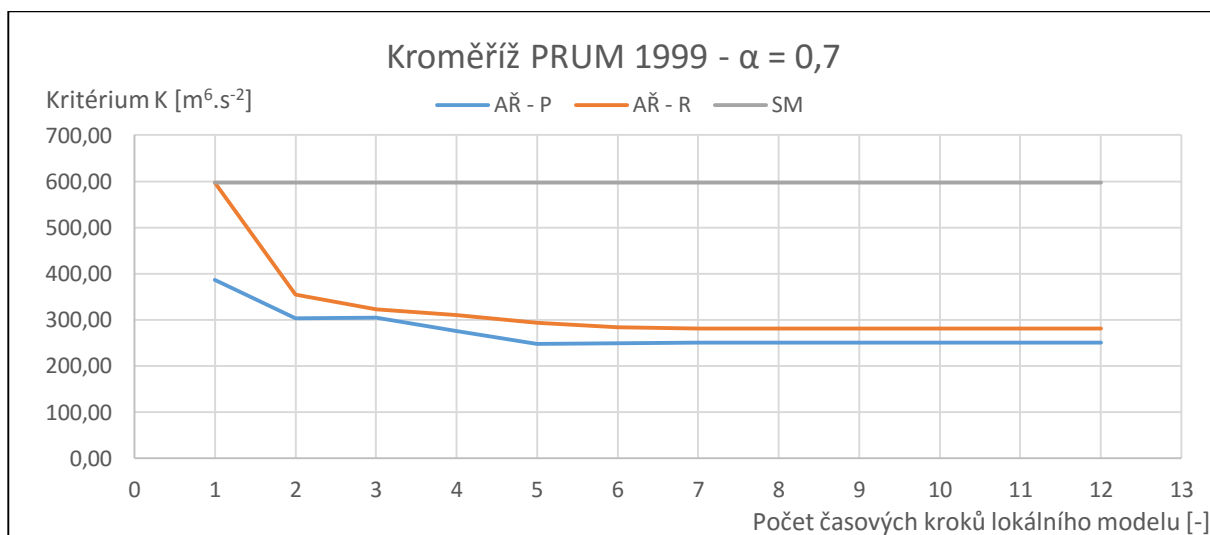
Obr. 93 - Profil Kroměříž – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,4$



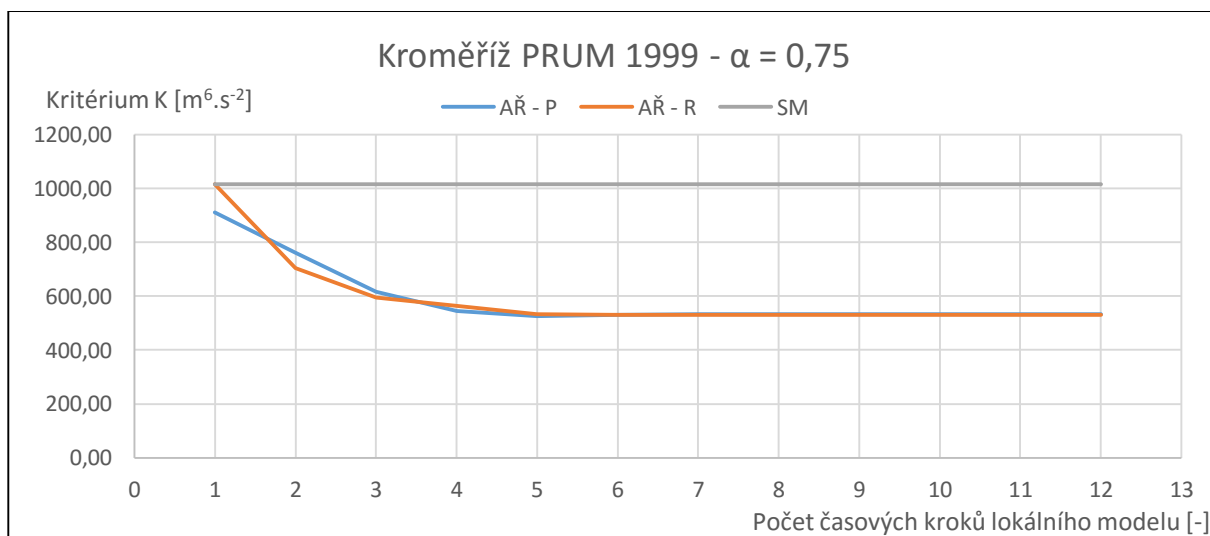
Obr. 94 - Profil Kroměříž – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,5$



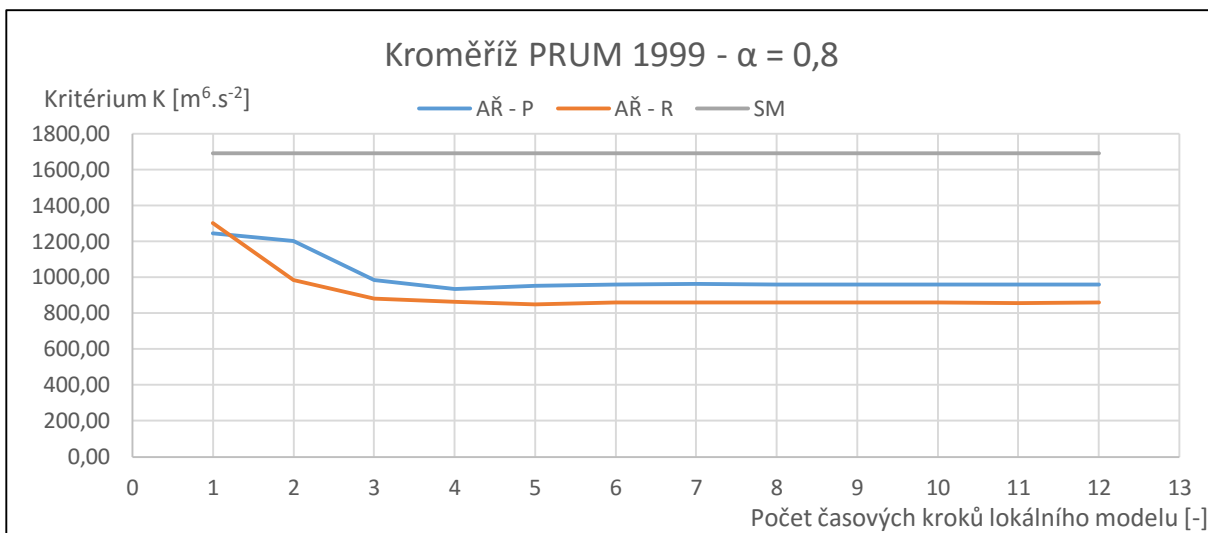
**Obr. 95** - Profil Kroměříž – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,6$



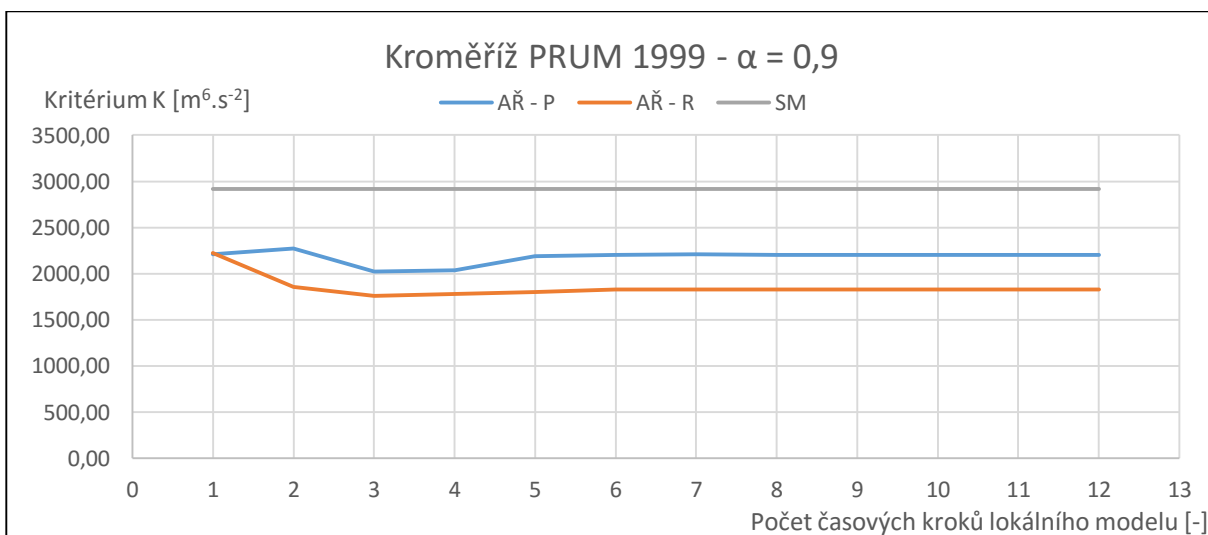
**Obr. 96** - Profil Kroměříž – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 97** - Profil Kroměříž – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,75$

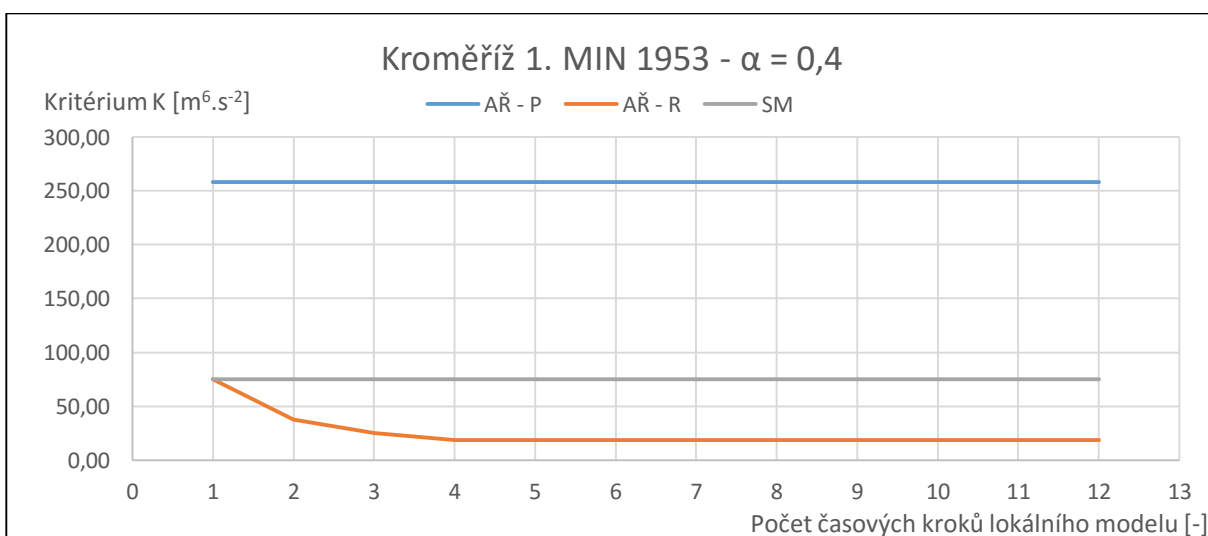


*Obr. 98 - Profil Kroměříž – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,8$*

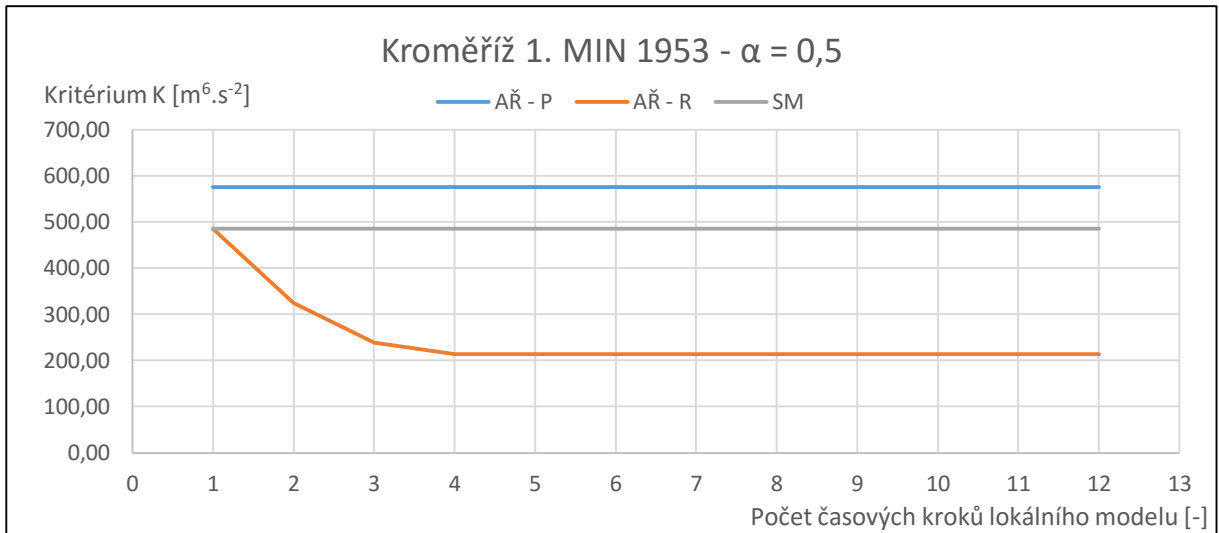


*Obr. 99 - Profil Kroměříž – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,9$*

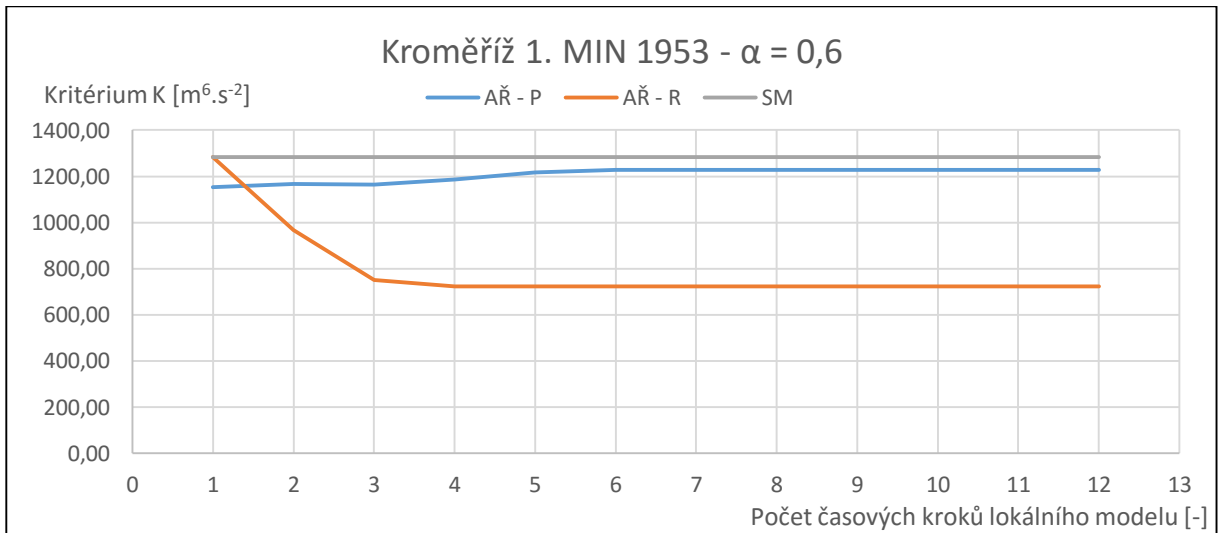
### 5.2.11. Profil Kroměříž - 1. MIN 1953



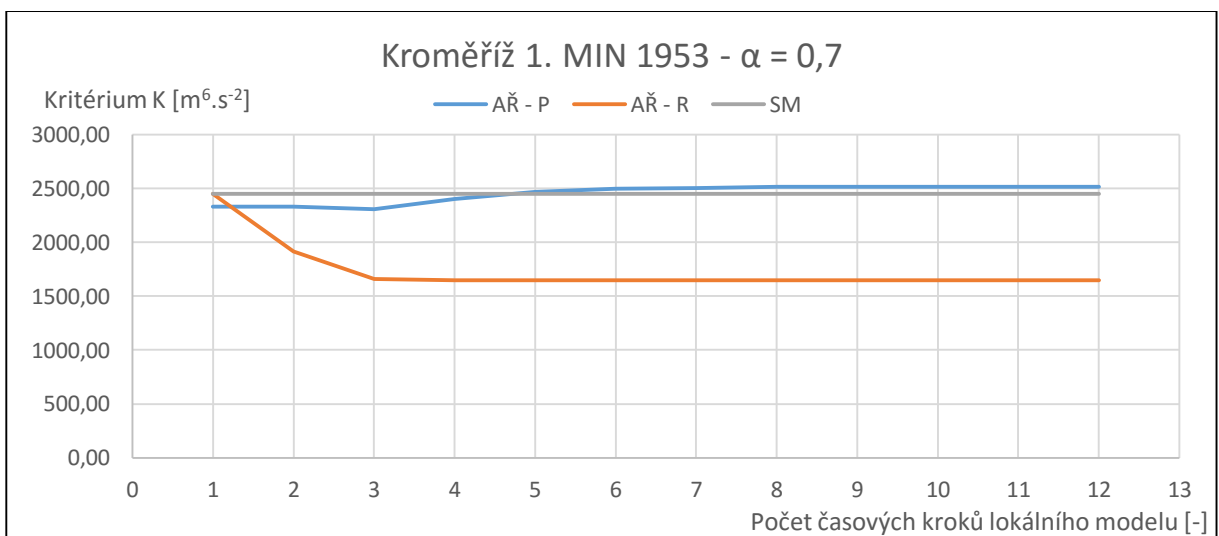
*Obr. 100 - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 –  $\alpha = 0,4$*



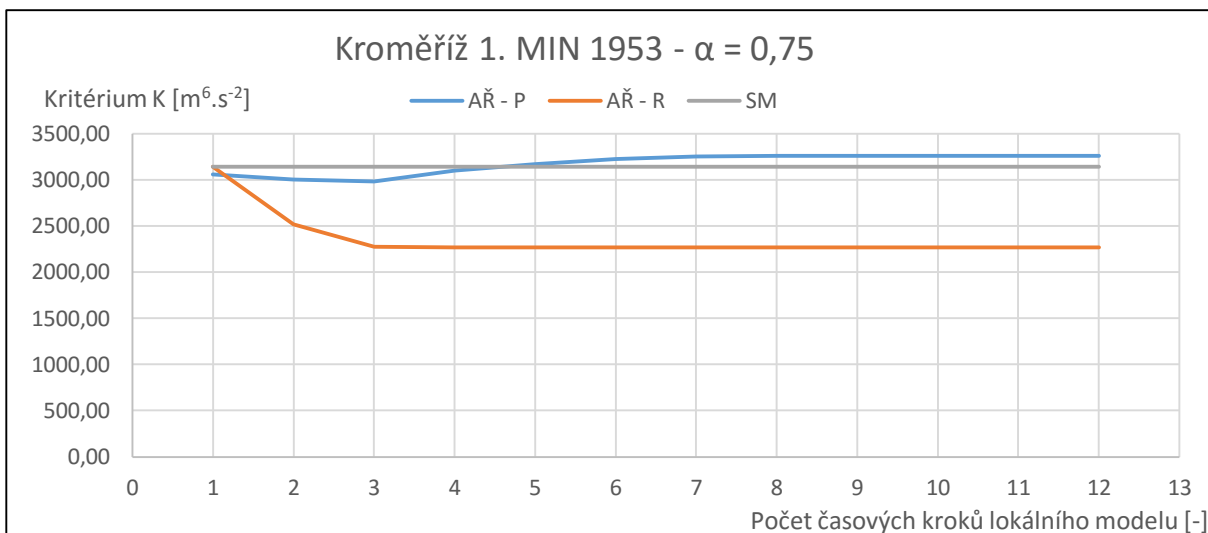
**Obr. 101** - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 –  $\alpha = 0,5$



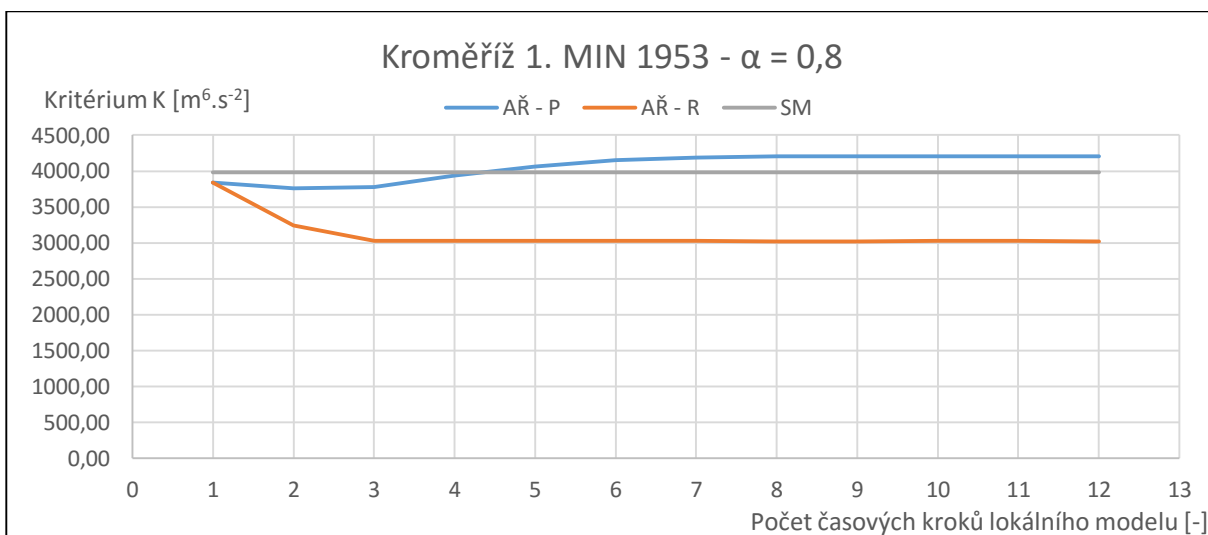
**Obr. 102** - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 –  $\alpha = 0,6$



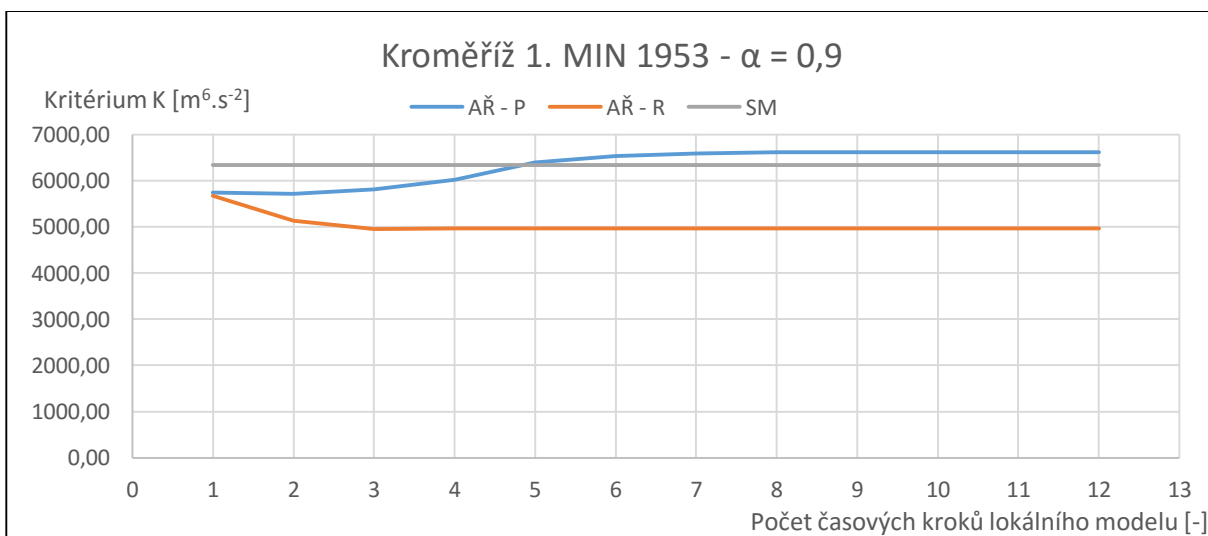
**Obr. 103** - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 104** - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 –  $\alpha = 0,75$

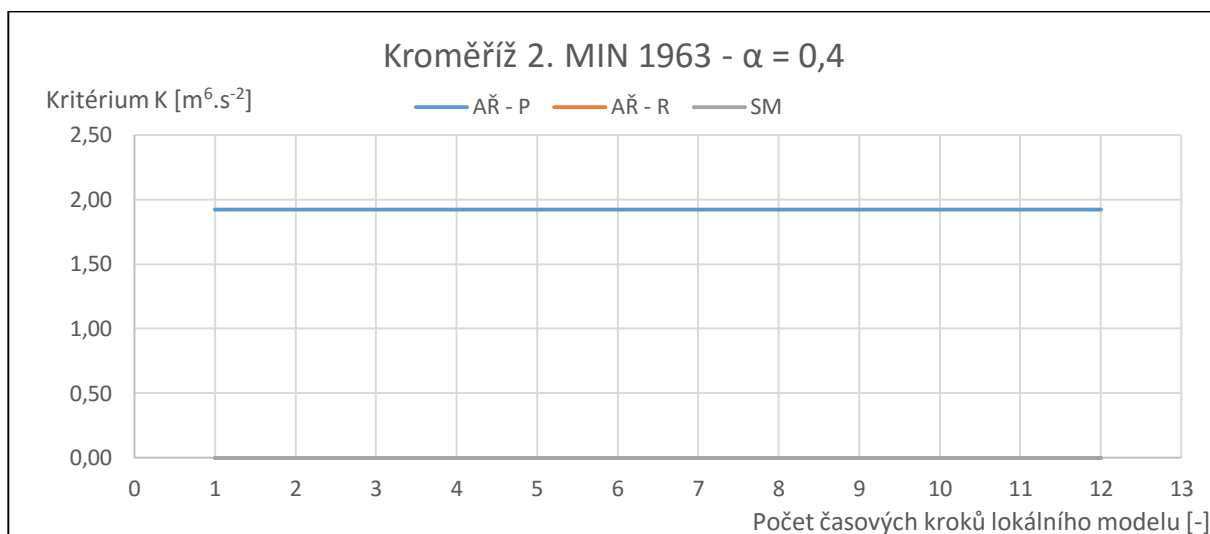


**Obr. 105** - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 –  $\alpha = 0,8$

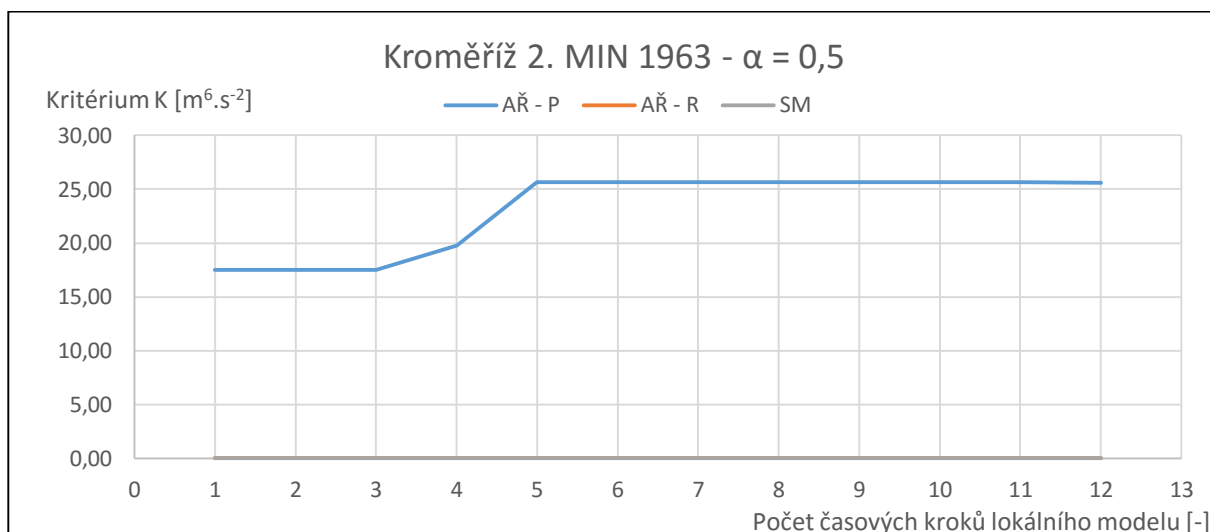


**Obr. 106** - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 –  $\alpha = 0,9$

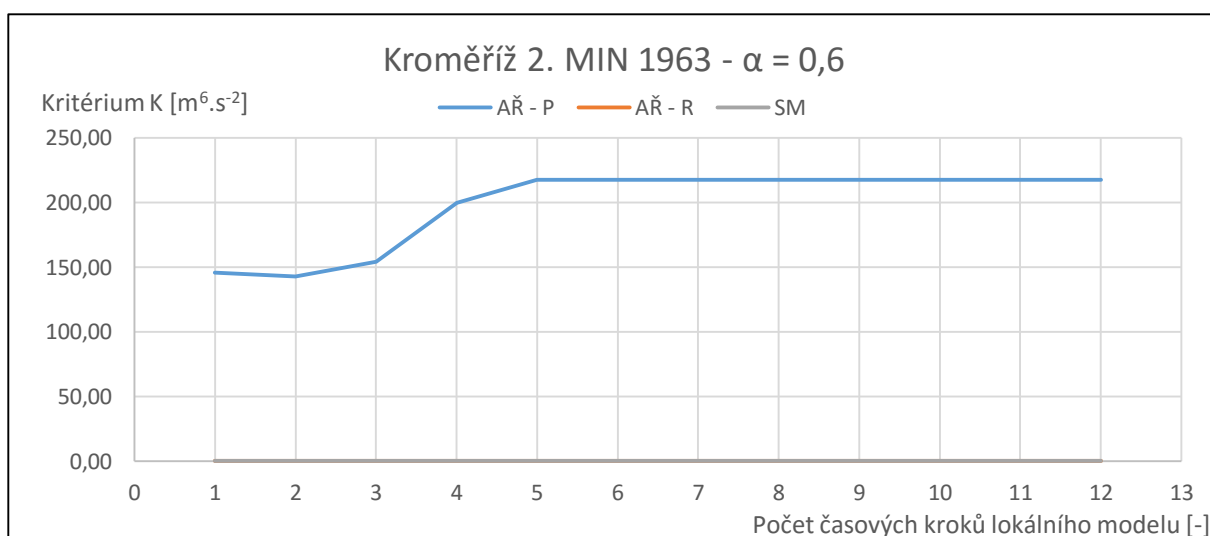
## 5.2.12. Profil Kroměříž - 2. MIN 1963



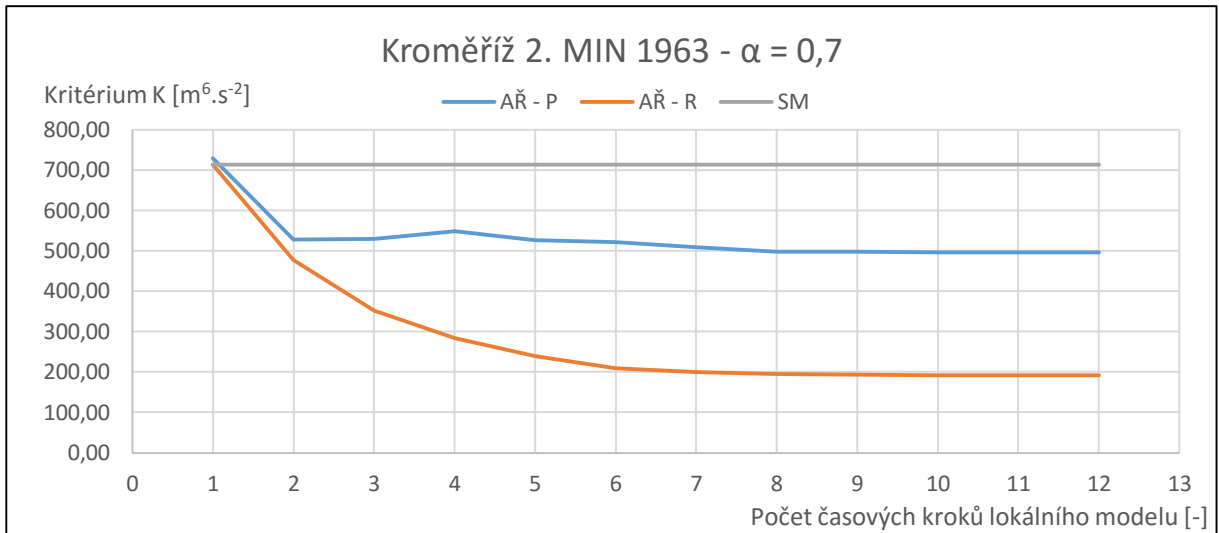
Obr. 107 - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 –  $\alpha = 0,4$



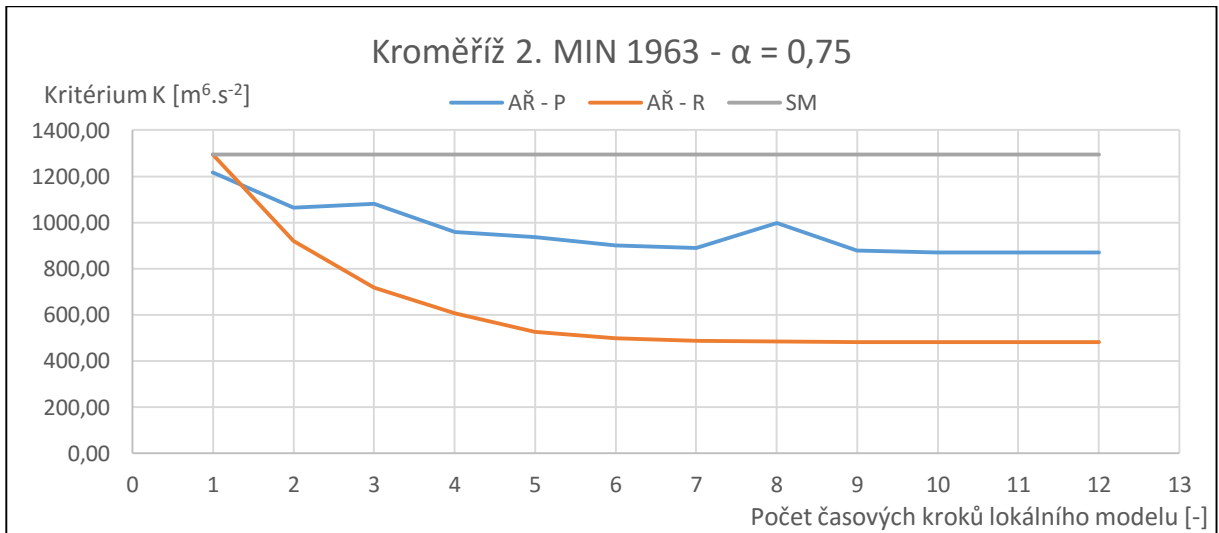
Obr. 108 - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 –  $\alpha = 0,5$



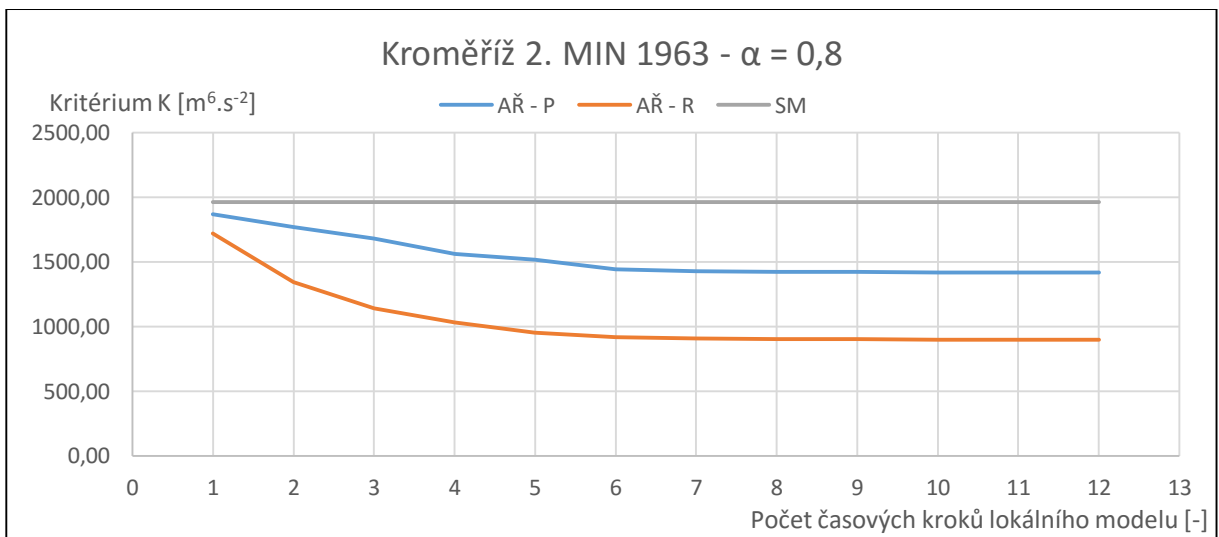
Obr. 109 - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 –  $\alpha = 0,6$



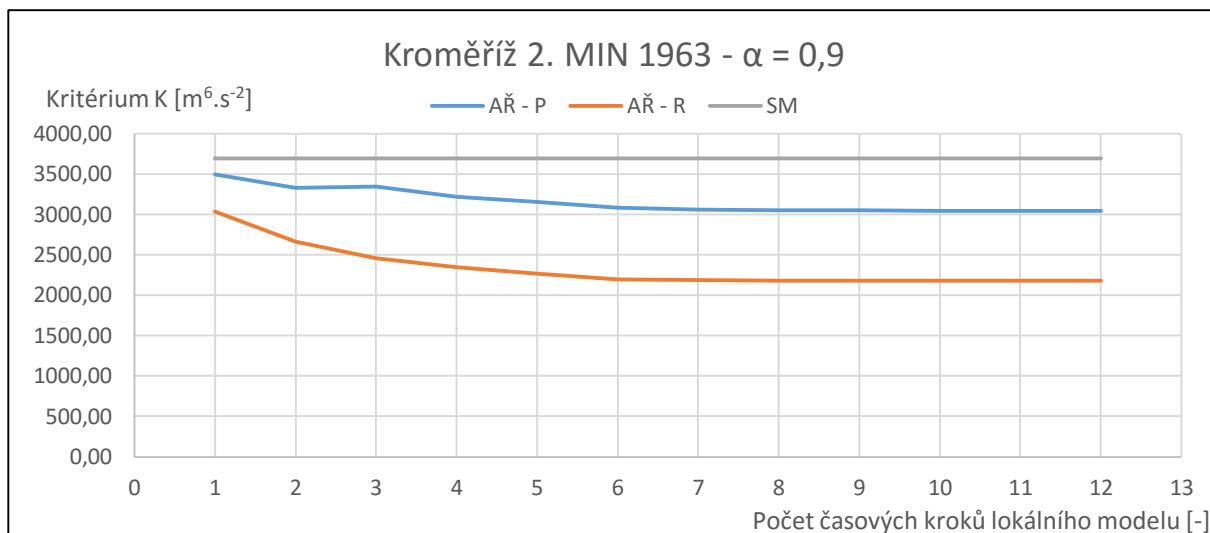
**Obr. 110** - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 111** - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 –  $\alpha = 0,75$

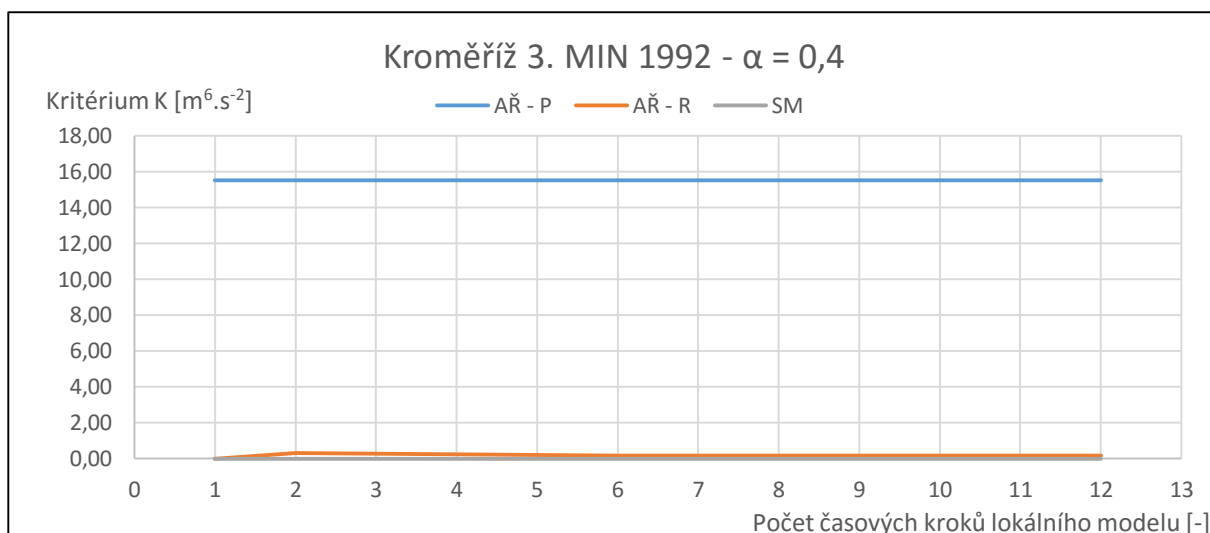


**Obr. 112** - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 –  $\alpha = 0,8$

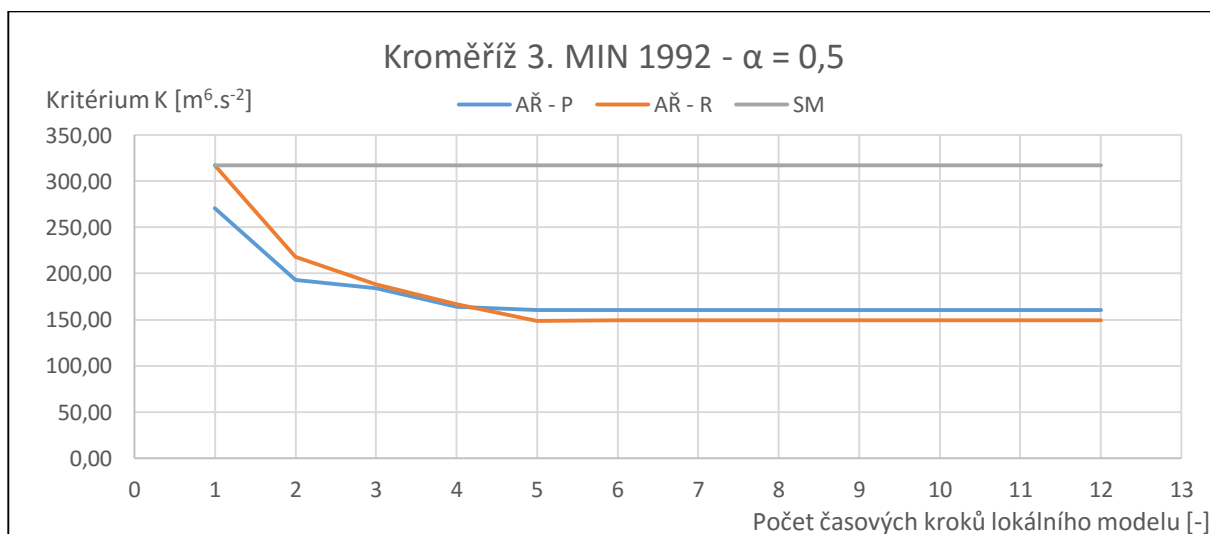


*Obr. 113 - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 –  $\alpha = 0,9$*

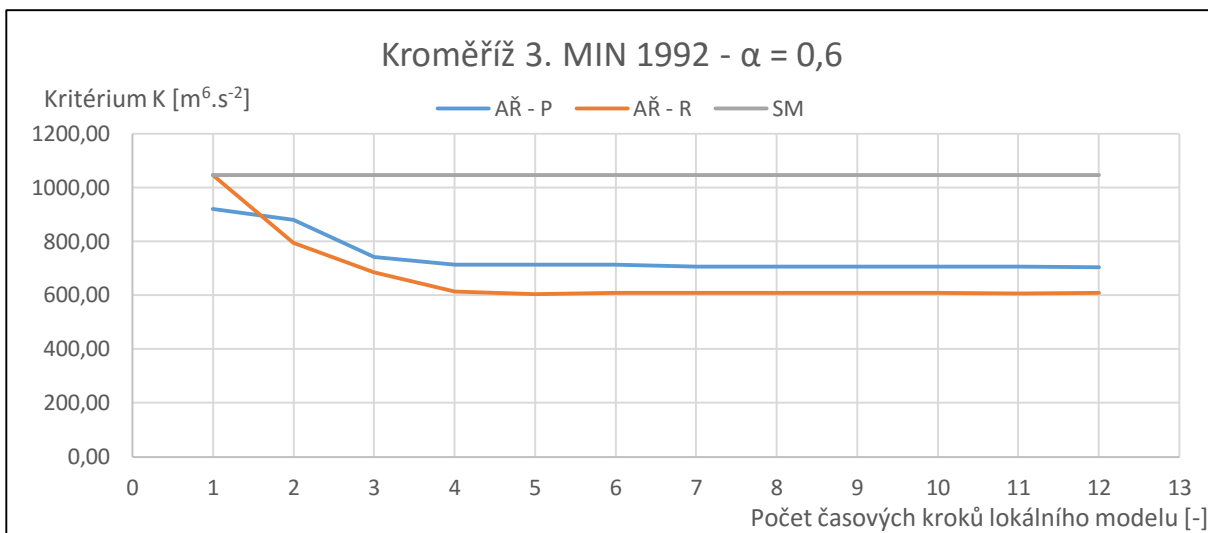
### 5.2.13. Profil Kroměříž - 3. MIN 1992



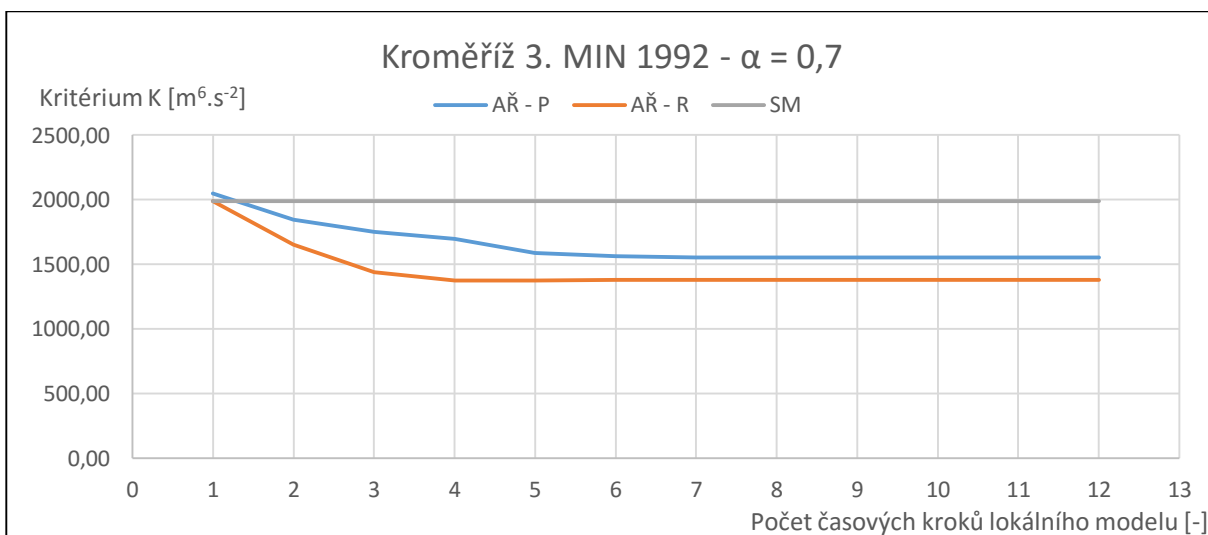
*Obr. 114 - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 –  $\alpha = 0,4$*



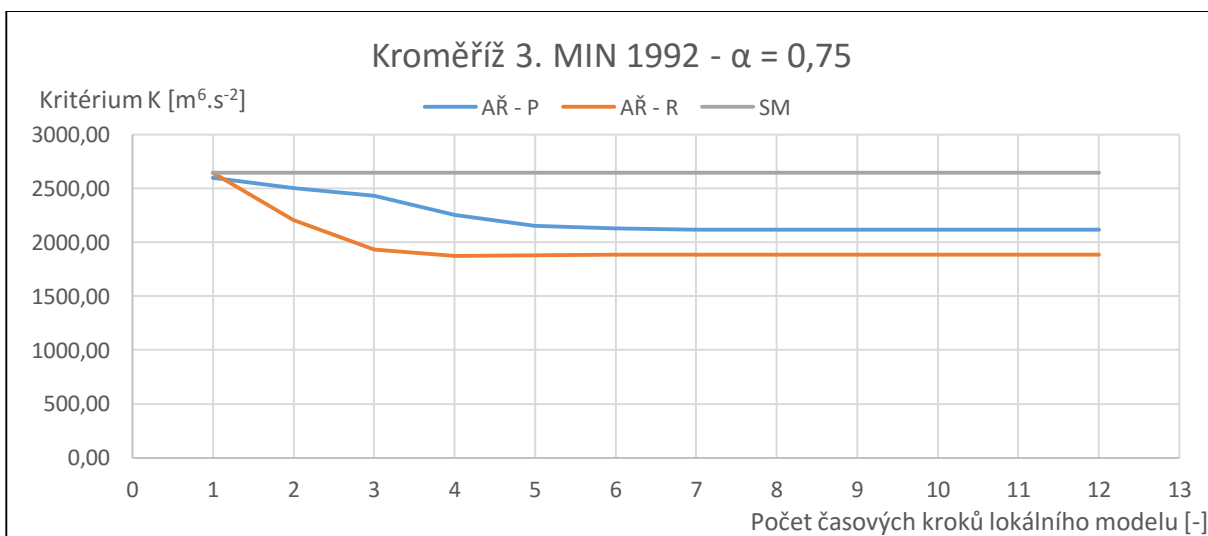
*Obr. 115 - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 –  $\alpha = 0,5$*



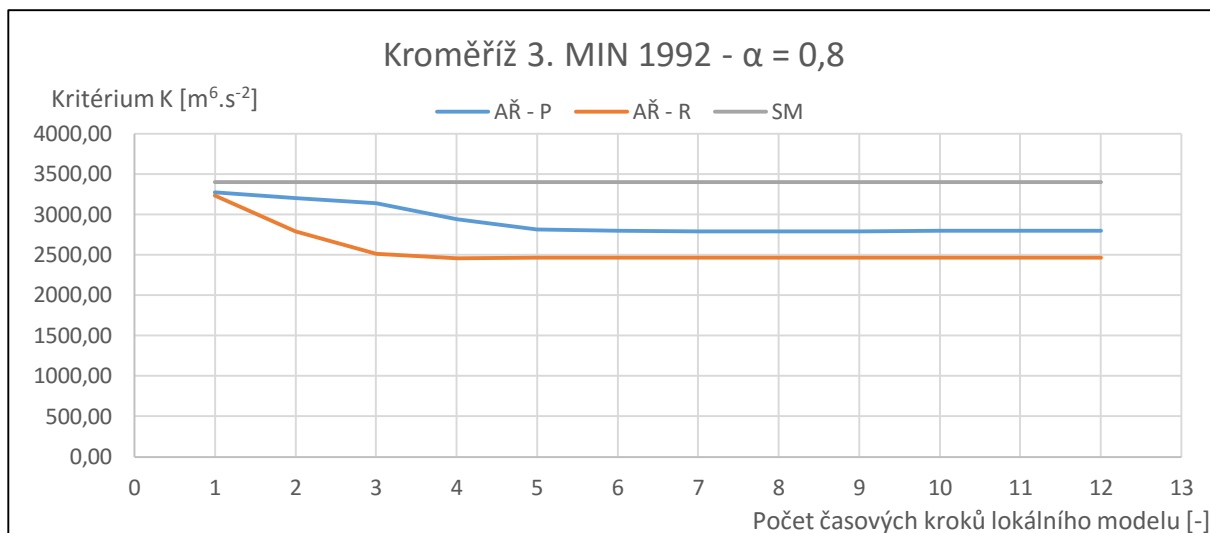
**Obr. 116 - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 –  $\alpha = 0,6$**



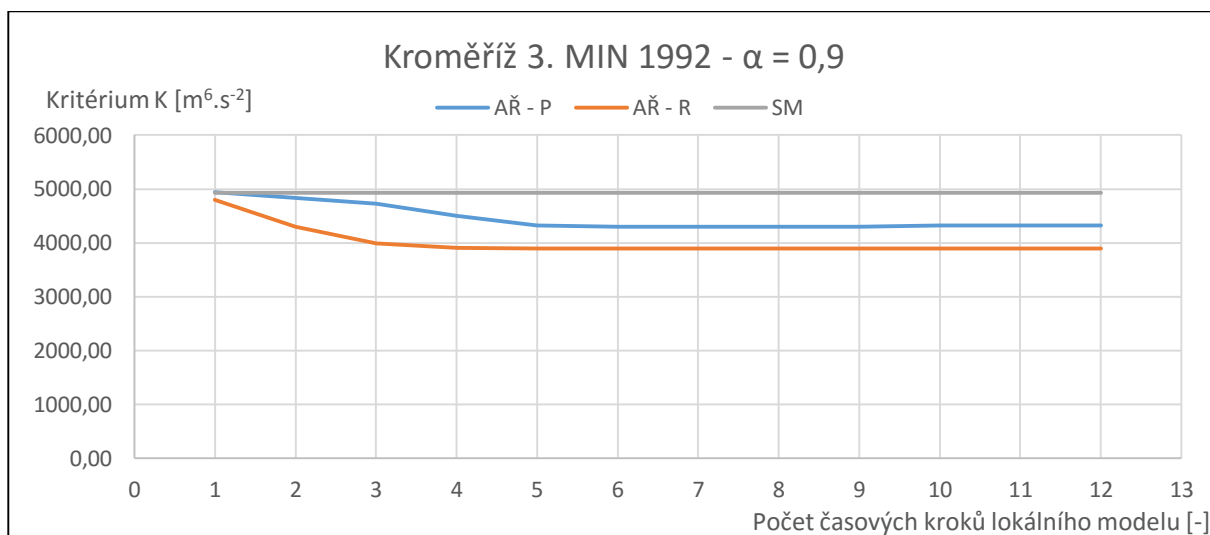
**Obr. 117 - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 118 - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 –  $\alpha = 0,75$**

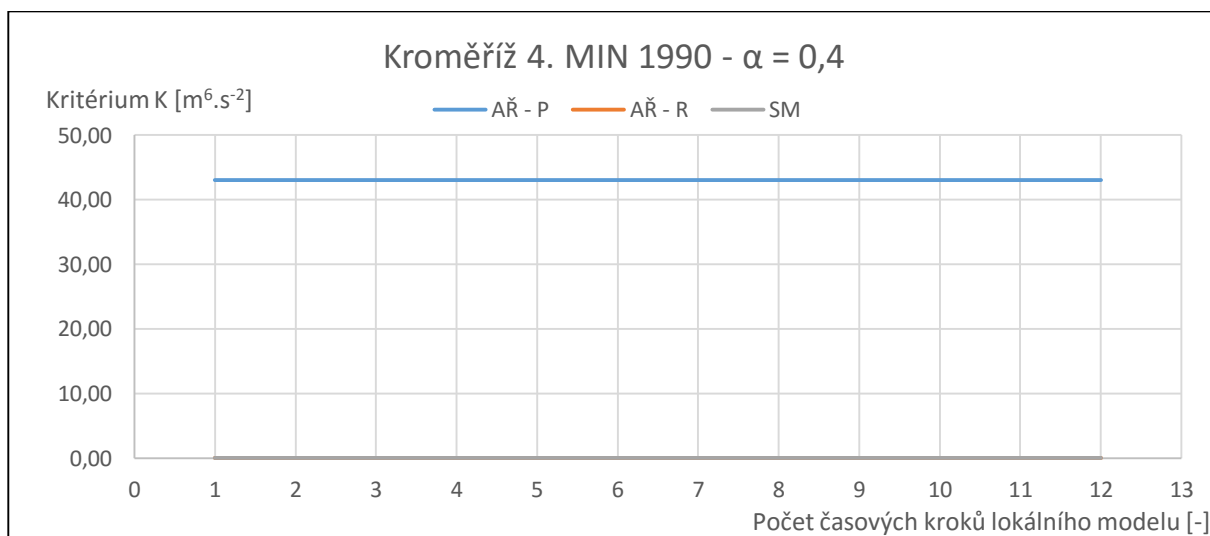


*Obr. 119 - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 –  $\alpha = 0,8$*

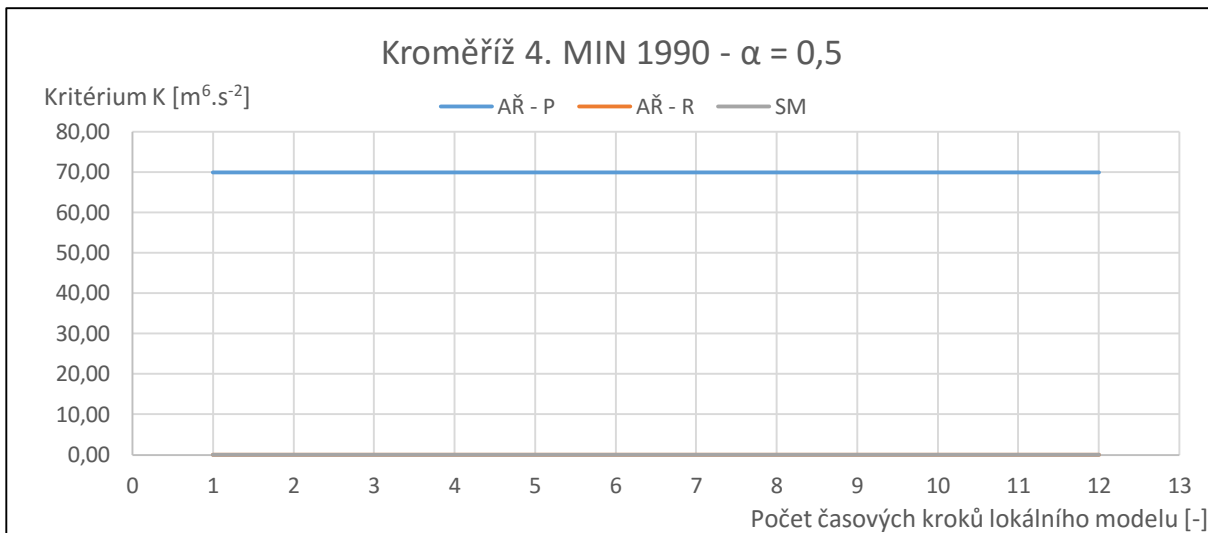


*Obr. 120 - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 –  $\alpha = 0,9$*

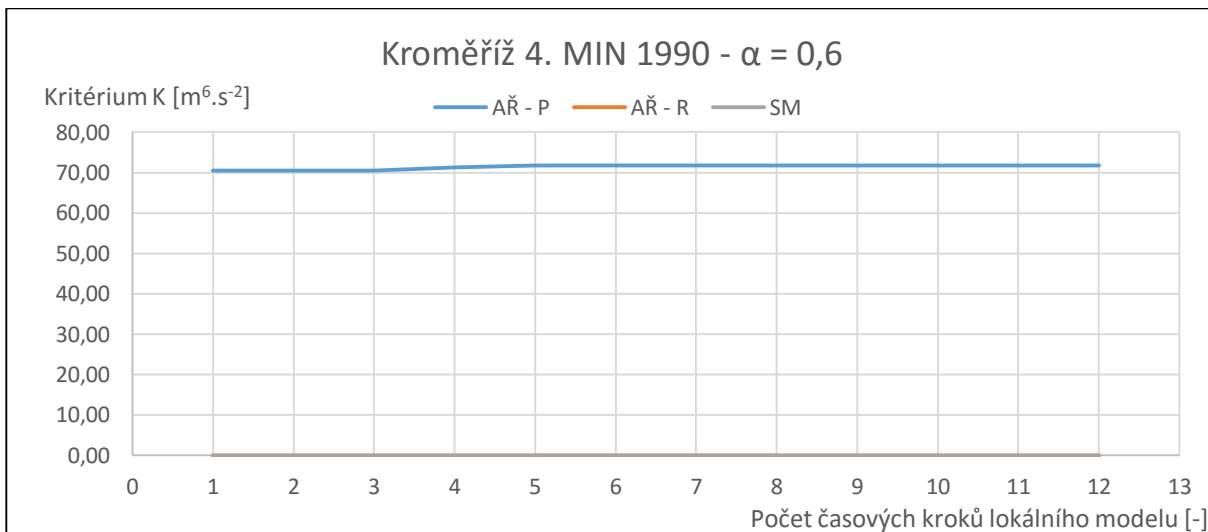
#### 5.2.14. Profil Kroměříž - 4. MIN 1990



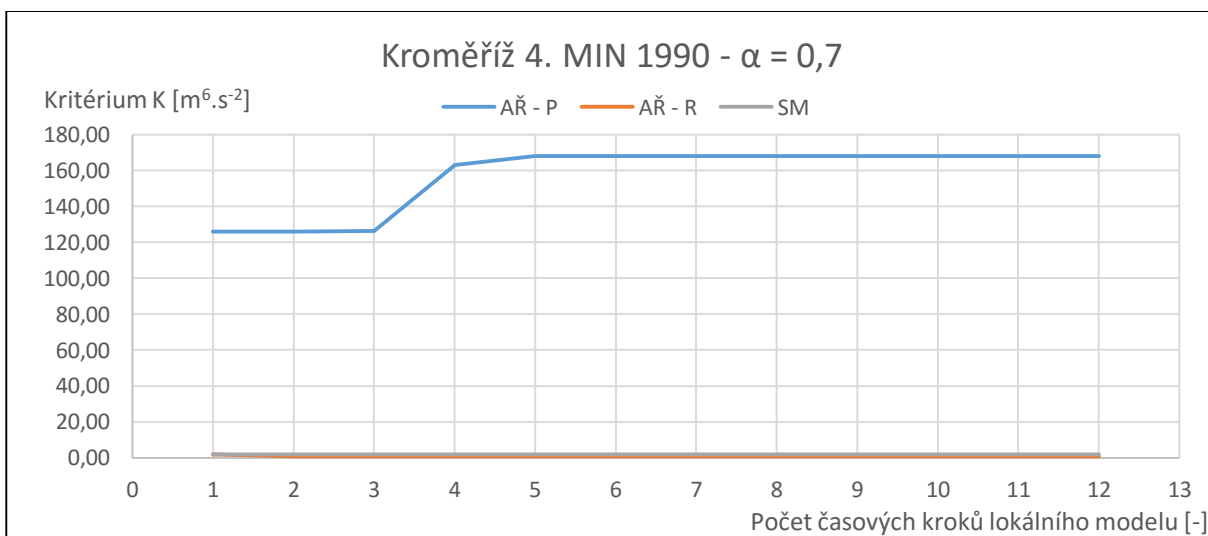
*Obr. 121 - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,4$*



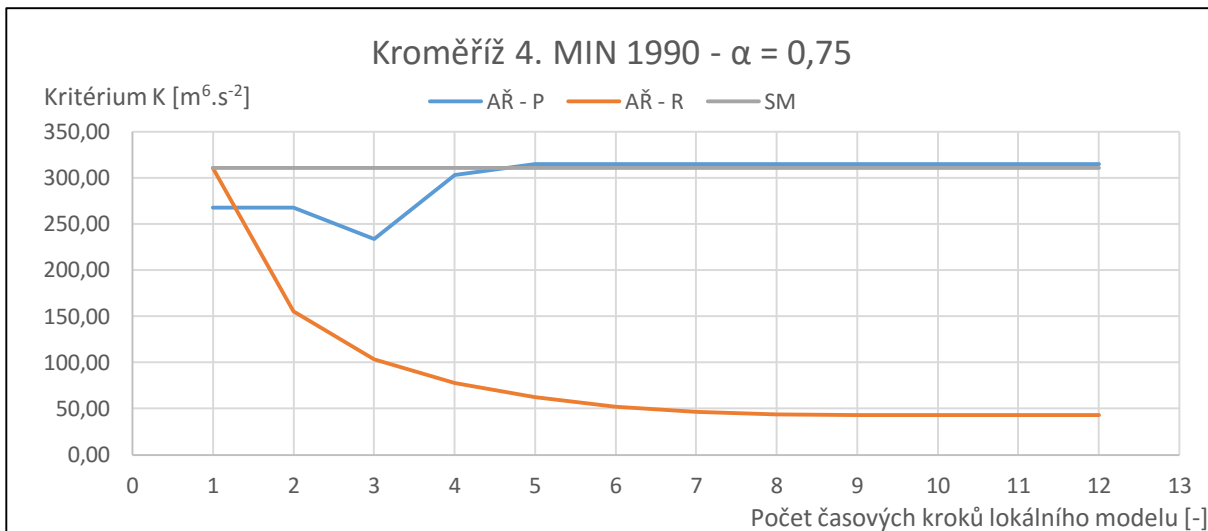
**Obr. 122** - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,5$



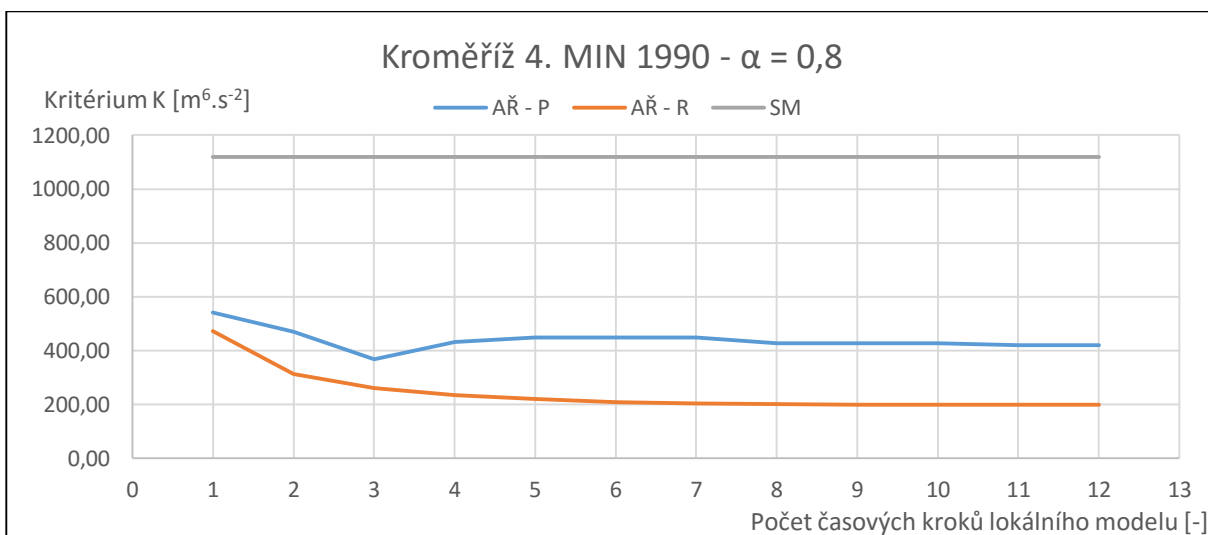
**Obr. 123** - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,6$



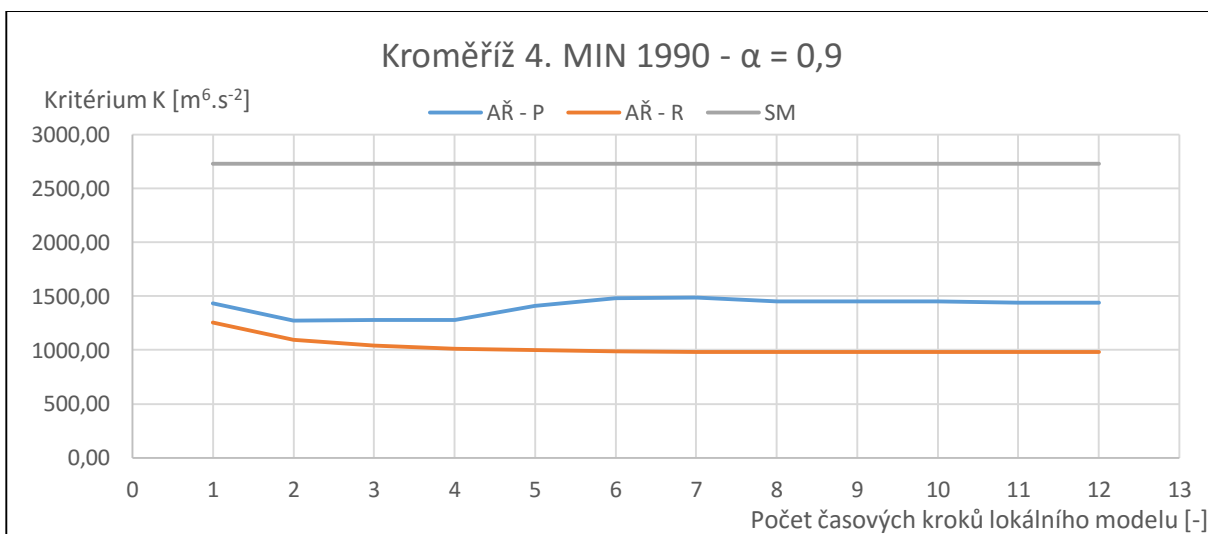
**Obr. 124** - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 125** - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,75$

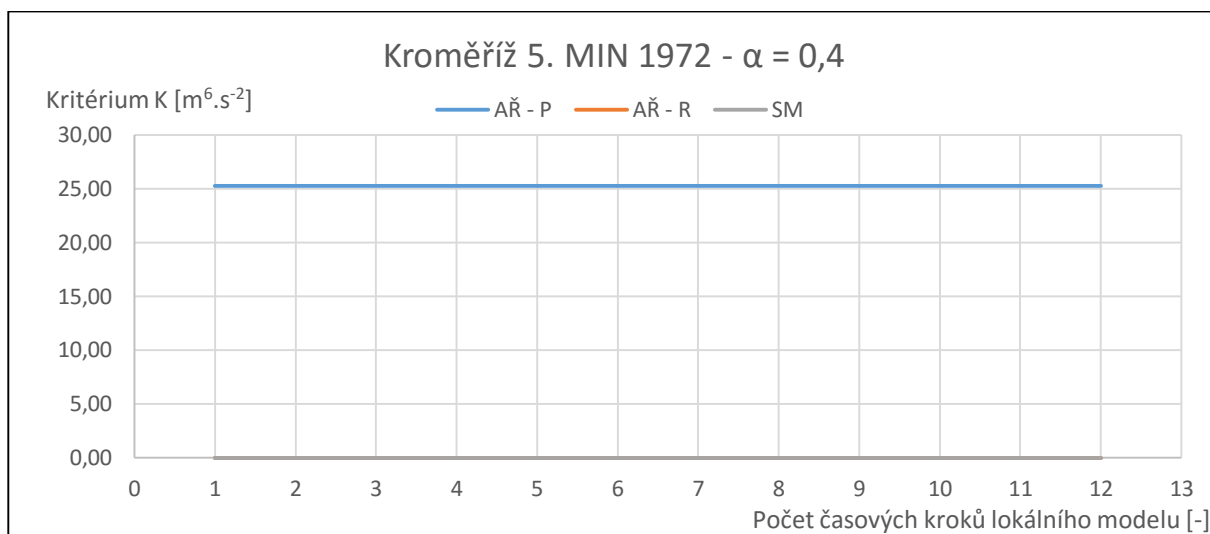


**Obr. 126** - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,8$

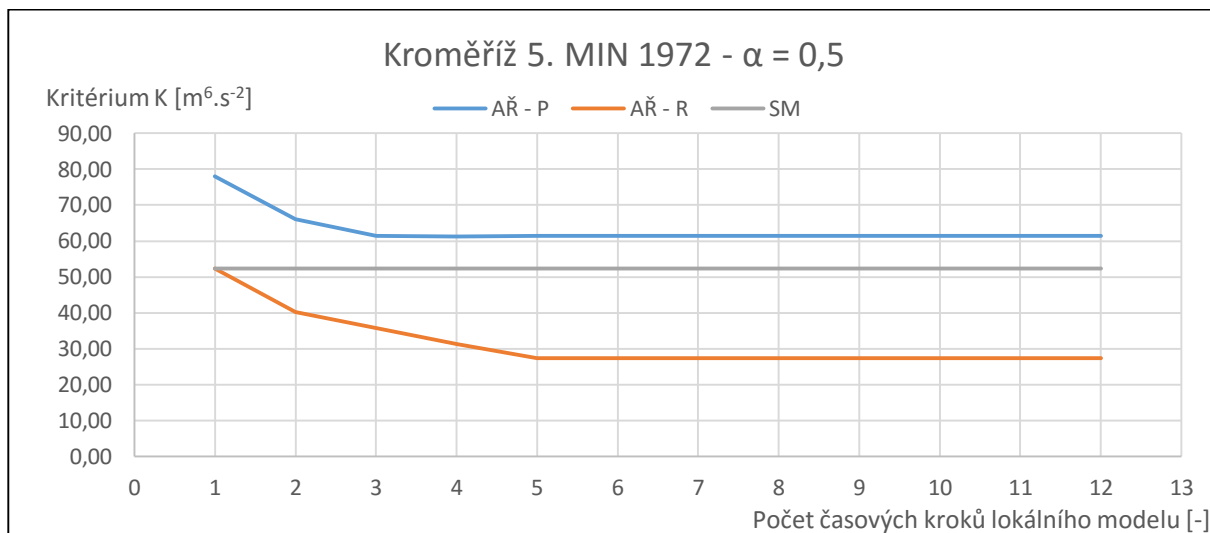


**Obr. 127** - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,9$

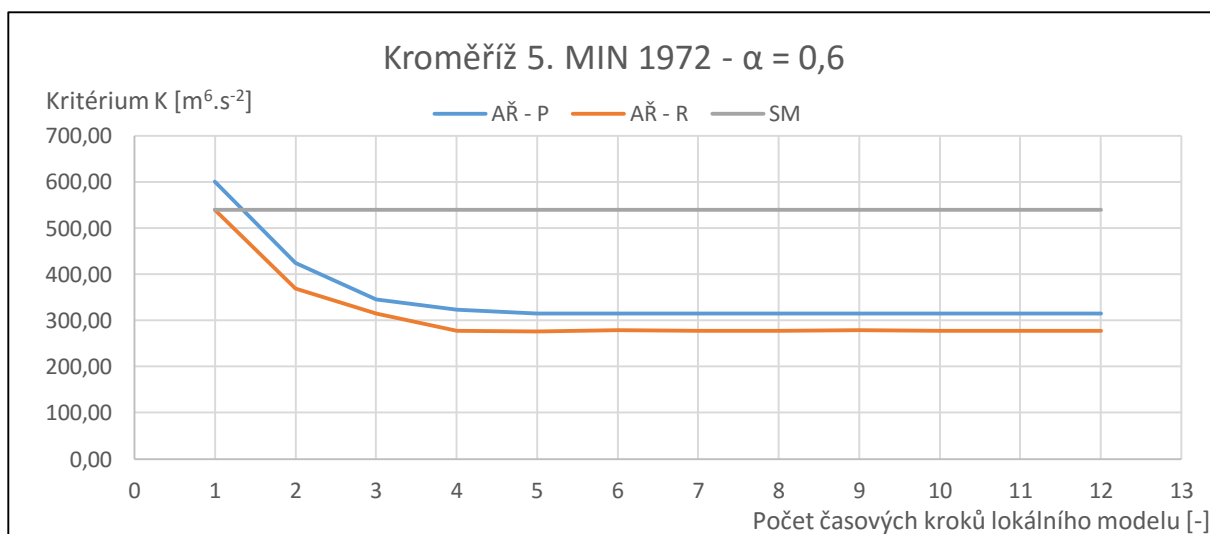
### 5.2.15. Profil Kroměříž - 5. MIN 1972



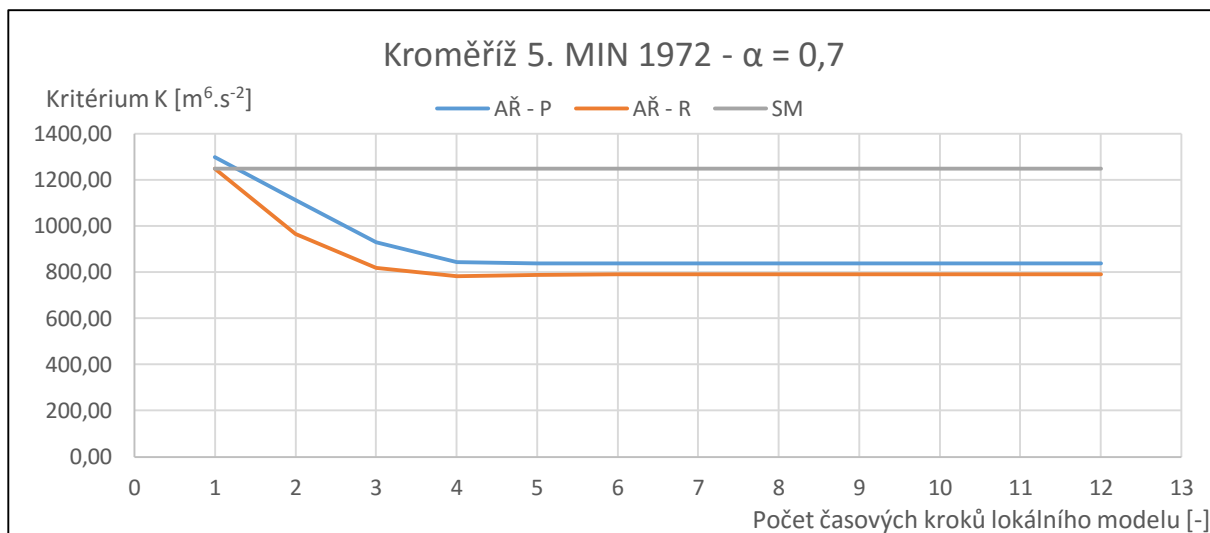
Obr. 128 - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 –  $\alpha = 0,4$



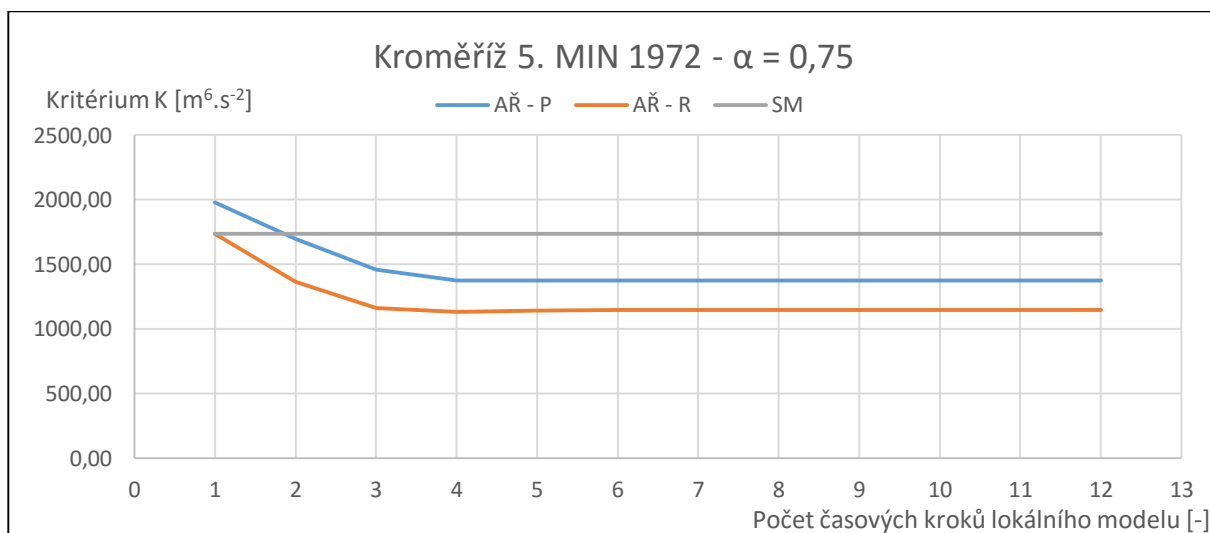
Obr. 129 - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 –  $\alpha = 0,5$



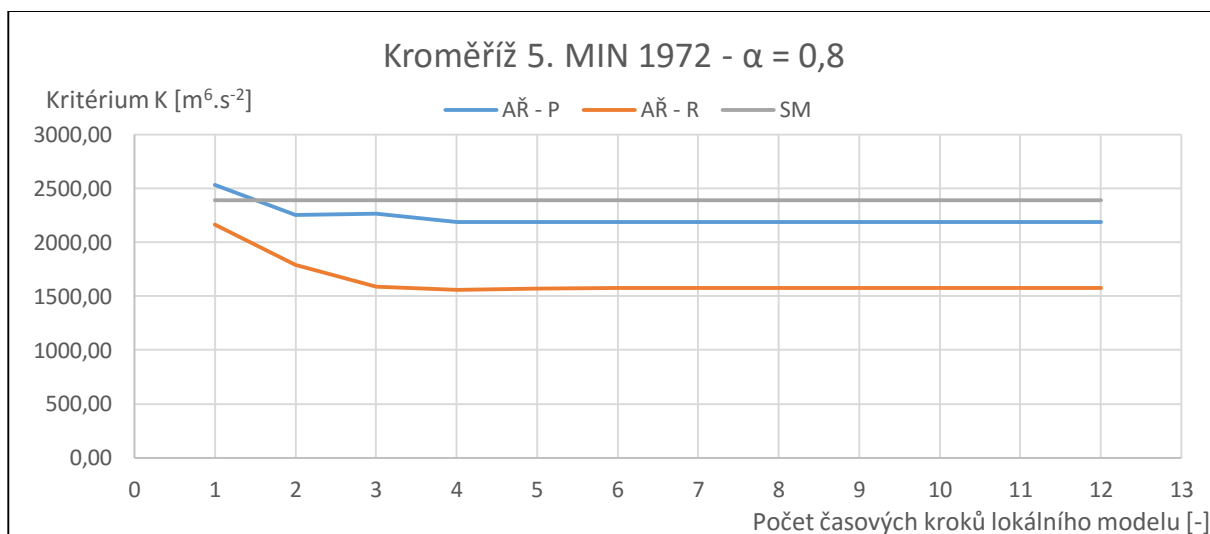
Obr. 130 - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 –  $\alpha = 0,6$



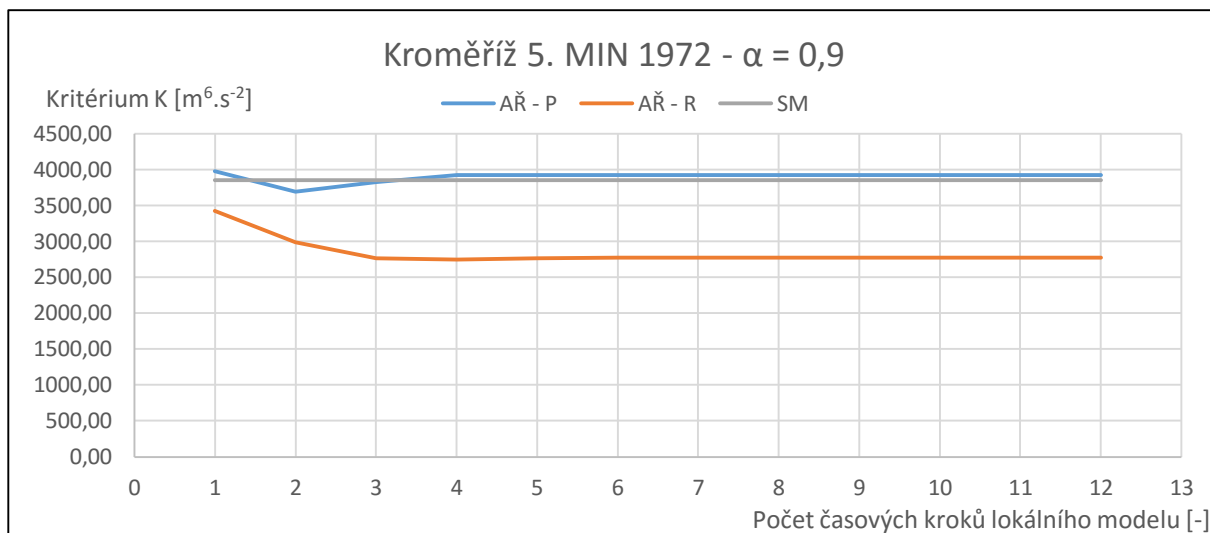
**Obr. 131** - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 132** - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 –  $\alpha = 0,75$

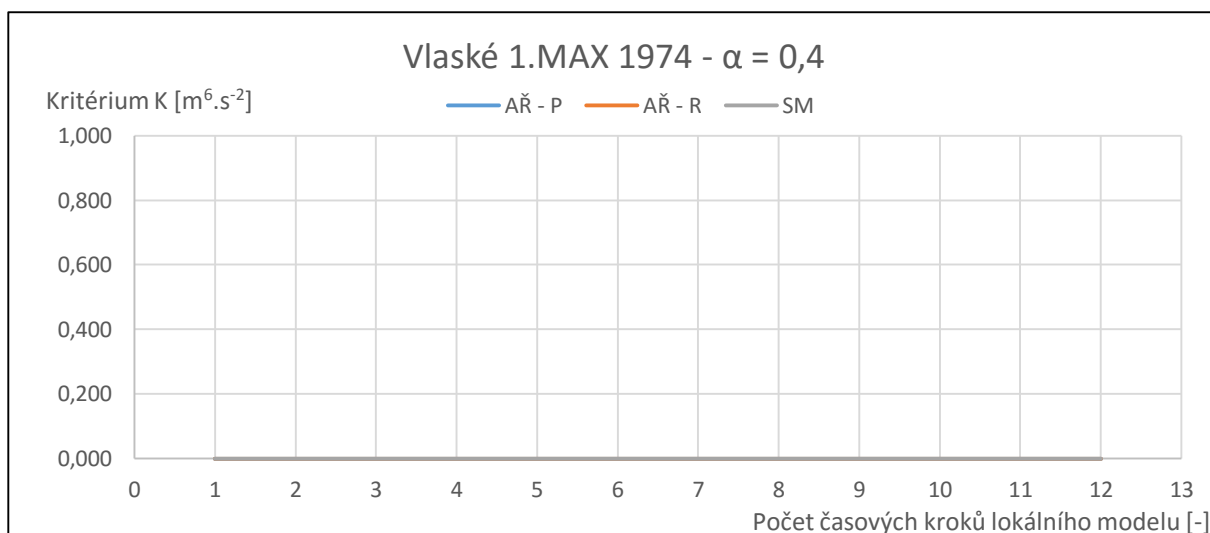


**Obr. 133** - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 –  $\alpha = 0,8$

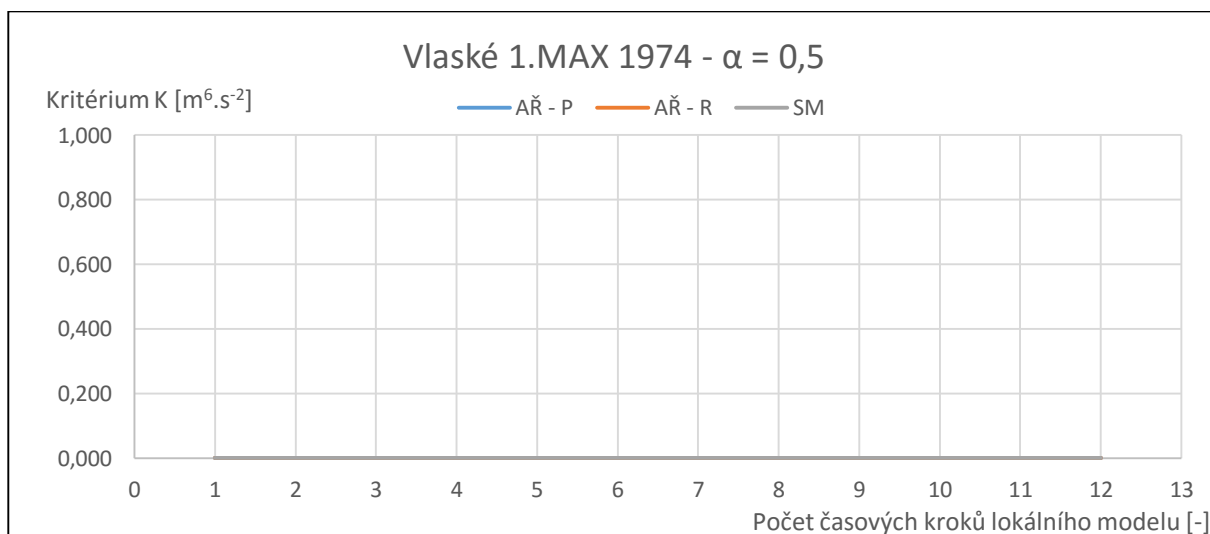


*Obr. 134 - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 –  $\alpha = 0,9$*

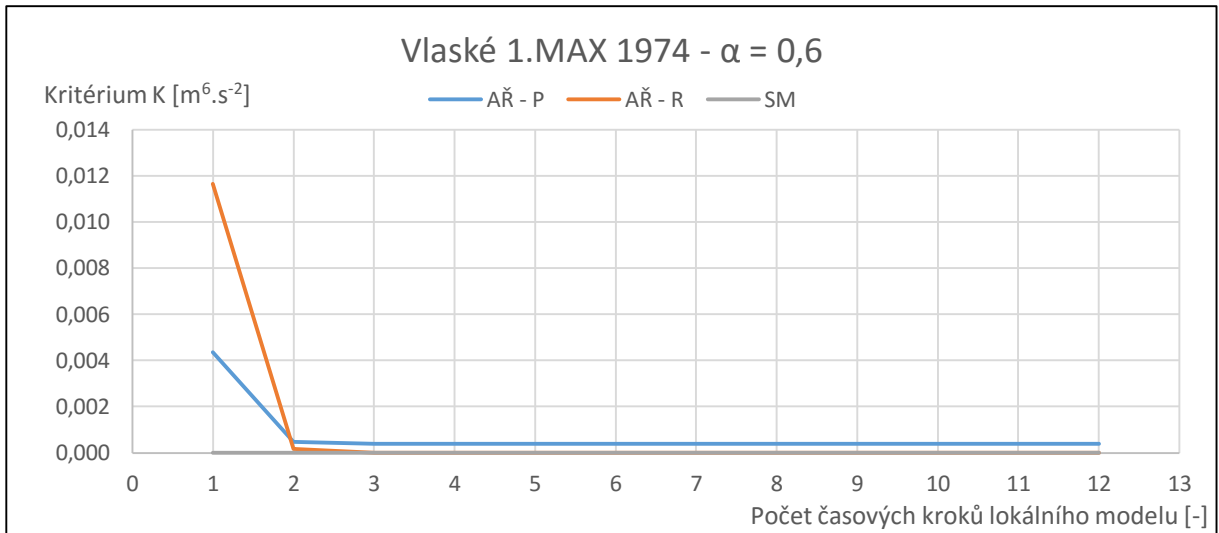
### 5.2.16. Profil Vlaské - 1. MAX 1974



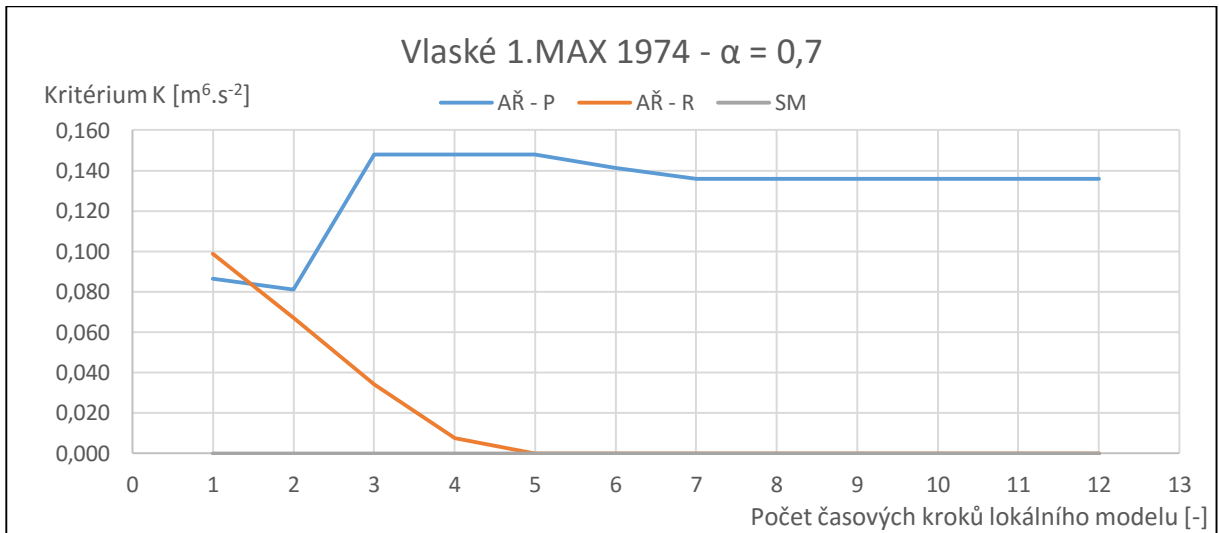
*Obr. 135 - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 –  $\alpha = 0,4$*



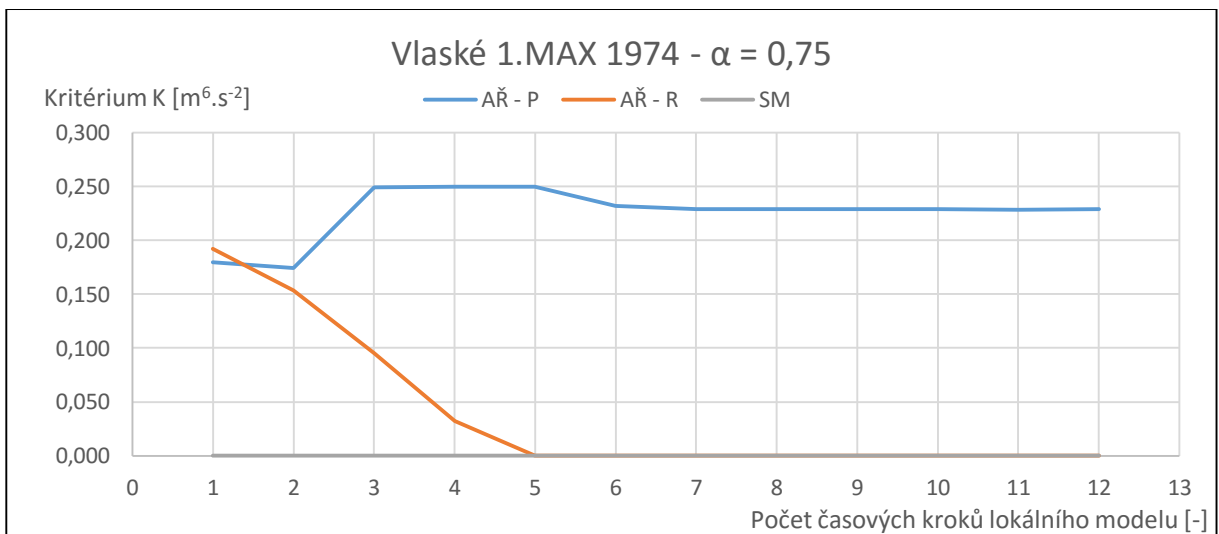
*Obr. 136 - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 –  $\alpha = 0,5$*



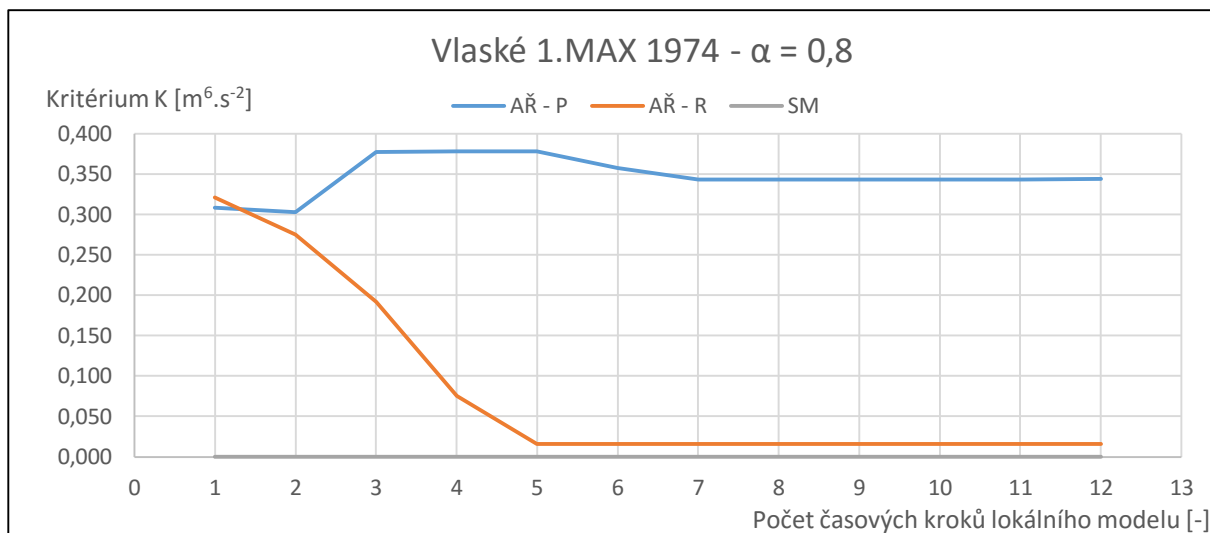
*Obr. 137 - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 –  $\alpha = 0,6$*



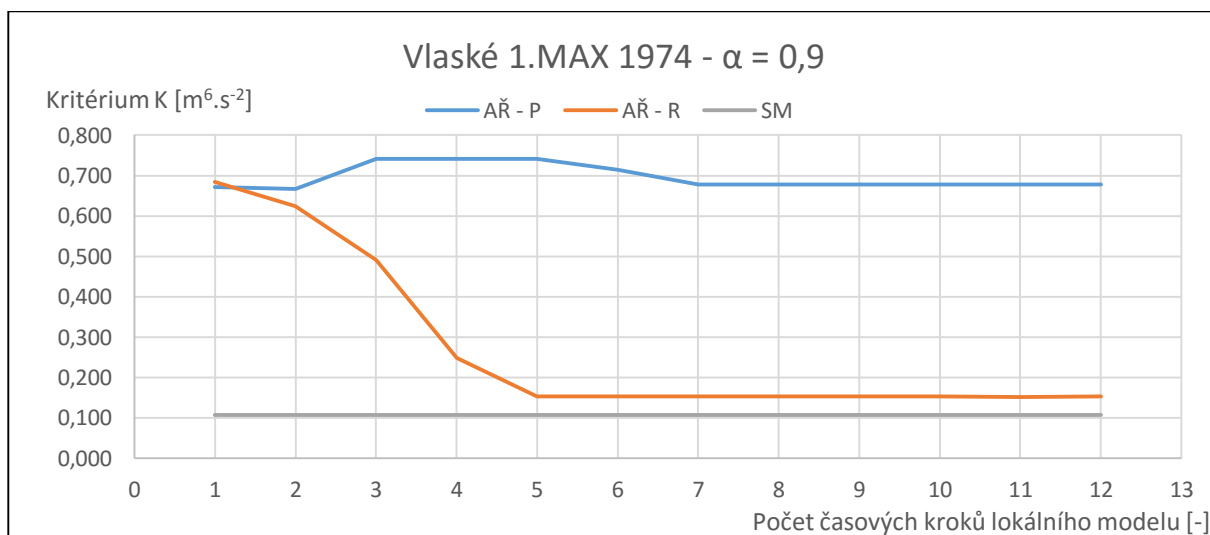
*Obr. 138 - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 –  $\alpha = 0,7$*



*Obr. 139 - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 –  $\alpha = 0,75$*

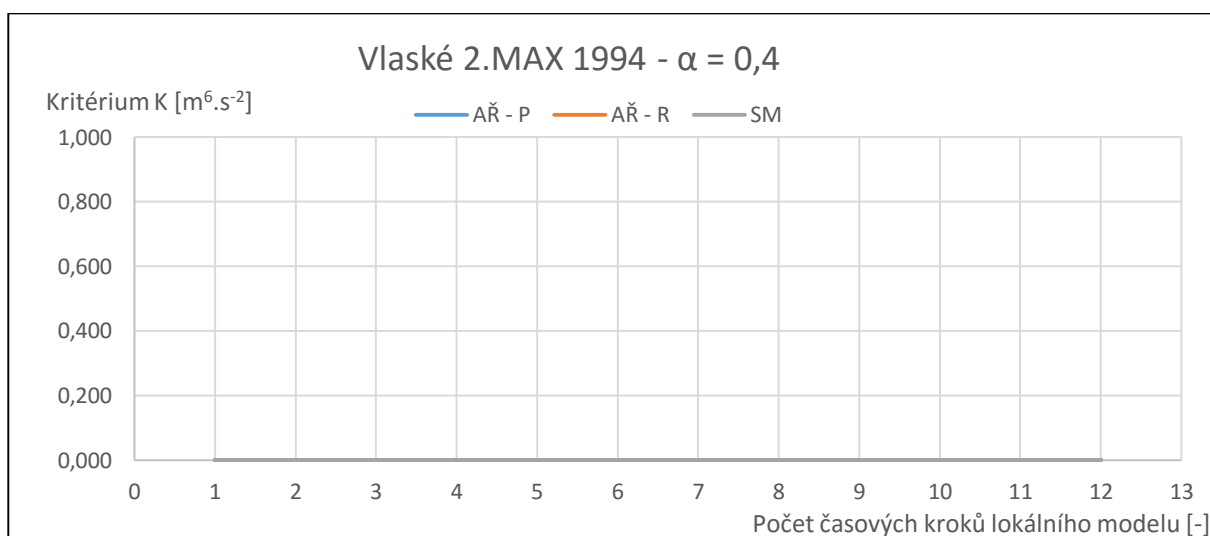


*Obr. 140 - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 –  $\alpha = 0,8$*

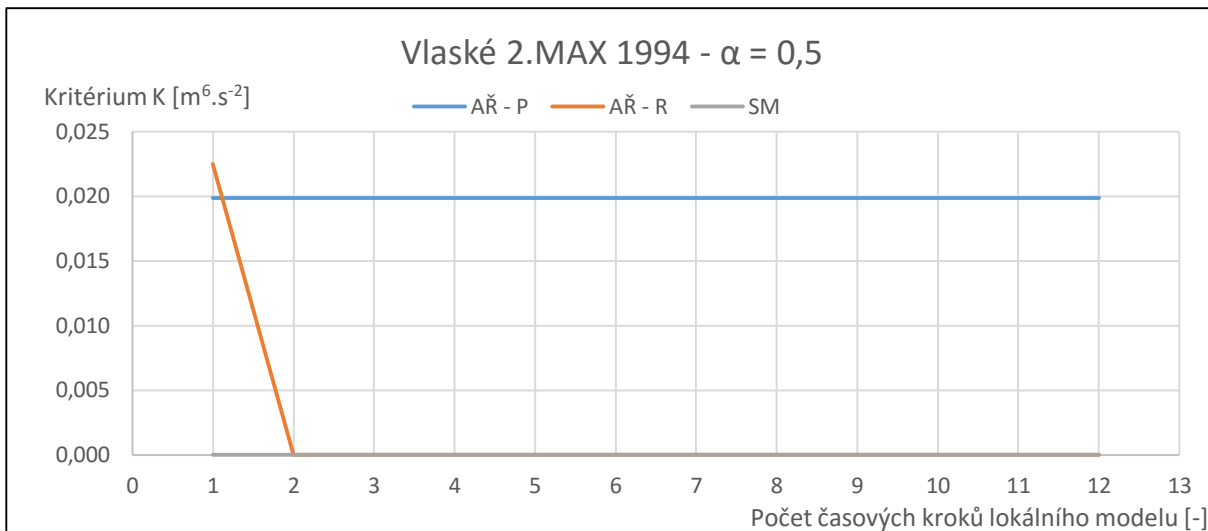


*Obr. 141 - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 –  $\alpha = 0,9$*

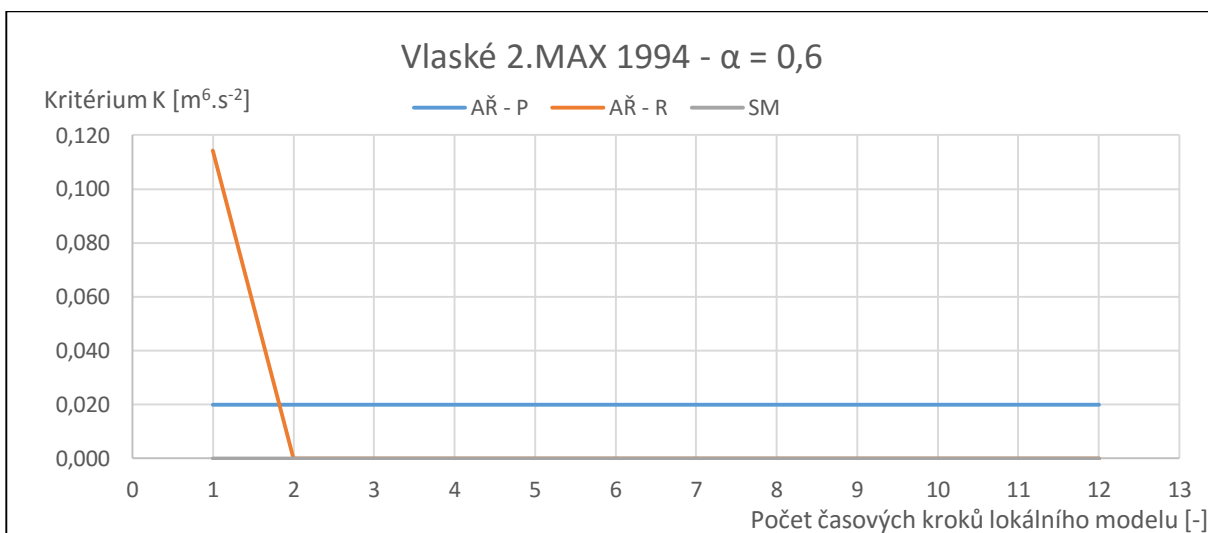
### 5.2.17. Profil Vlaské - 2. MAX 1994



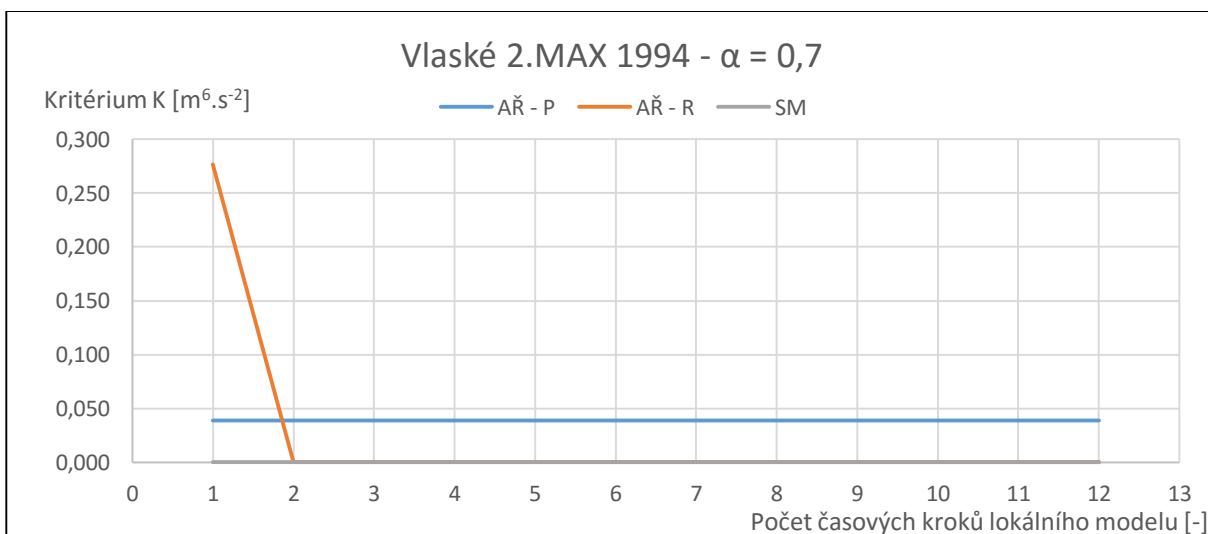
*Obr. 142 - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 –  $\alpha = 0,4$*



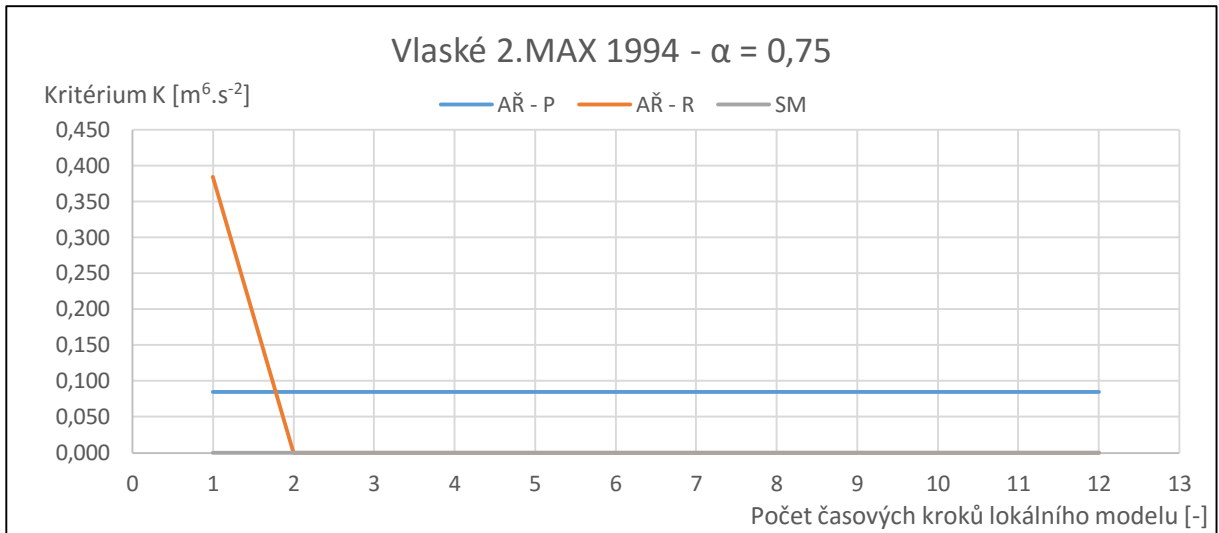
**Obr. 143** - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 –  $\alpha = 0,5$



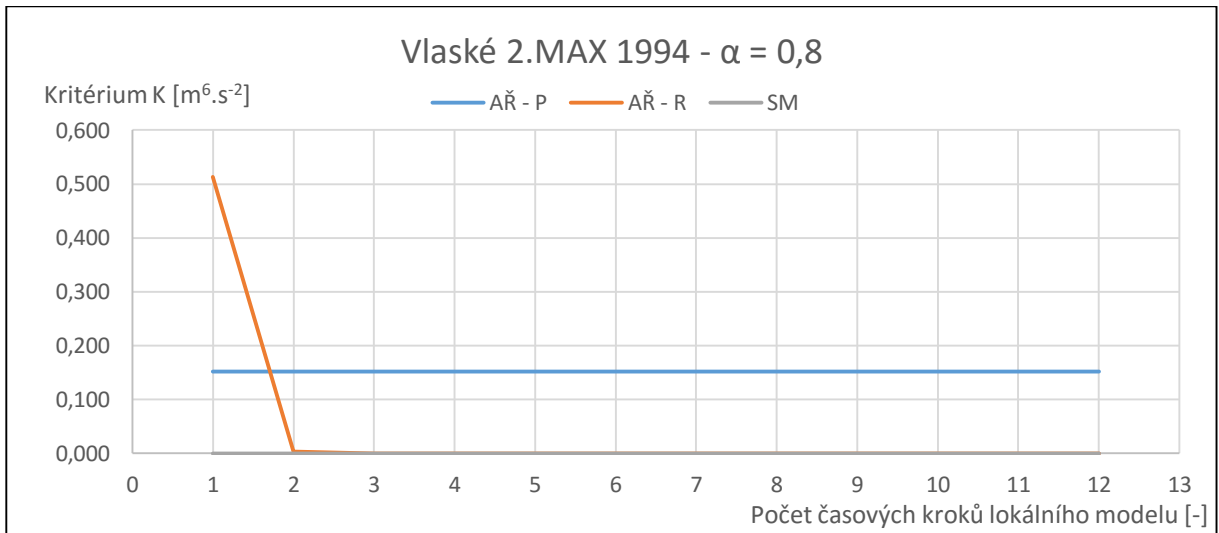
**Obr. 144** - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 –  $\alpha = 0,6$



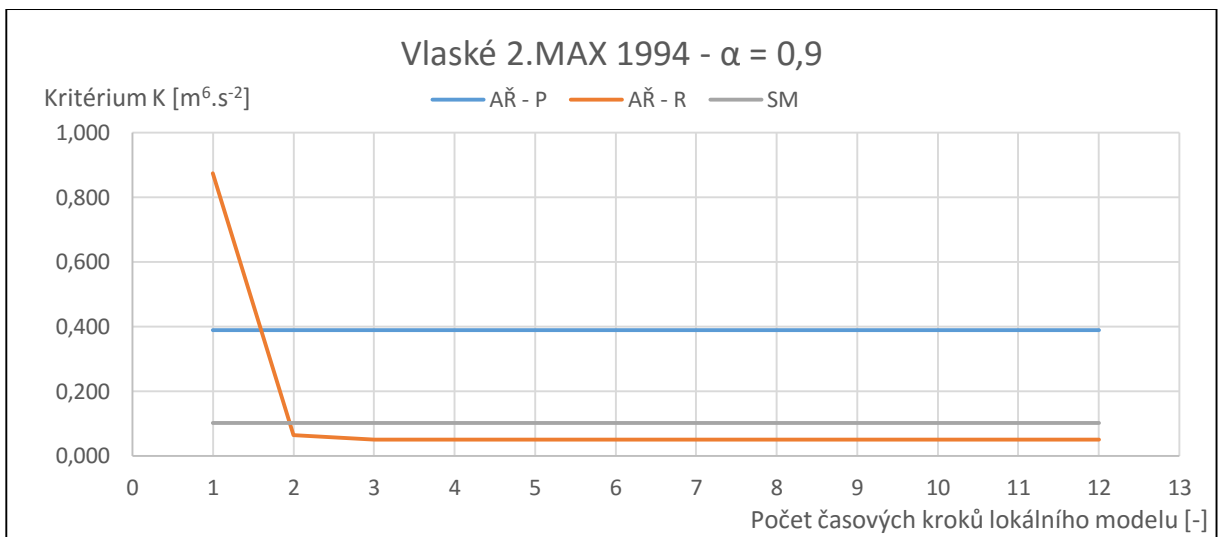
**Obr. 145** - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 146** - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 –  $\alpha = 0,75$

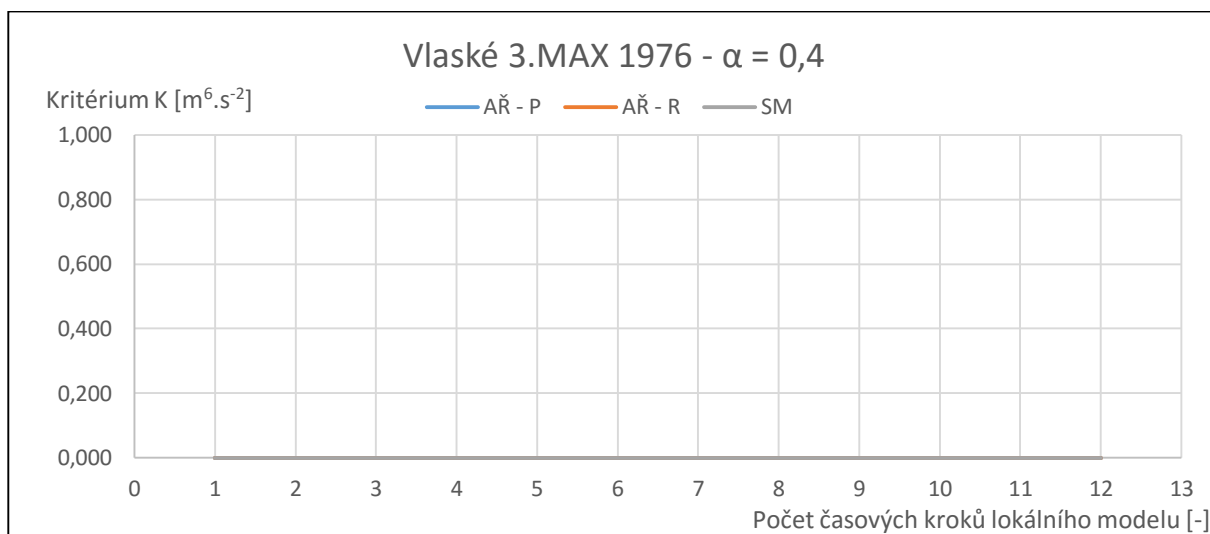


**Obr. 147** - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 –  $\alpha = 0,8$

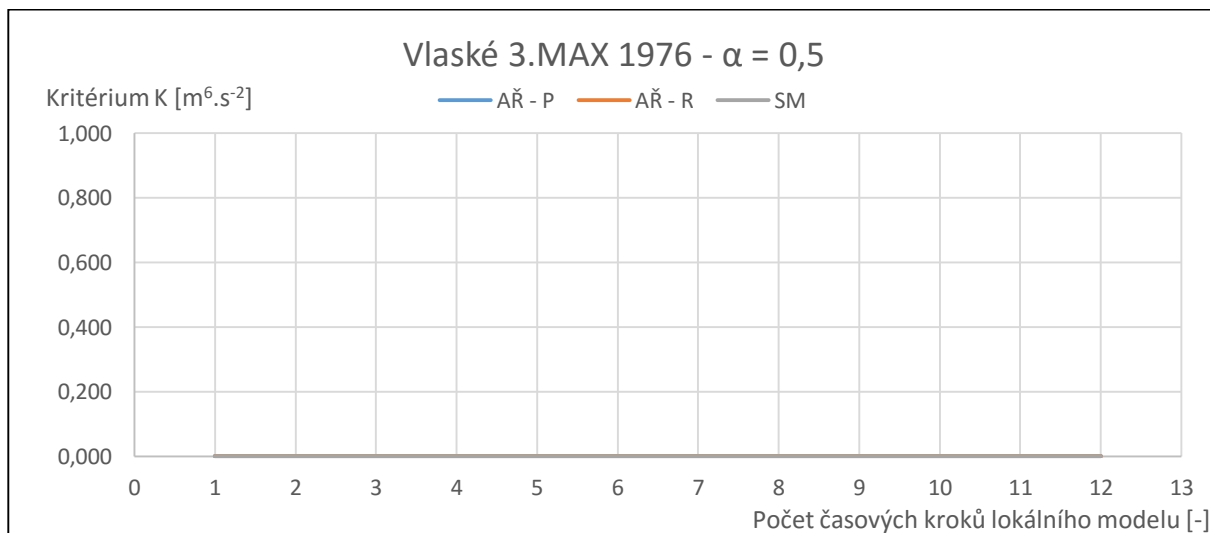


**Obr. 148** - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 –  $\alpha = 0,9$

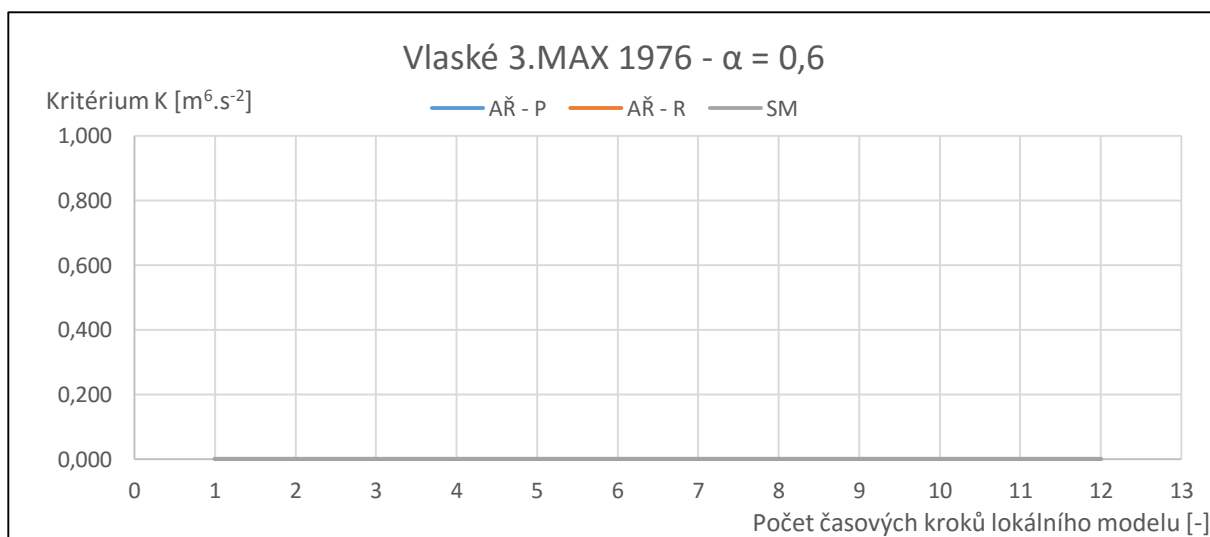
### 5.2.18. Profil Vlaské - 3. MAX 1976



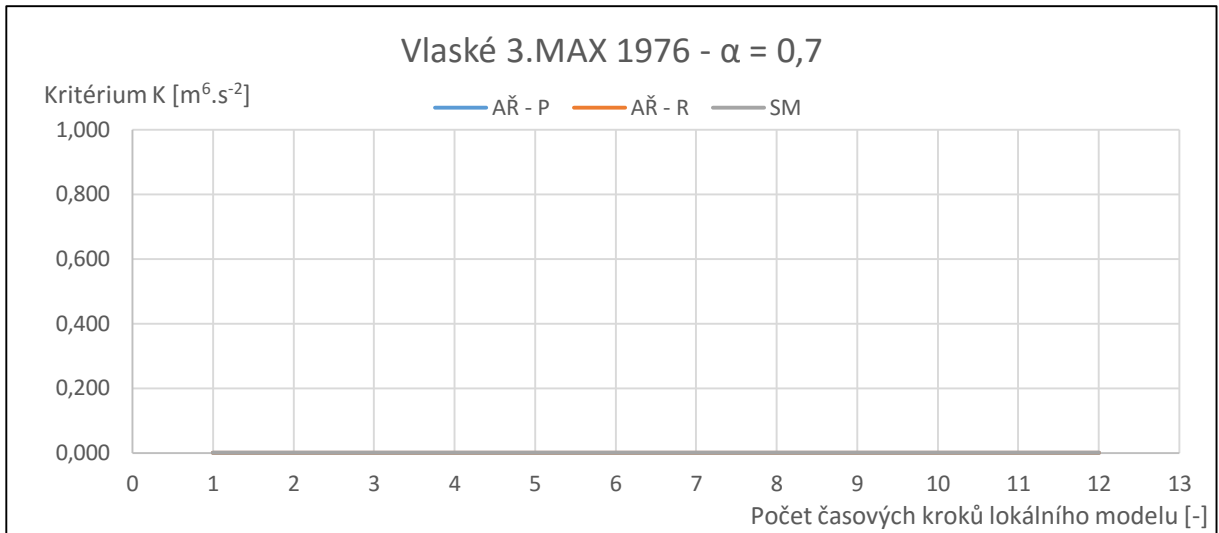
Obr. 149 - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 –  $\alpha = 0,4$



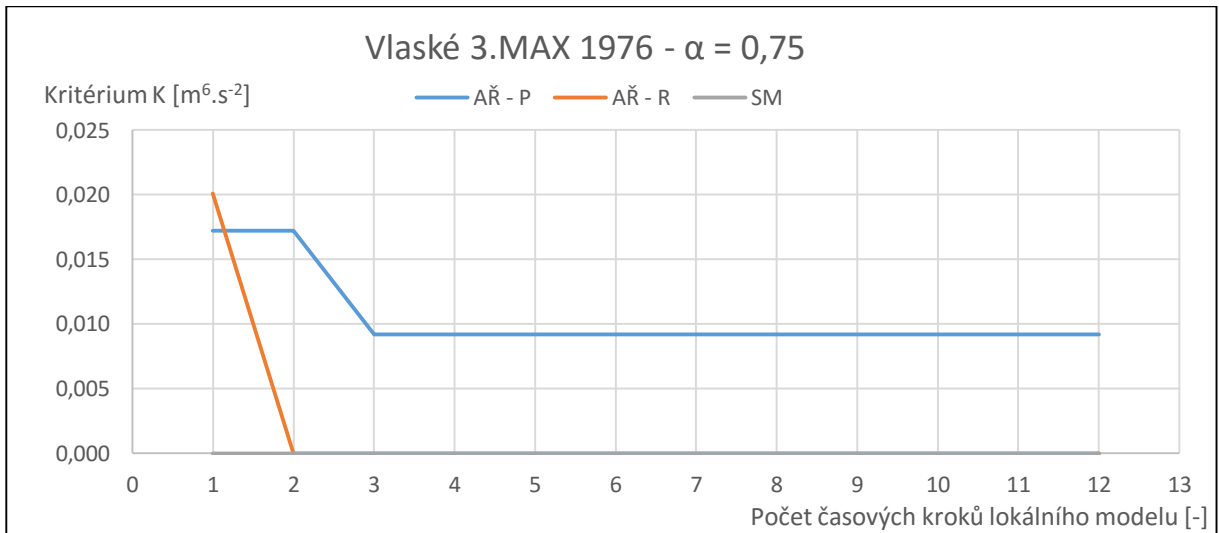
Obr. 150 - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 –  $\alpha = 0,5$



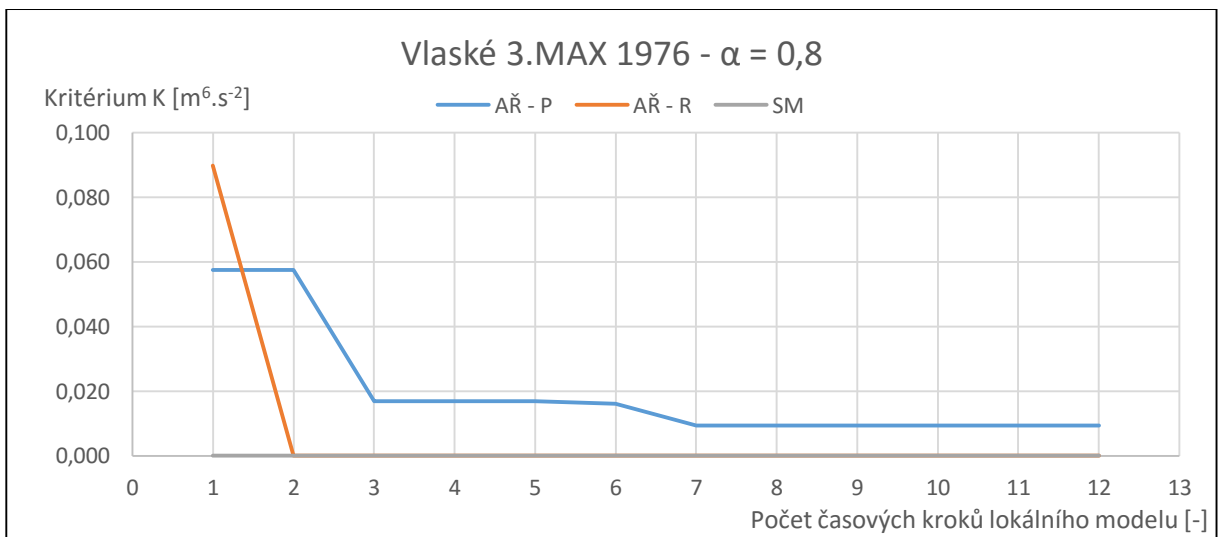
Obr. 151 - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 –  $\alpha = 0,6$



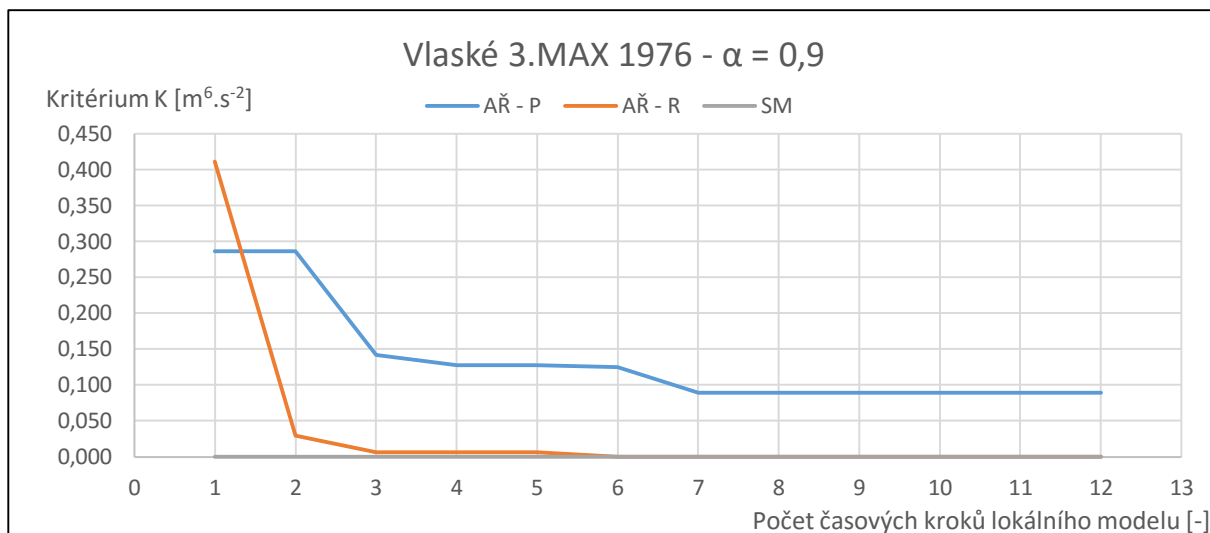
*Obr. 152 - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 –  $\alpha = 0,7$*



*Obr. 153 - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 –  $\alpha = 0,75$*

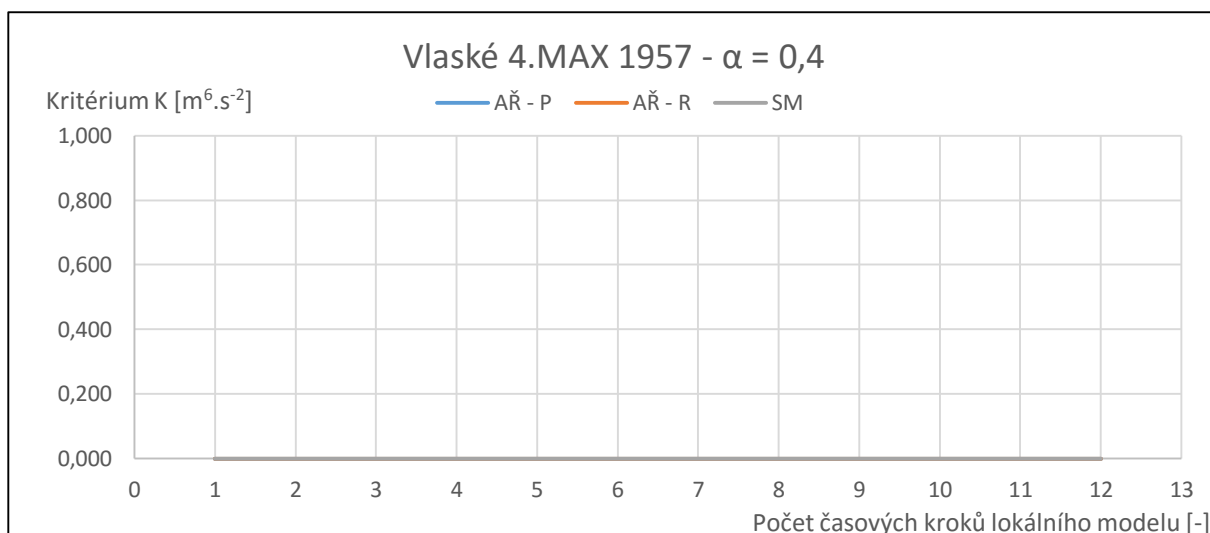


*Obr. 154 - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 –  $\alpha = 0,8$*

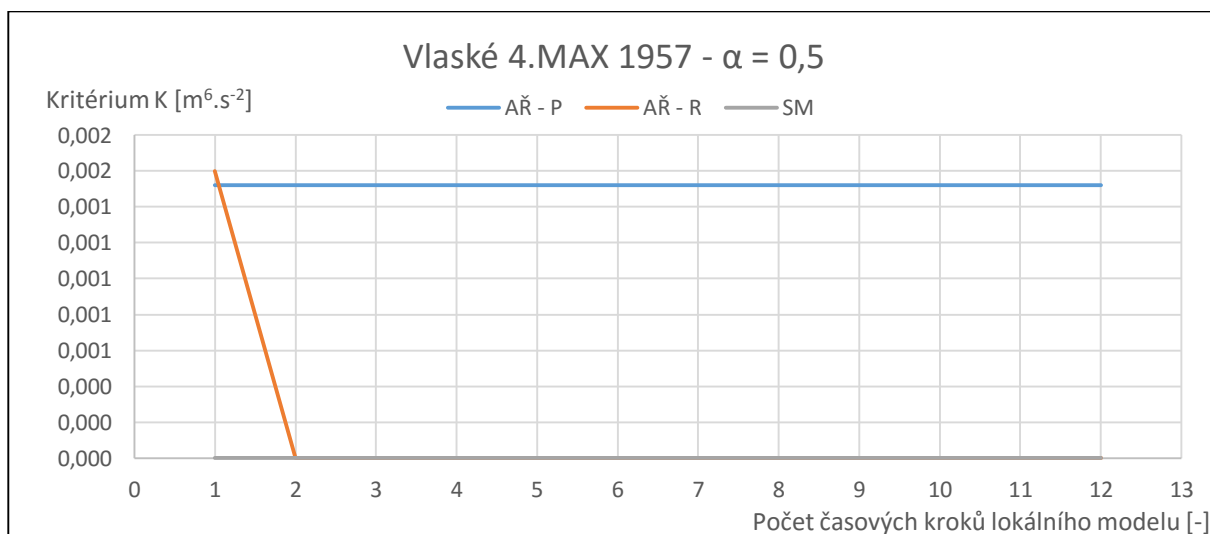


Obr. 155 - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 –  $\alpha = 0,9$

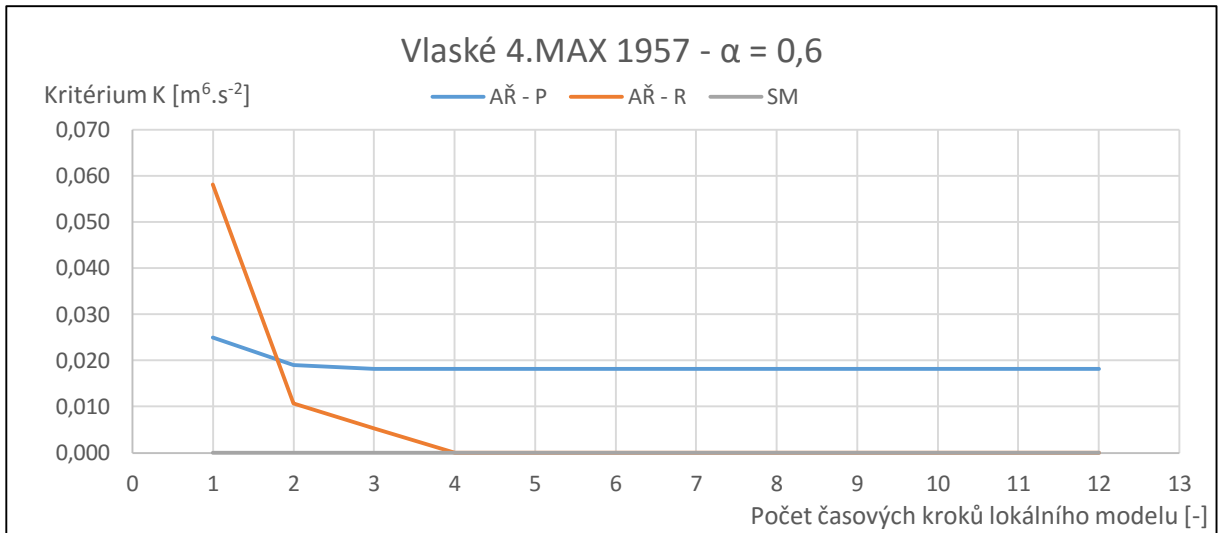
### 5.2.19. Profil Vlaské - 4. MAX 1957



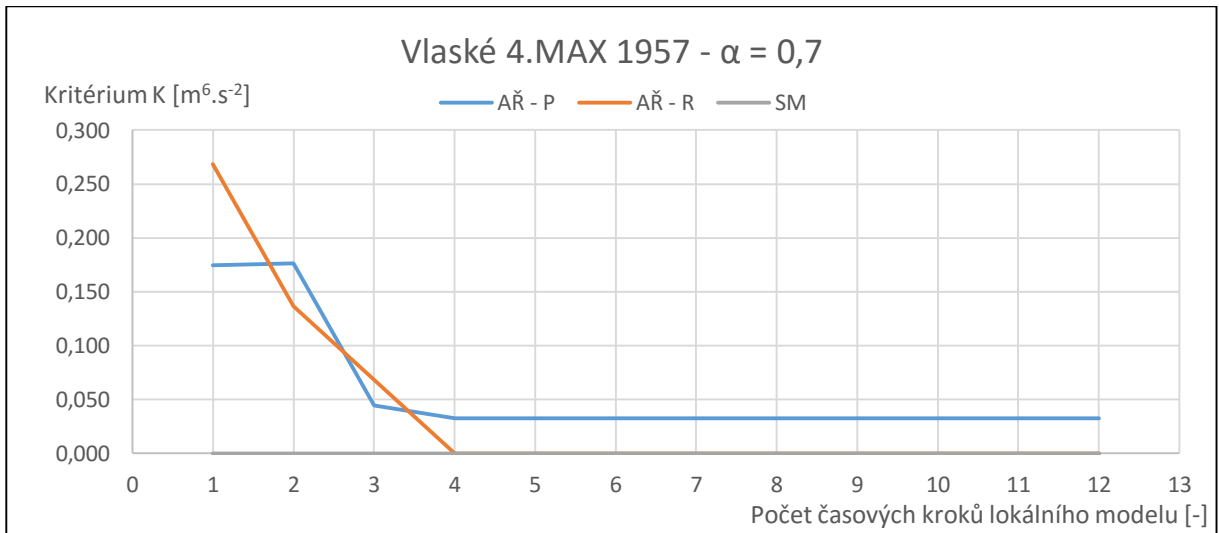
Obr. 156 - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 –  $\alpha = 0,4$



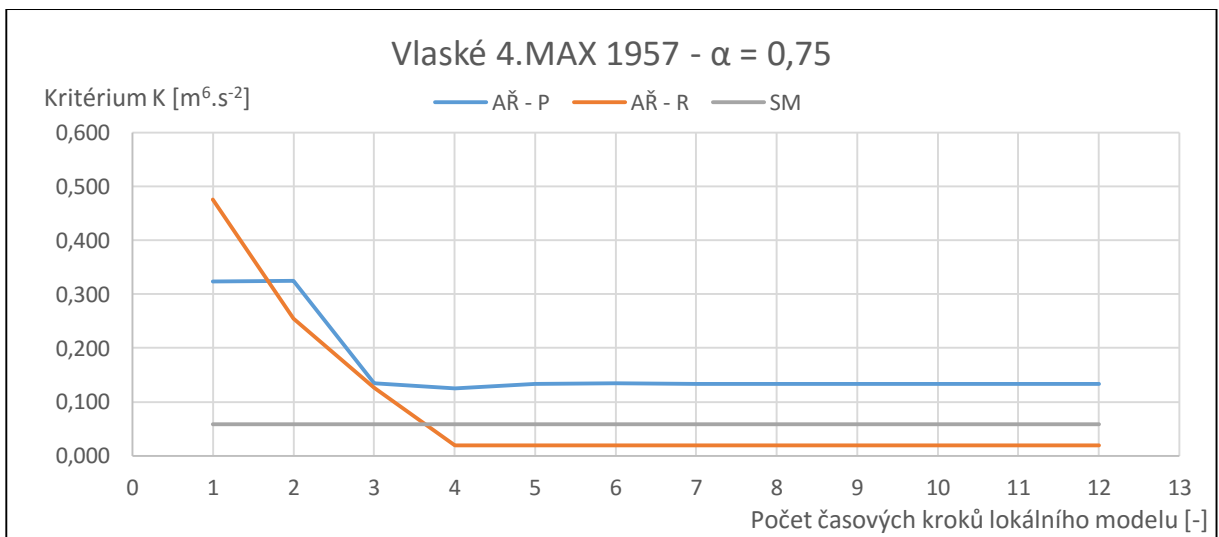
Obr. 157 - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 –  $\alpha = 0,5$



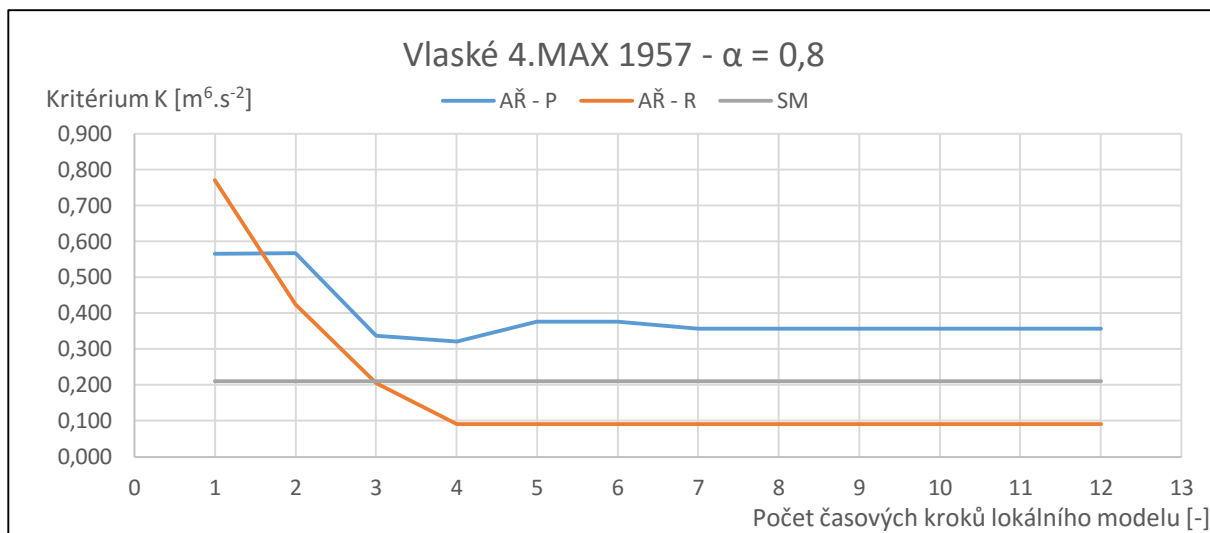
**Obr. 158** - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 –  $\alpha = 0,6$



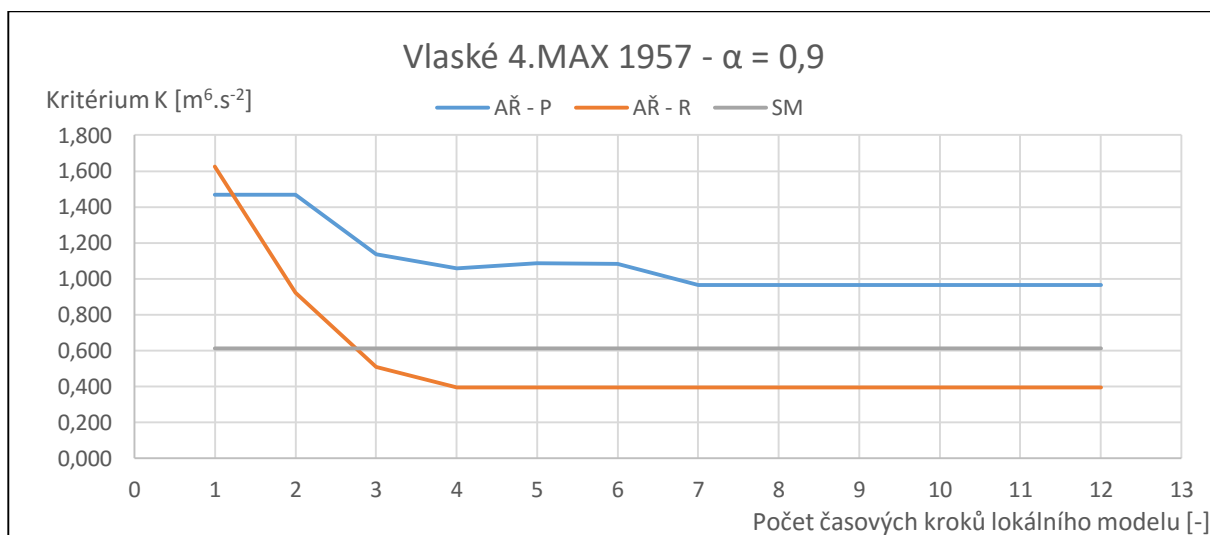
**Obr. 159** - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 160** - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 –  $\alpha = 0,75$

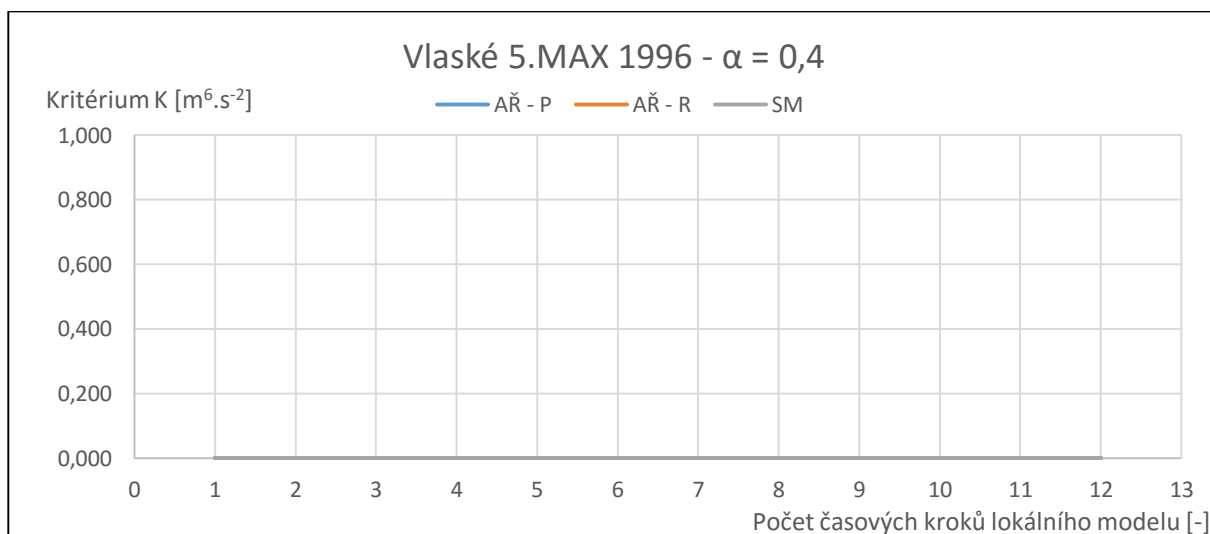


*Obr. 161 - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 –  $\alpha = 0,8$*

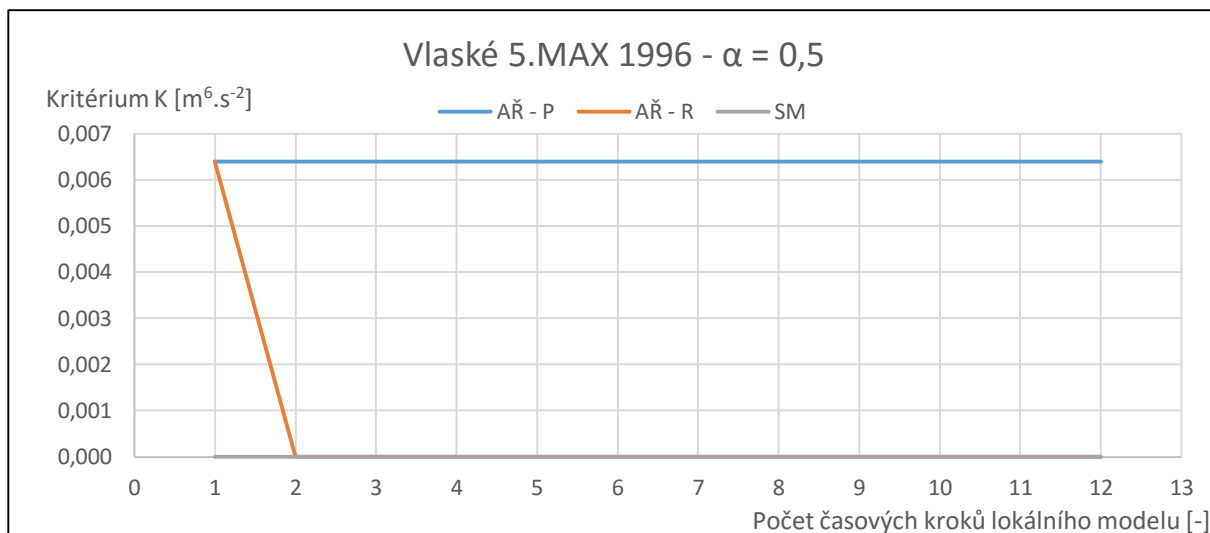


*Obr. 162 - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 –  $\alpha = 0,9$*

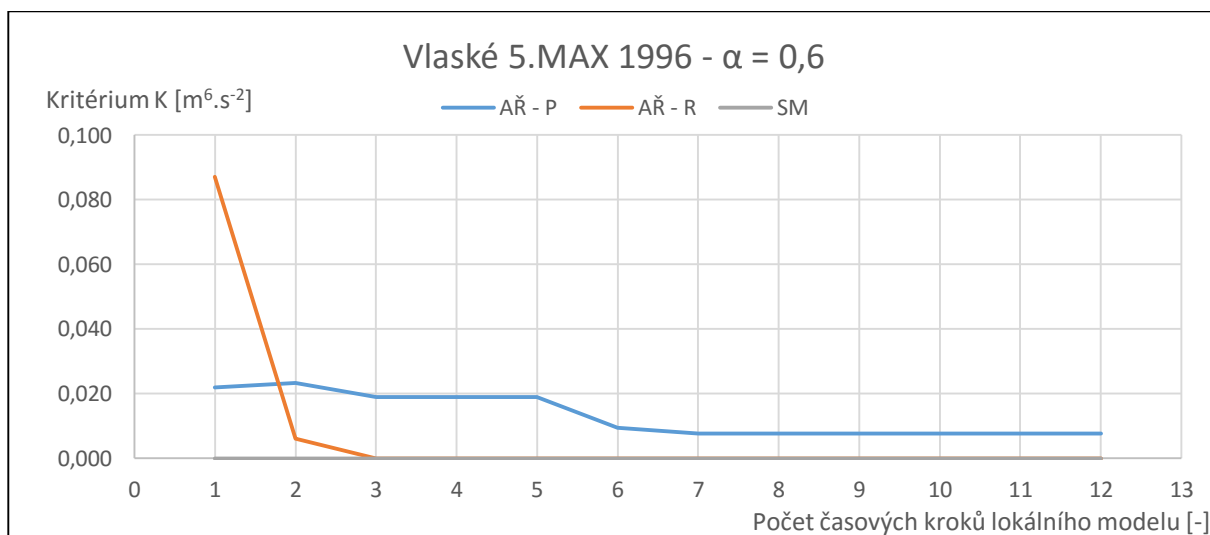
### 5.2.20. Profil Vlaské - 5. MAX 1996



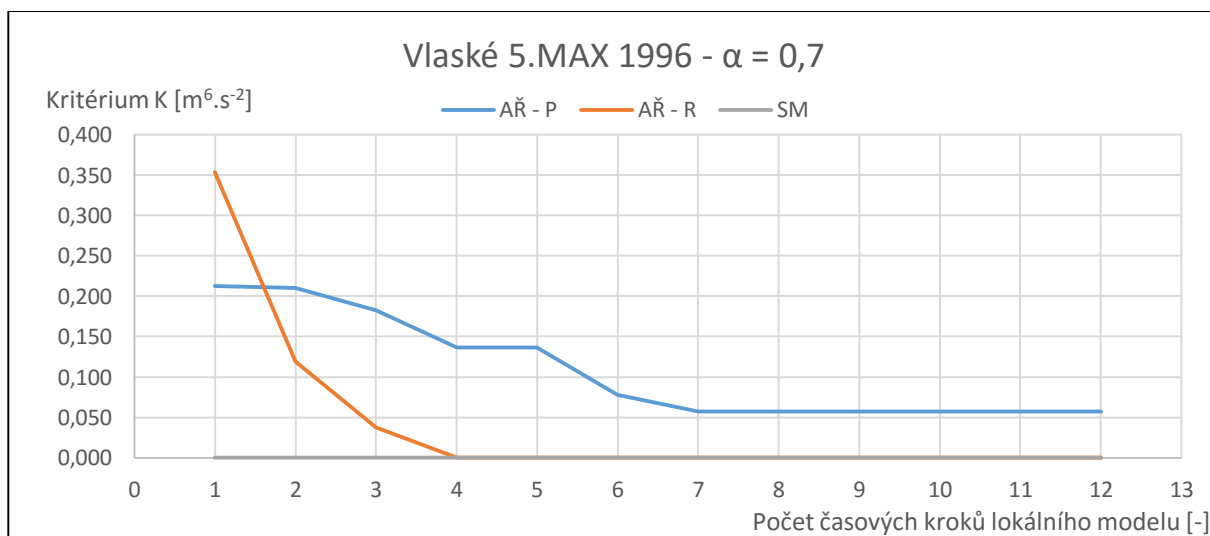
*Obr. 163 - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 –  $\alpha = 0,4$*



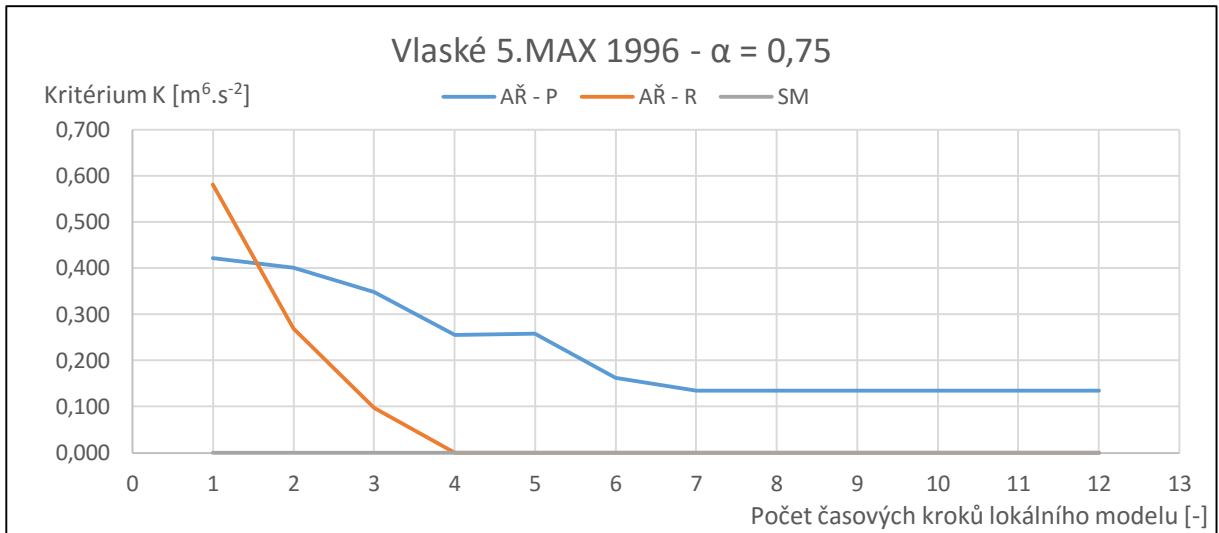
**Obr. 164** - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 –  $\alpha = 0,5$



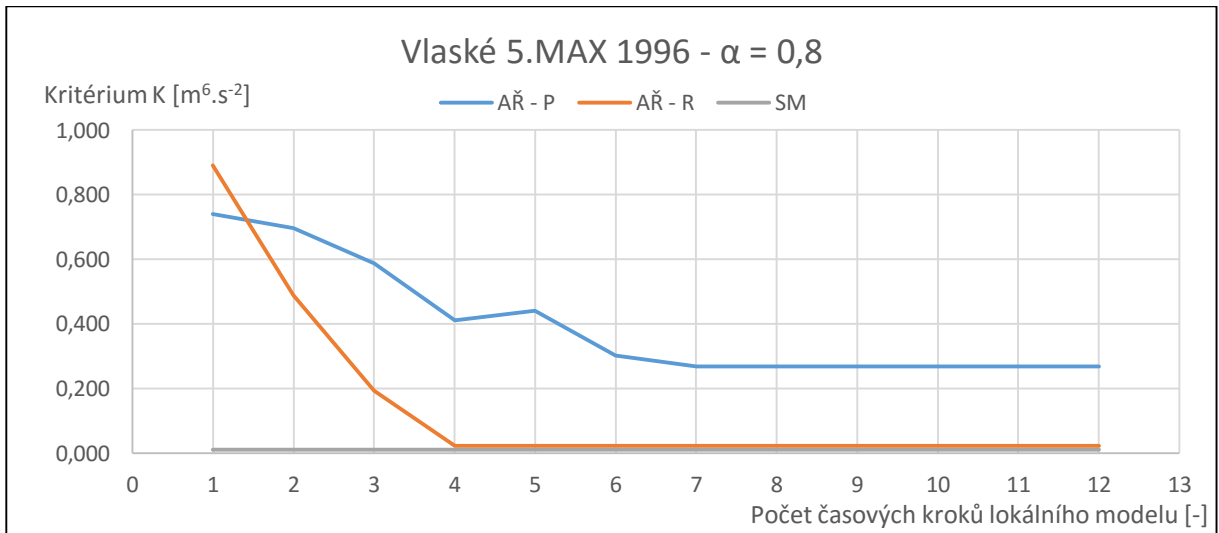
**Obr. 165** - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 –  $\alpha = 0,6$



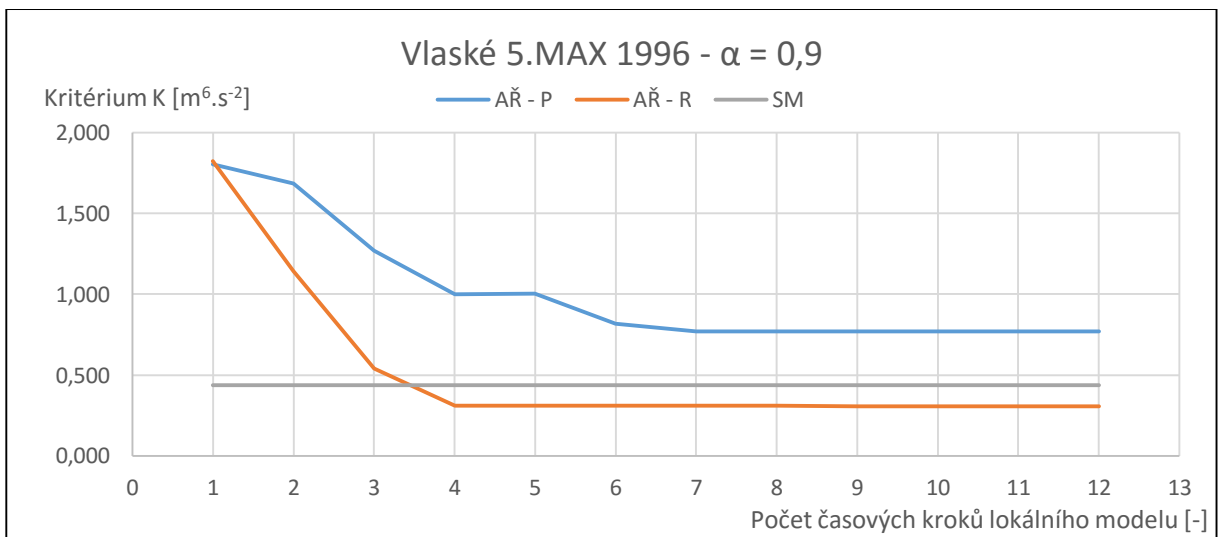
**Obr. 166** - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 167** - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 –  $\alpha = 0,75$

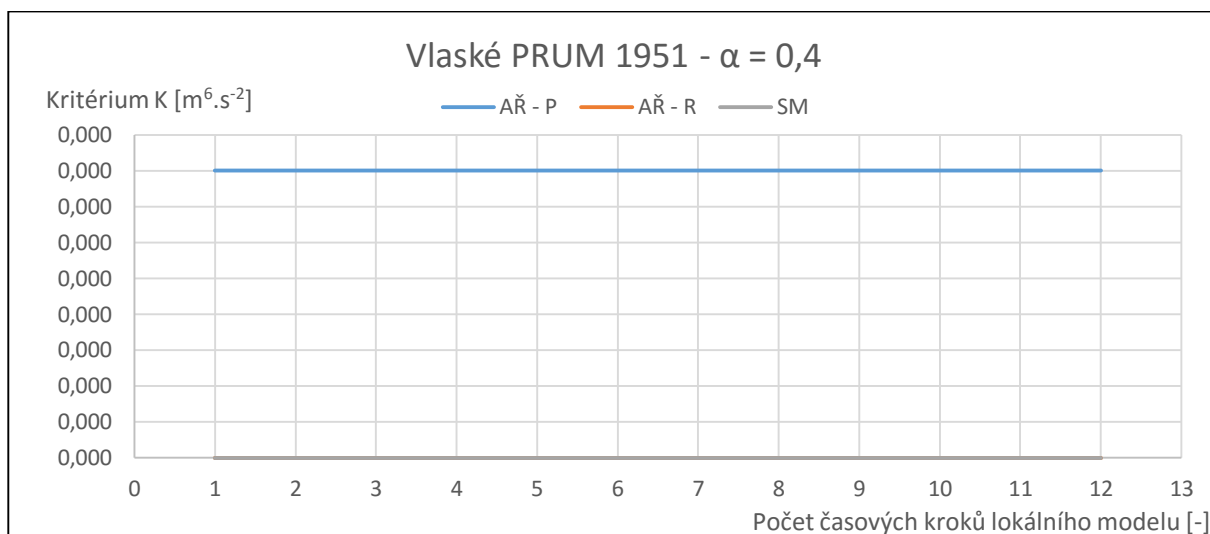


**Obr. 168** - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 –  $\alpha = 0,8$

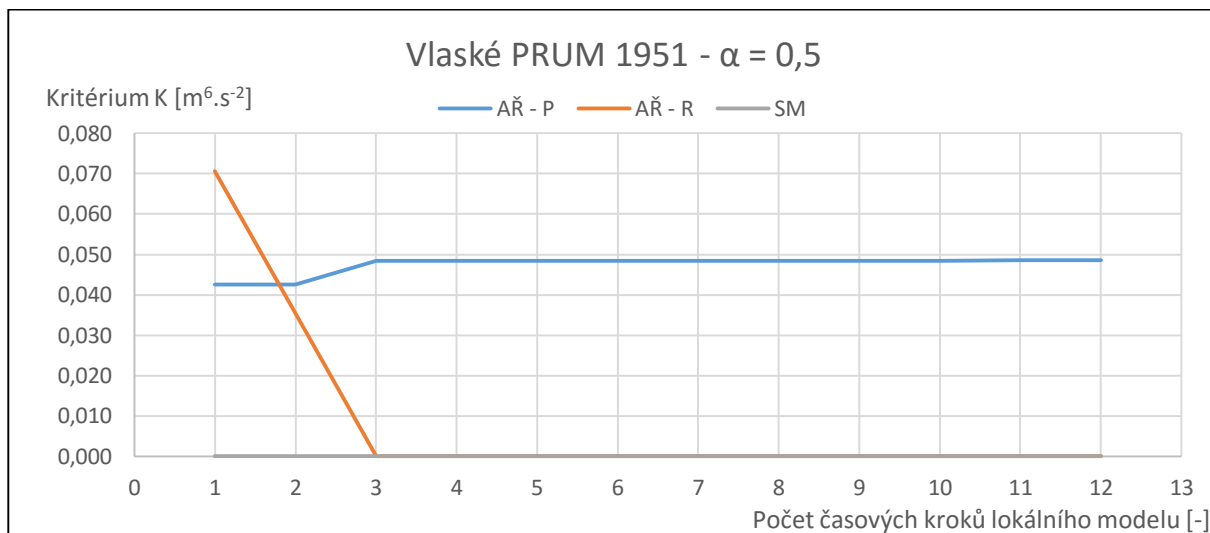


**Obr. 169** - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 –  $\alpha = 0,9$

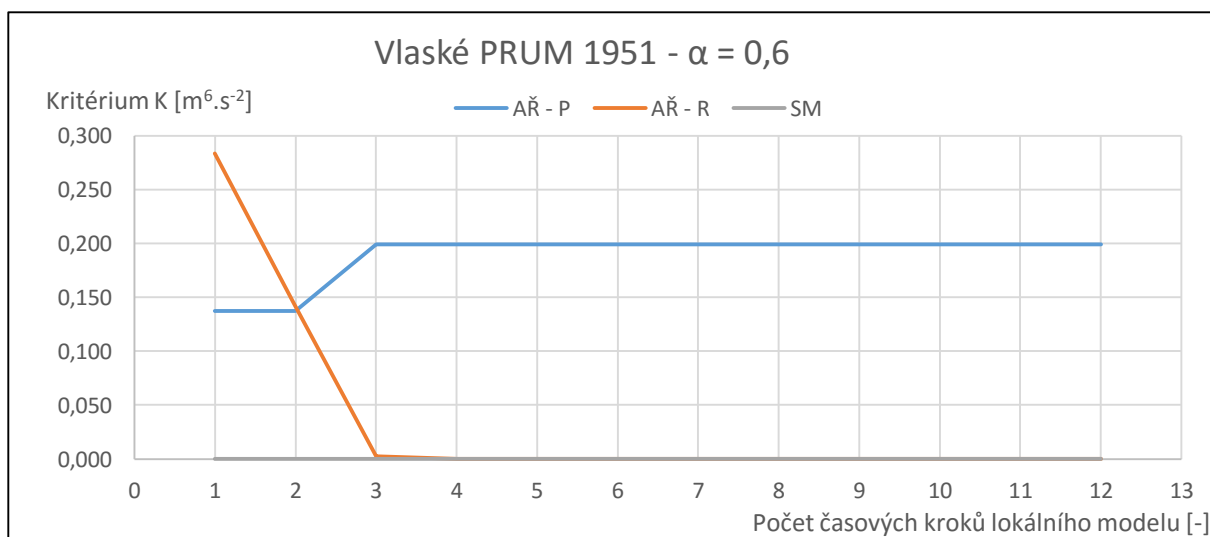
### 5.2.21. Profil Vlaské - PRUM 1951



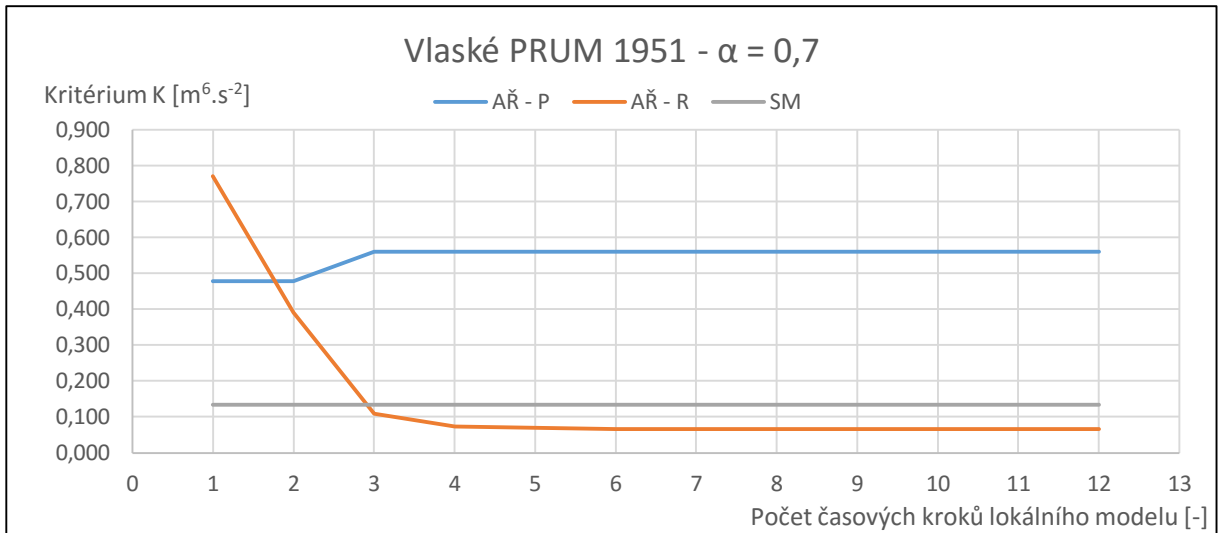
Obr. 170 - Profil Vlaské – PRUM 1951 –  $\alpha = 0,4$



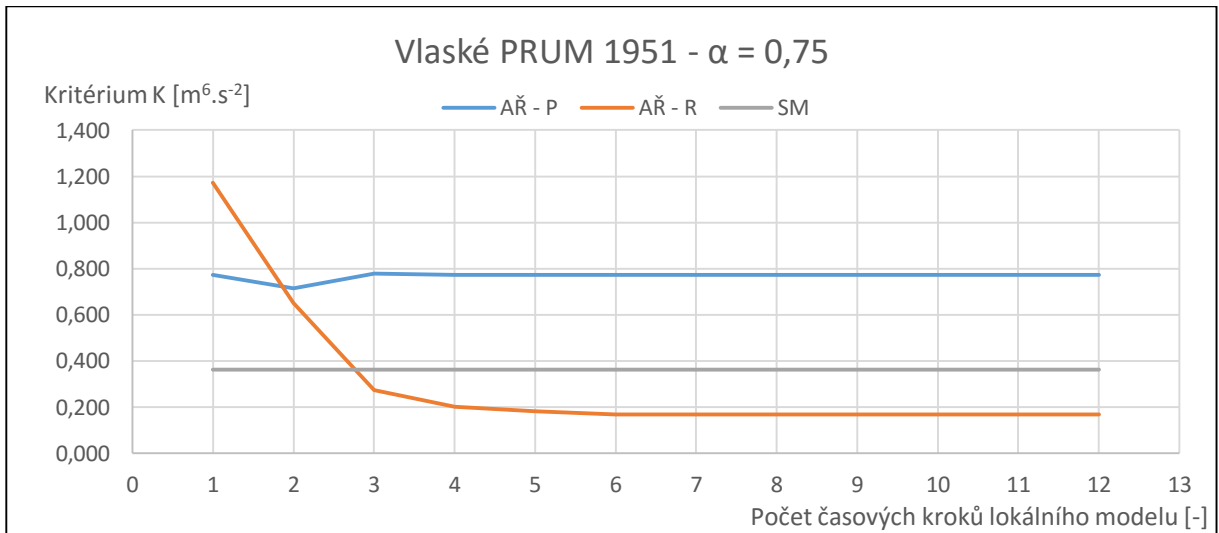
Obr. 171 - Profil Vlaské – PRUM 1951 –  $\alpha = 0,5$



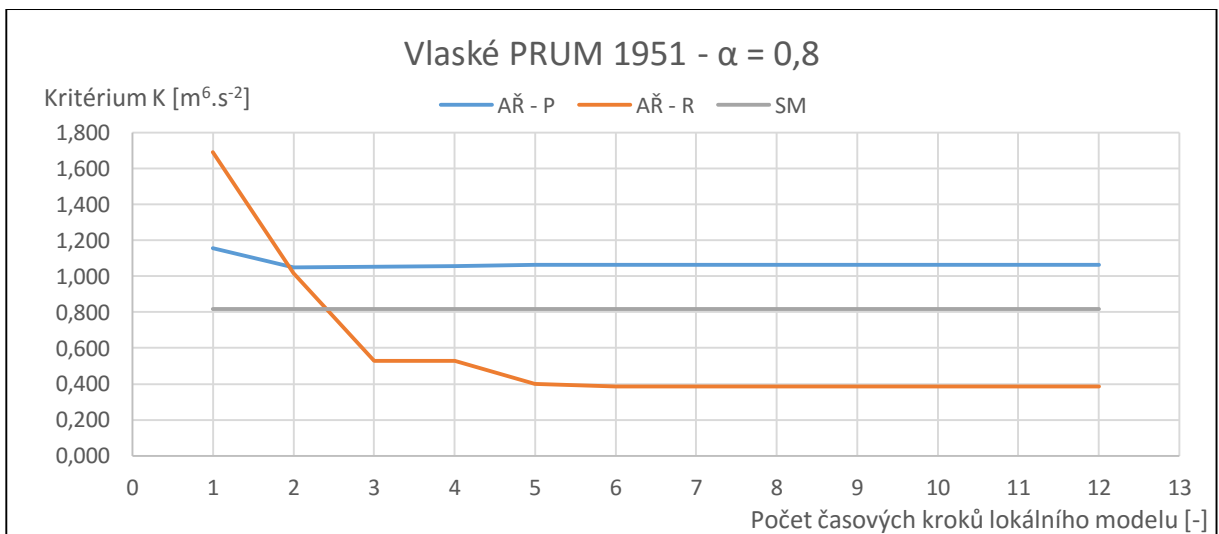
Obr. 172 - Profil Vlaské – PRUM 1951 –  $\alpha = 0,6$



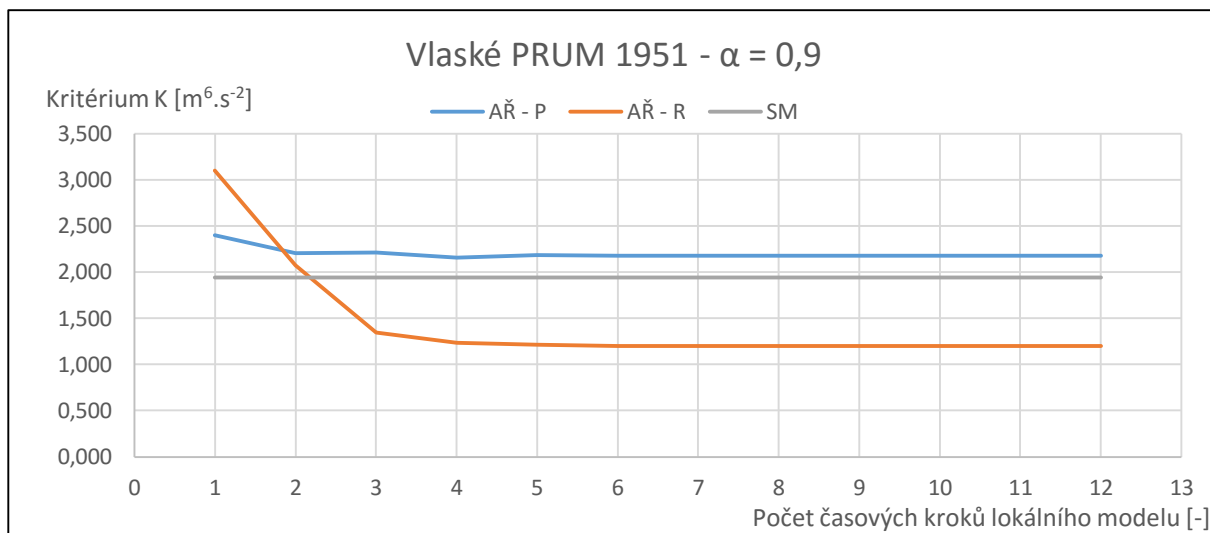
**Obr. 173 - Profil Vlaské – PRUM 1951 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 174 - Profil Vlaské – PRUM 1951 –  $\alpha = 0,75$**

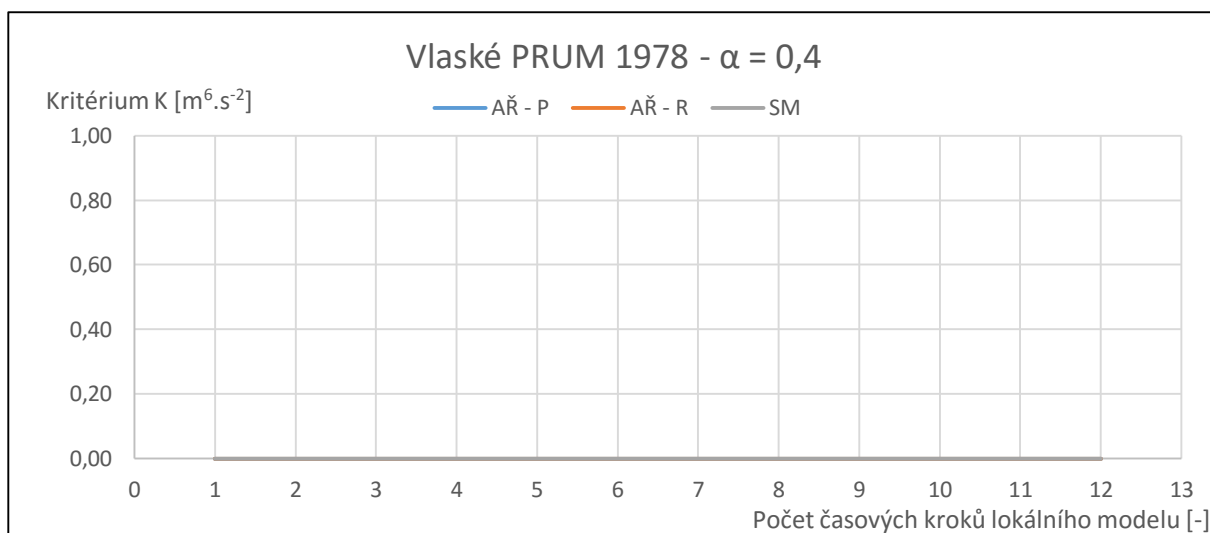


**Obr. 175 - Profil Vlaské – PRUM 1951 –  $\alpha = 0,8$**

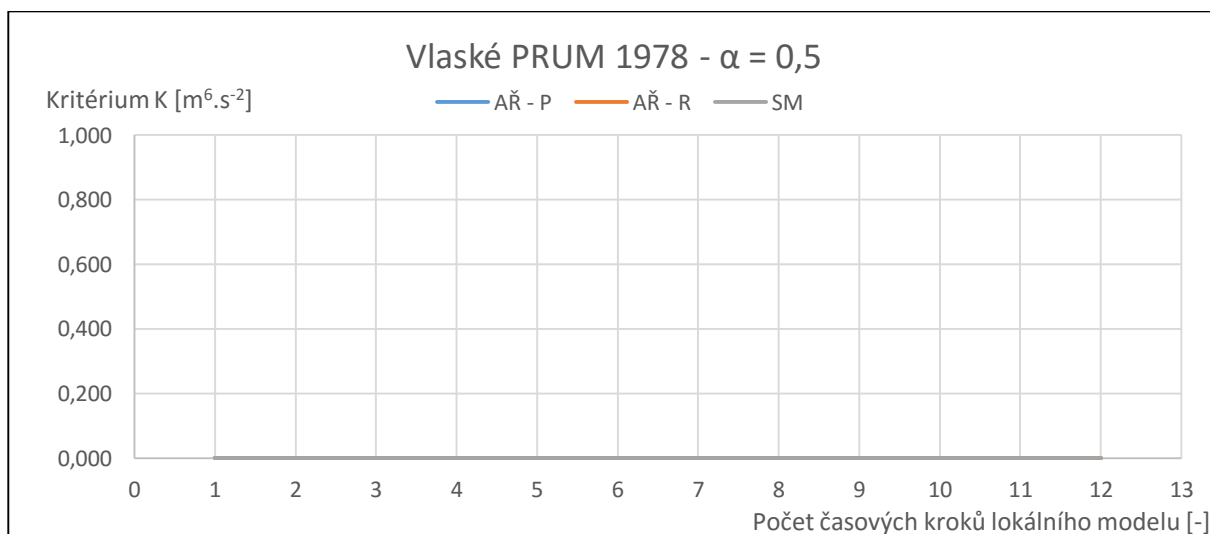


Obr. 176 - Profil Vlaské – PRUM 1951 –  $\alpha = 0,9$

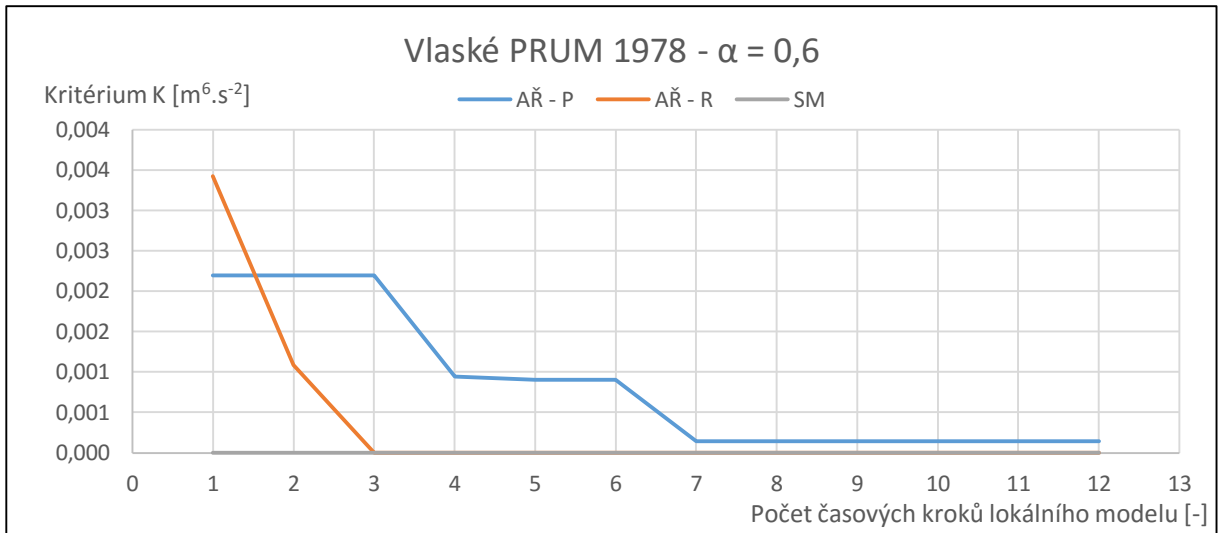
### 5.2.22. Profil Vlaské - PRUM 1978



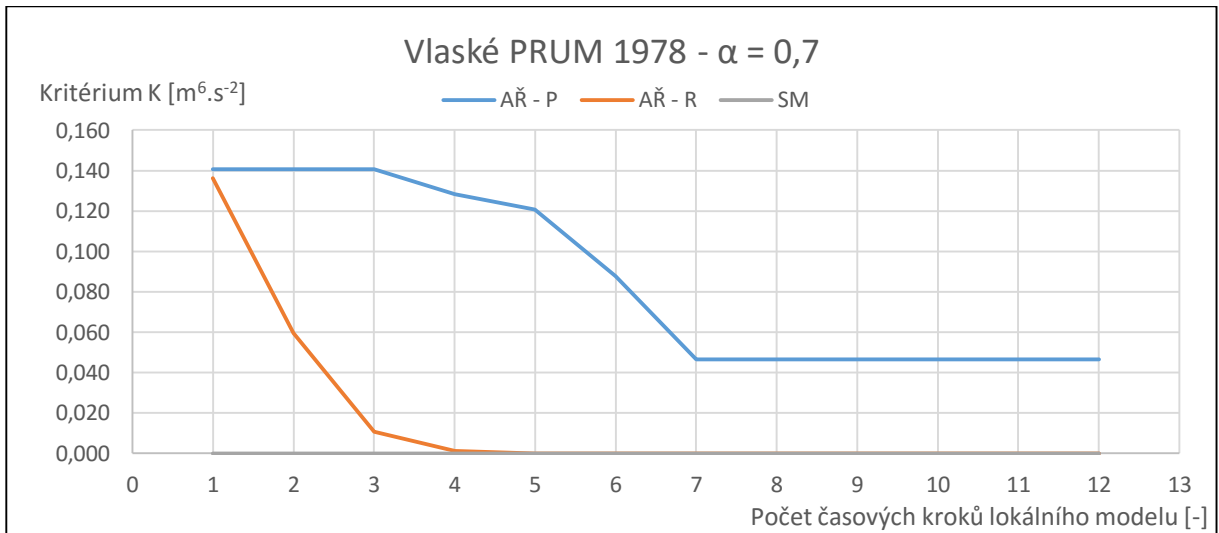
Obr. 177 - Profil Vlaské – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,4$



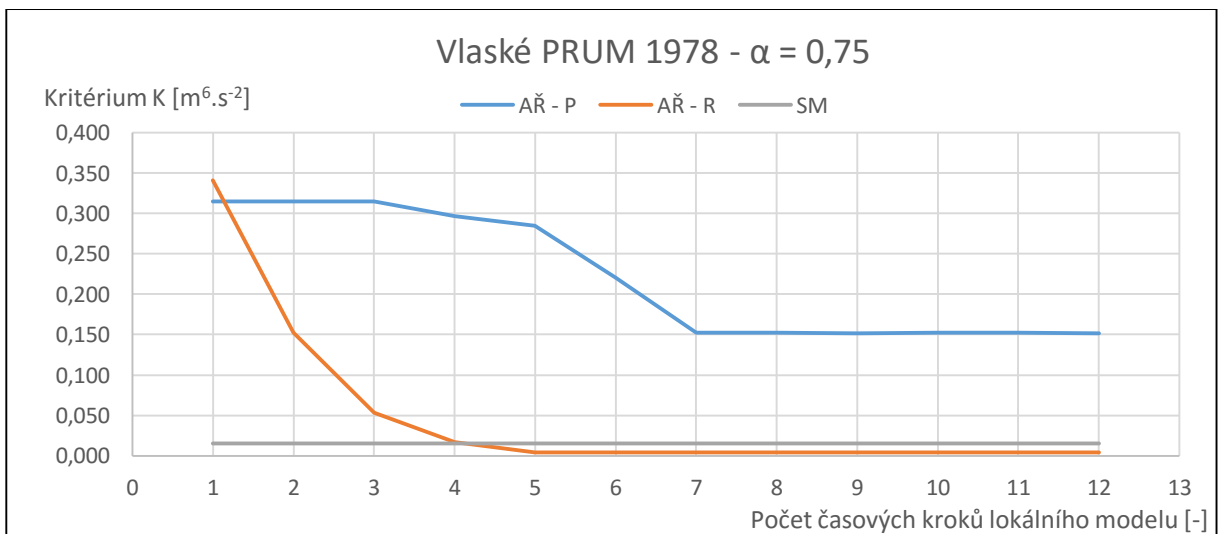
Obr. 178 - Profil Vlaské – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,5$



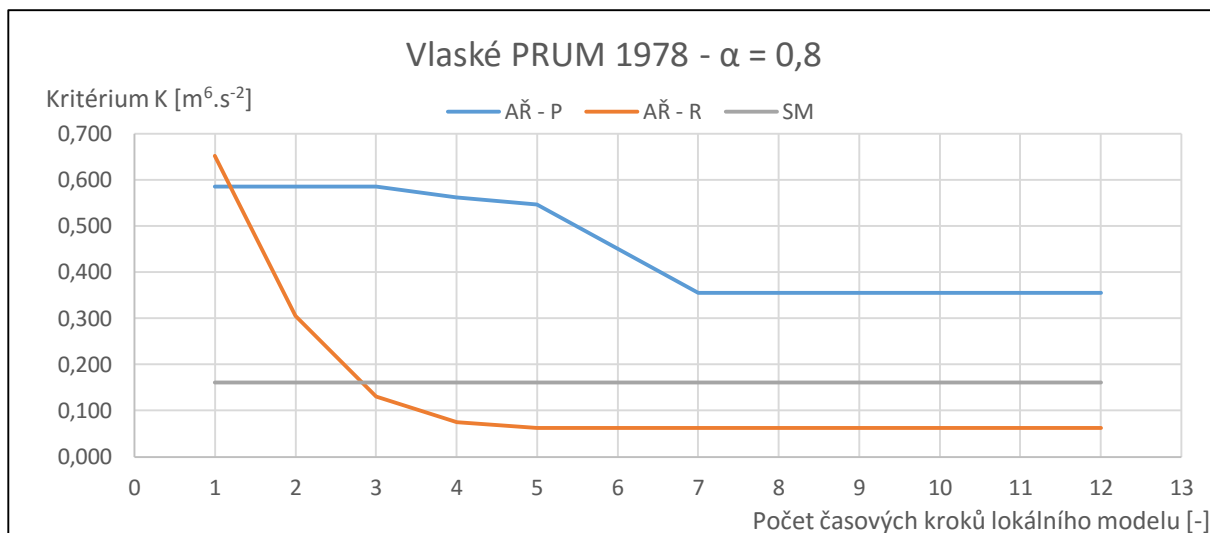
**Obr. 179 - Profil Vlaské – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,6$**



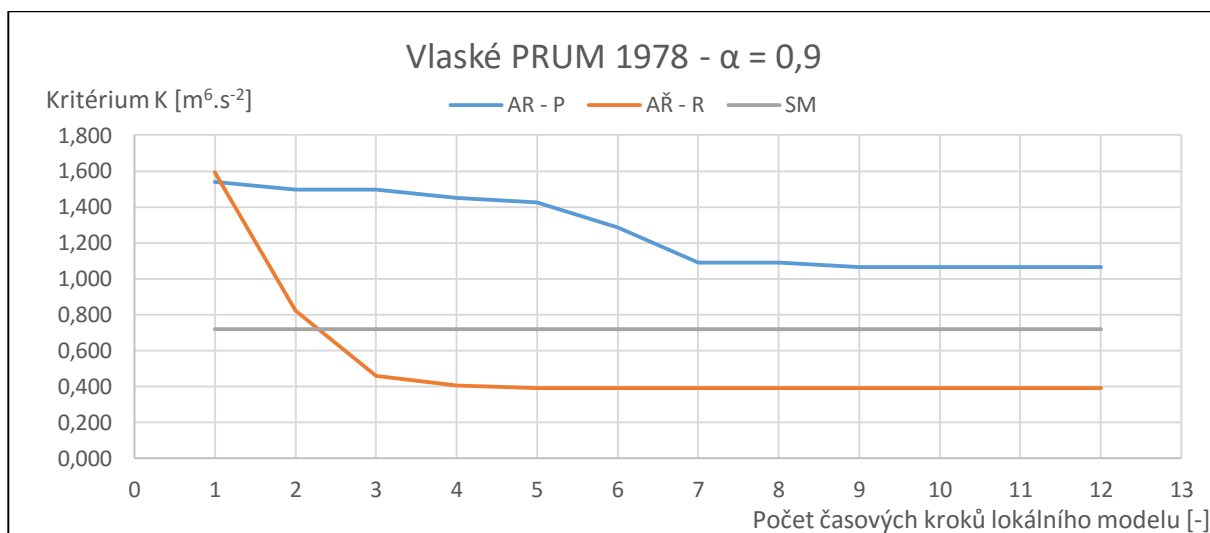
**Obr. 180 - Profil Vlaské – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 181 - Profil Vlaské – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,75$**

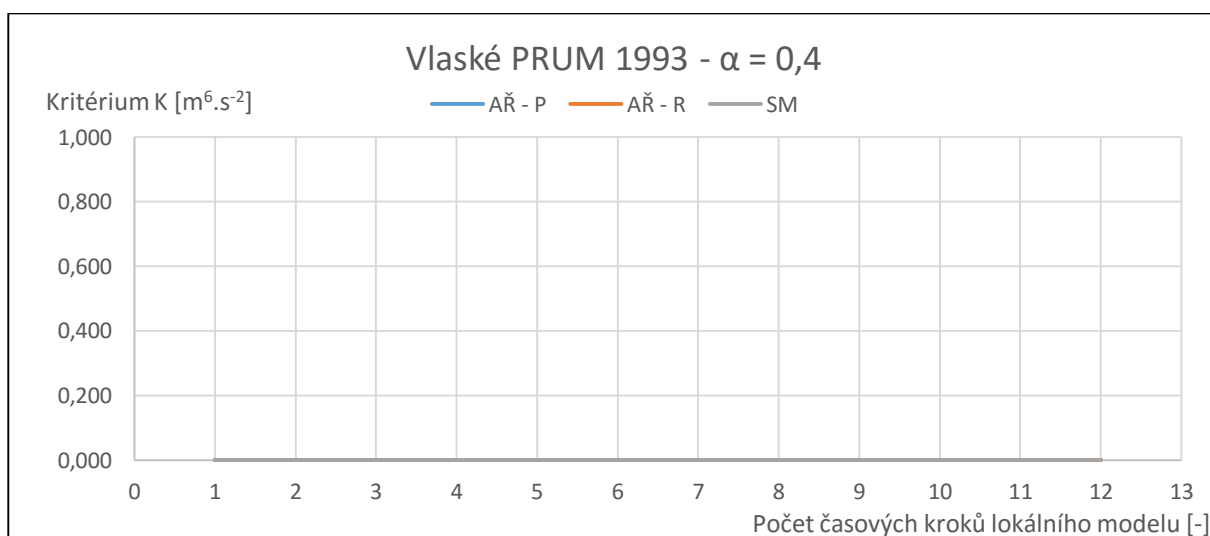


*Obr. 182 - Profil Vlaské – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,8$*

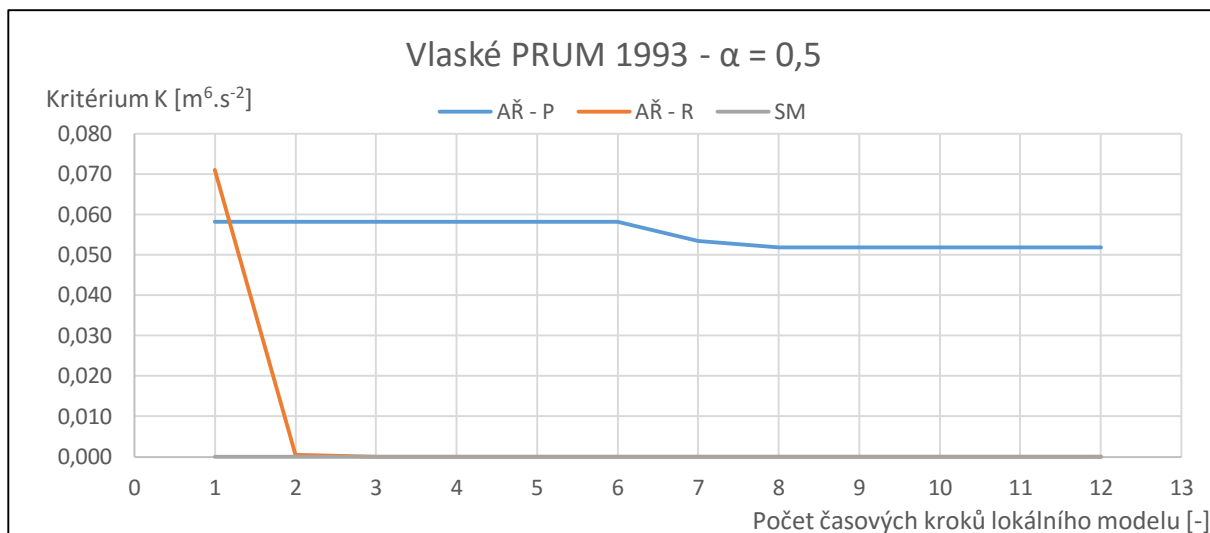


*Obr. 183 - Profil Vlaské – PRUM 1978 –  $\alpha = 0,9$*

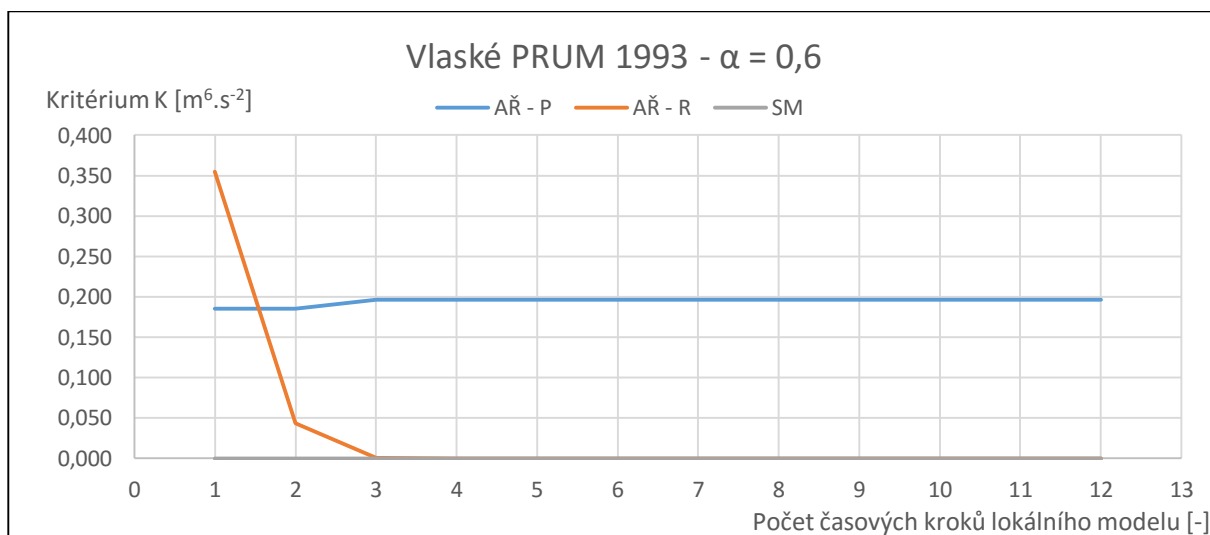
### 5.2.23. Profil Vlaské - PRUM 1993



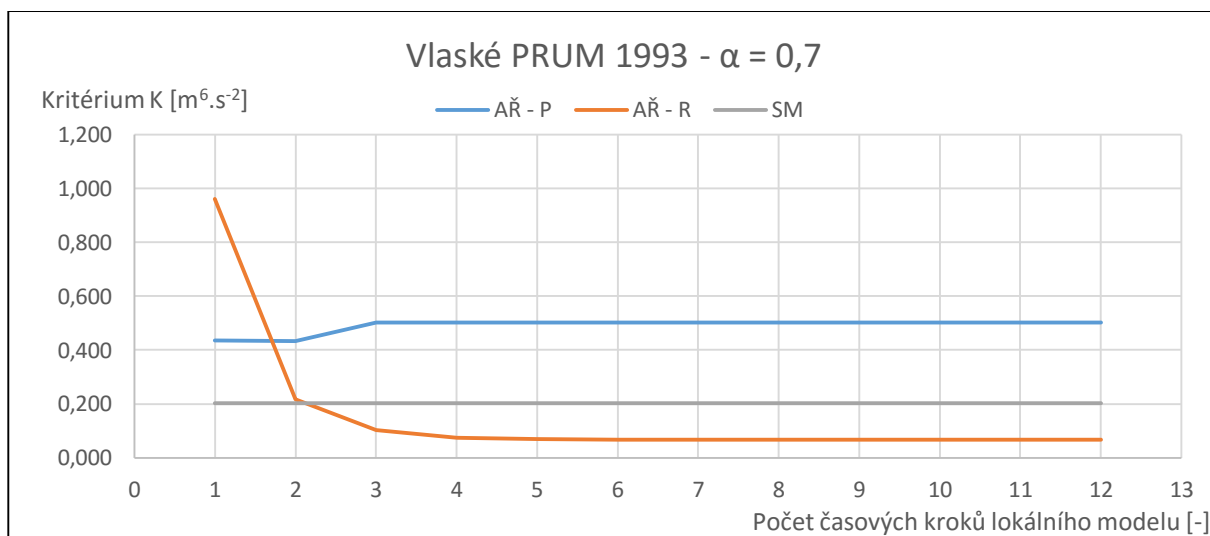
*Obr. 184 - Profil Vlaské – PRUM 1993 –  $\alpha = 0,4$*



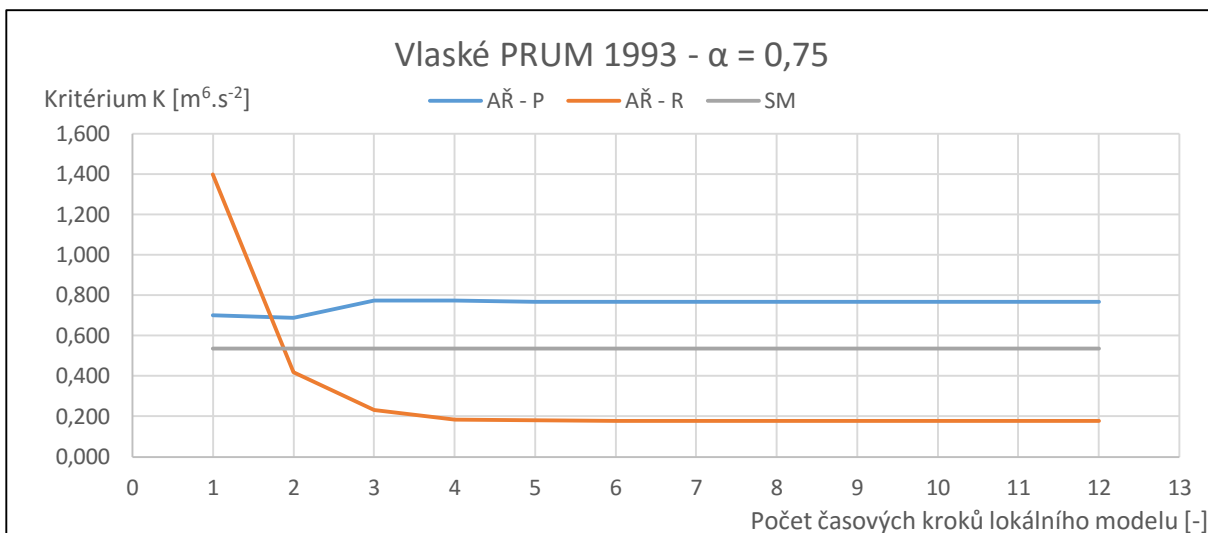
**Obr. 185 - Profil Vlaské – PRUM 1993 –  $\alpha = 0,5$**



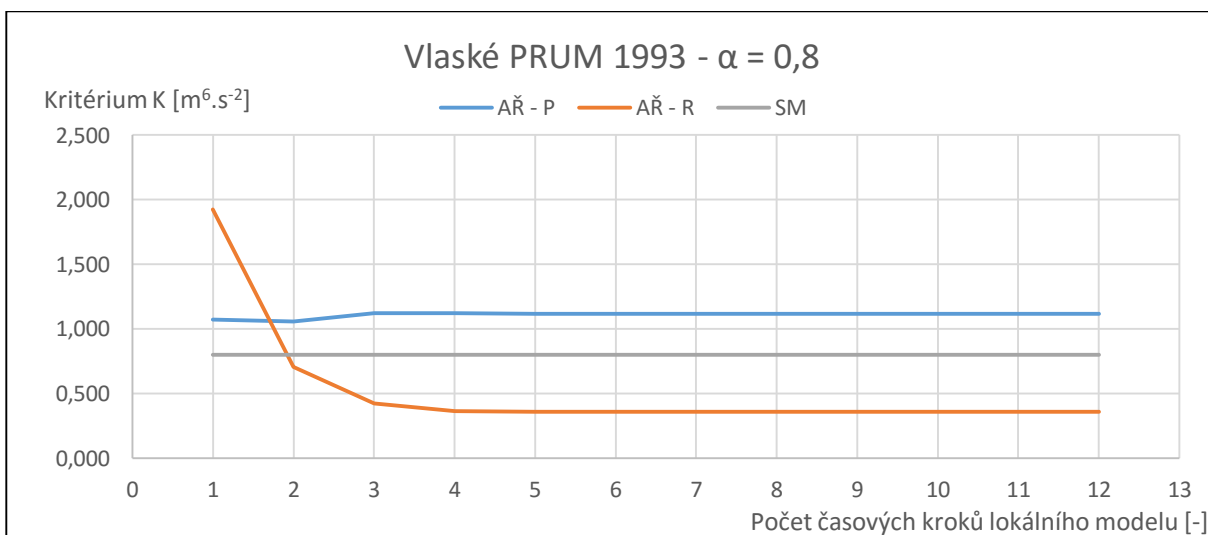
**Obr. 186 - Profil Vlaské – PRUM 1993 –  $\alpha = 0,6$**



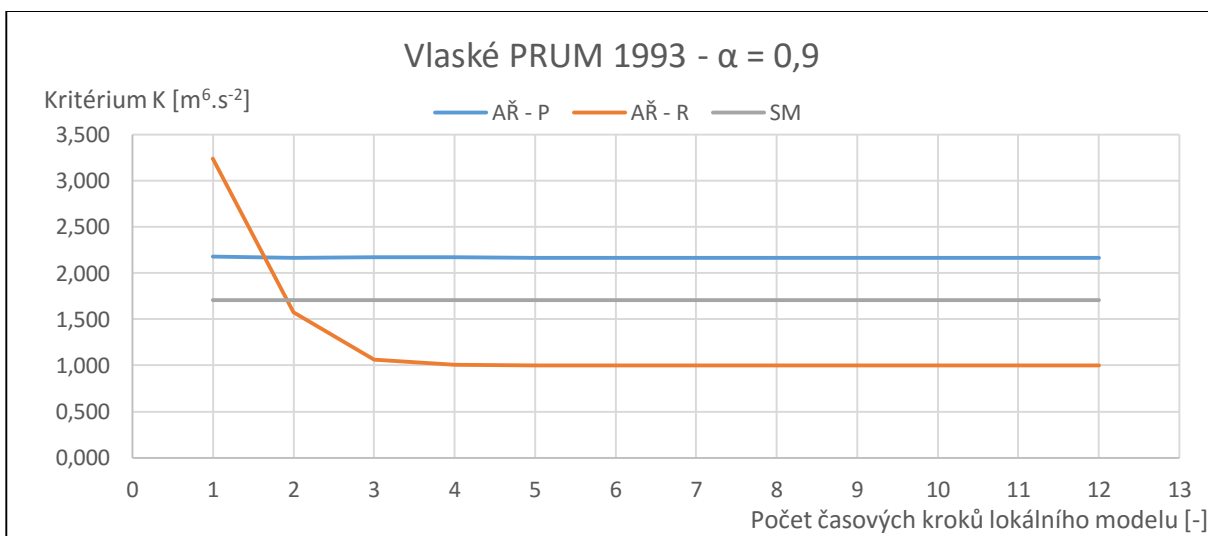
**Obr. 187 - Profil Vlaské – PRUM 1993 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 188** - Profil Vlaské – PRUM 1993 –  $\alpha = 0,75$

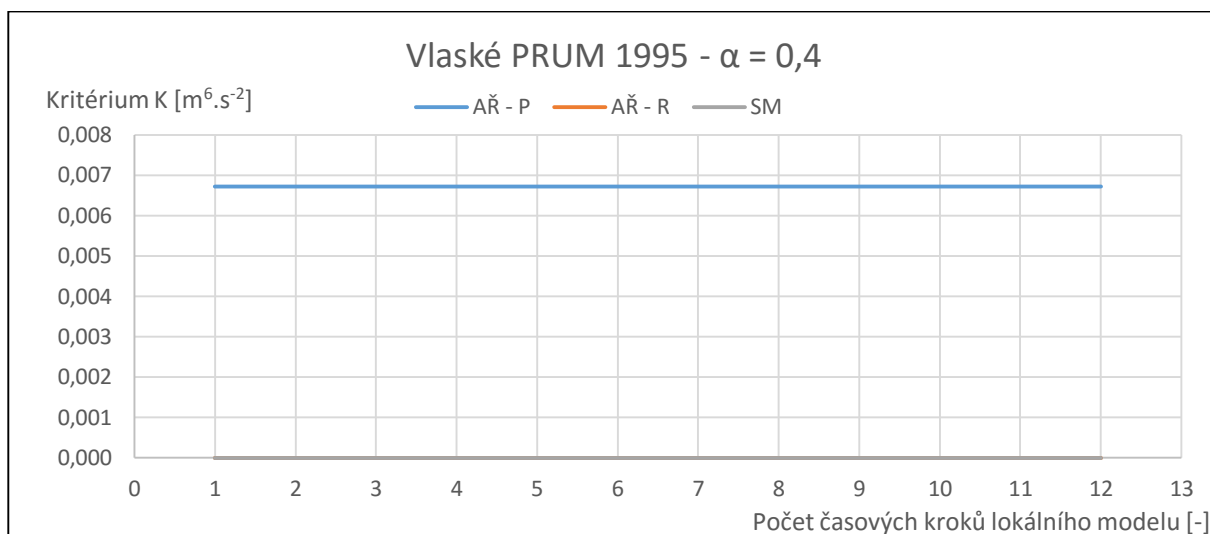


**Obr. 189** - Profil Vlaské – PRUM 1993 –  $\alpha = 0,8$

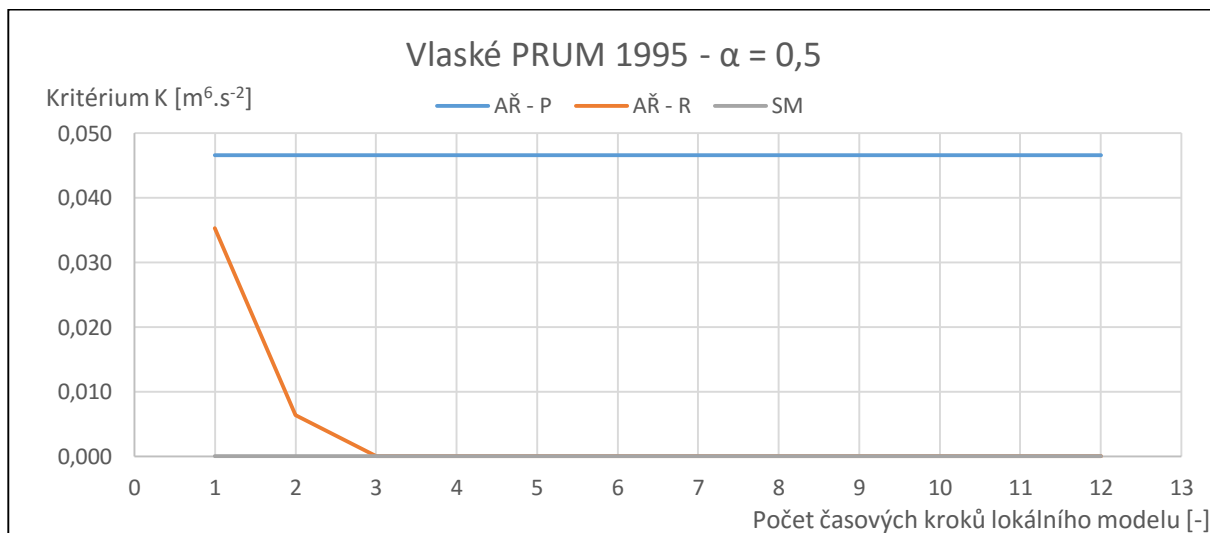


**Obr. 190** - Profil Vlaské – PRUM 1993 –  $\alpha = 0,9$

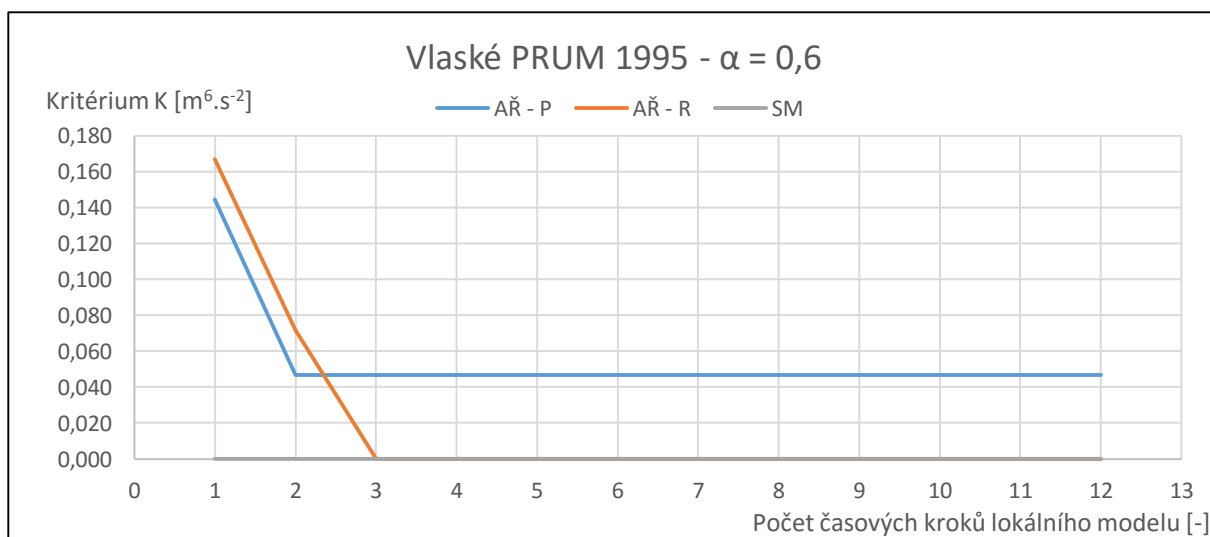
### 5.2.24. Profil Vlaské - PRUM 1995



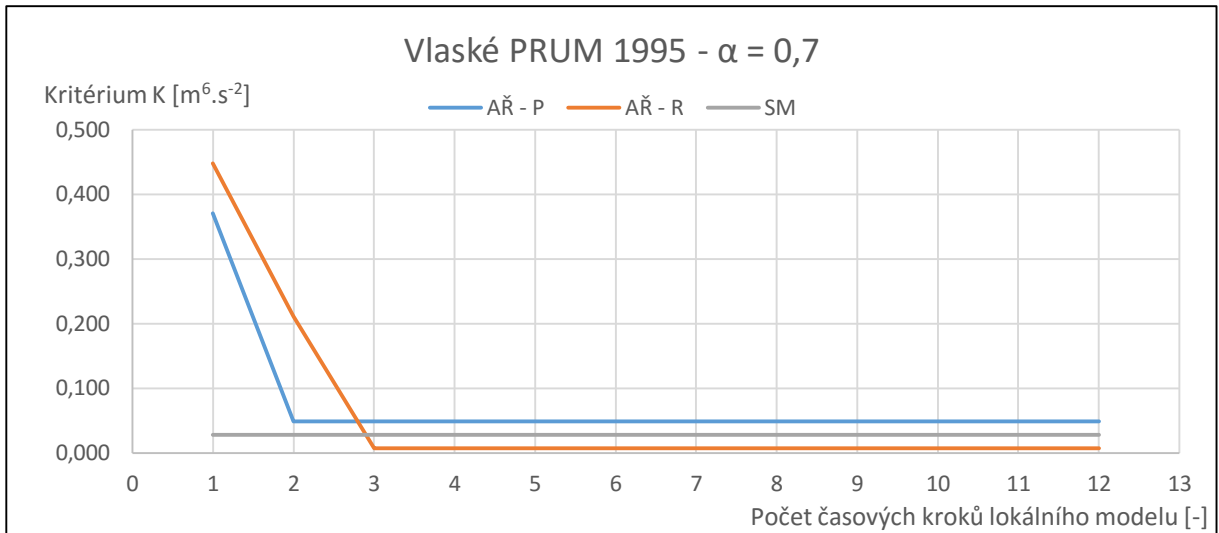
Obr. 191 - Profil Vlaské – PRUM 1995 –  $\alpha = 0,4$



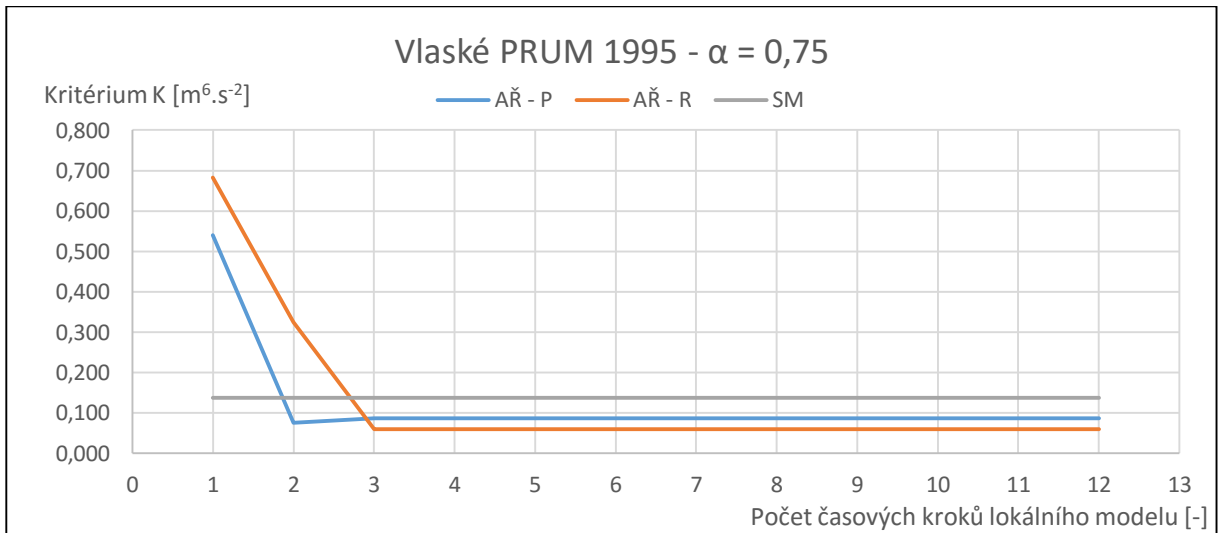
Obr. 192 - Profil Vlaské – PRUM 1995 –  $\alpha = 0,5$



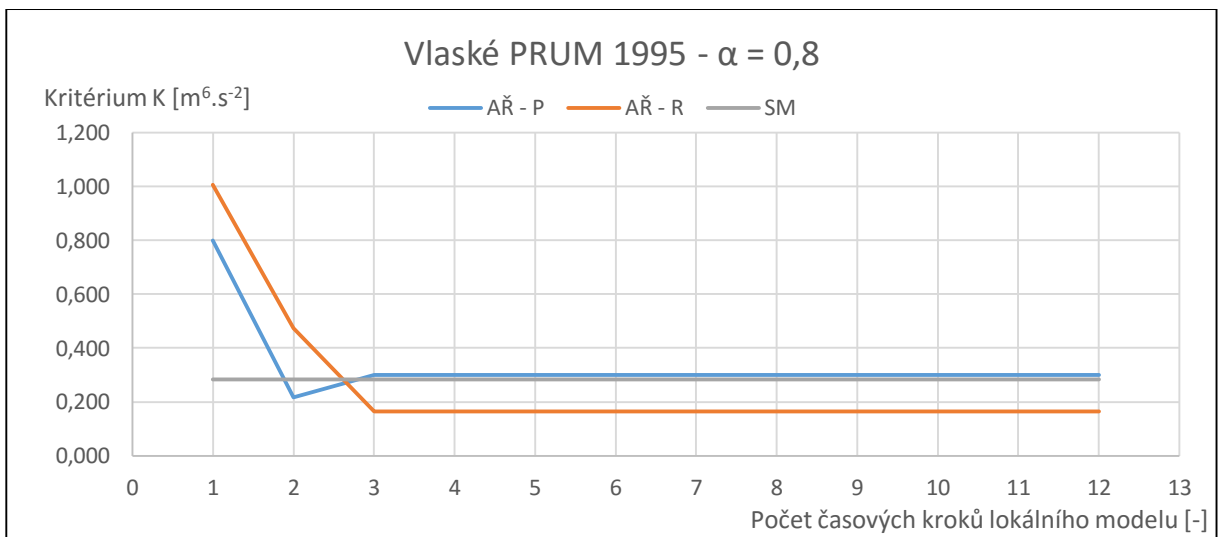
Obr. 193 - Profil Vlaské – PRUM 1995 –  $\alpha = 0,6$



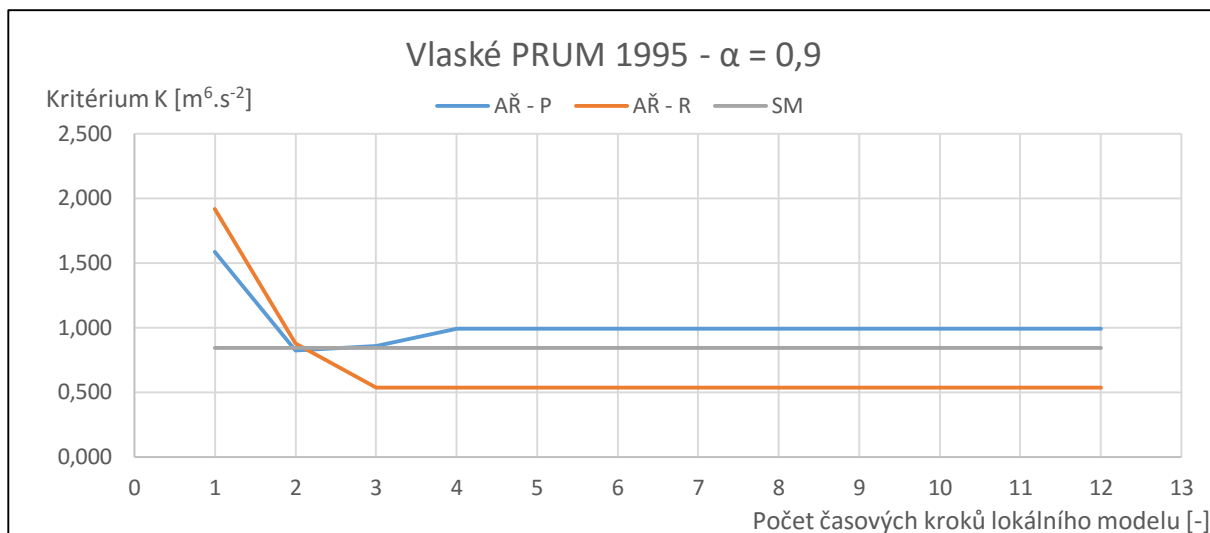
**Obr. 194 - Profil Vlaské – PRUM 1995 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 195 - Profil Vlaské – PRUM 1995 –  $\alpha = 0,75$**

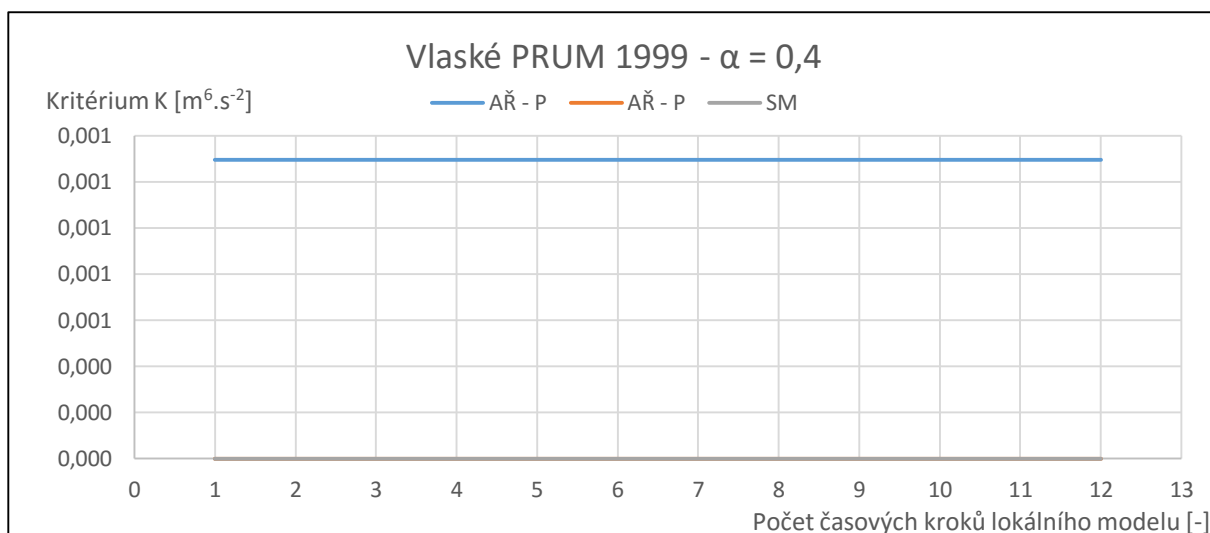


**Obr. 196 - Profil Vlaské – PRUM 1995 –  $\alpha = 0,8$**

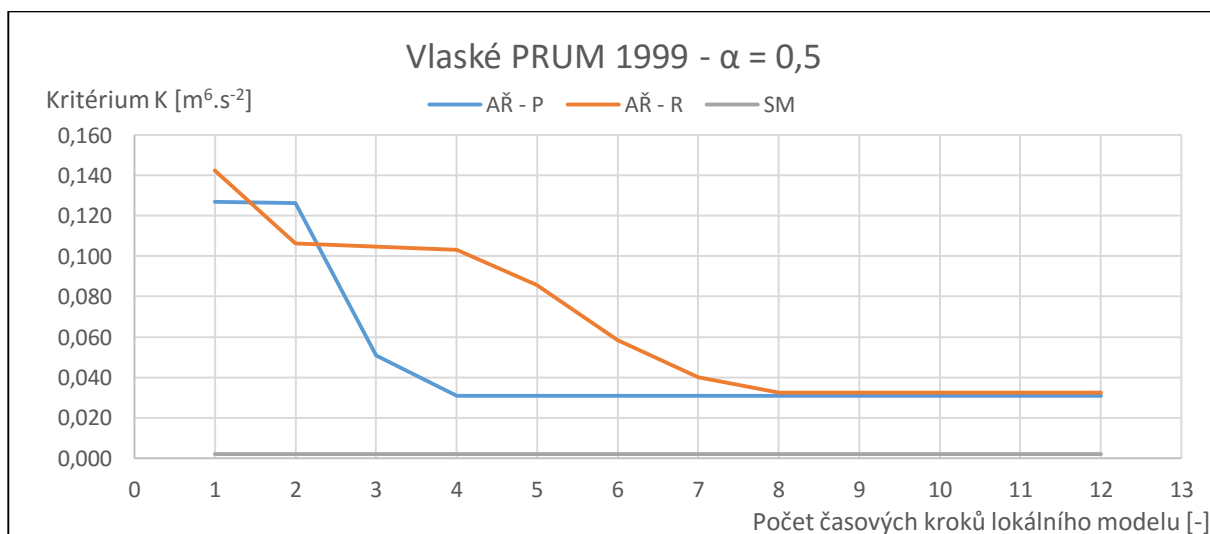


Obr. 197 - Profil Vlaské – PRUM 1995 –  $\alpha = 0,9$

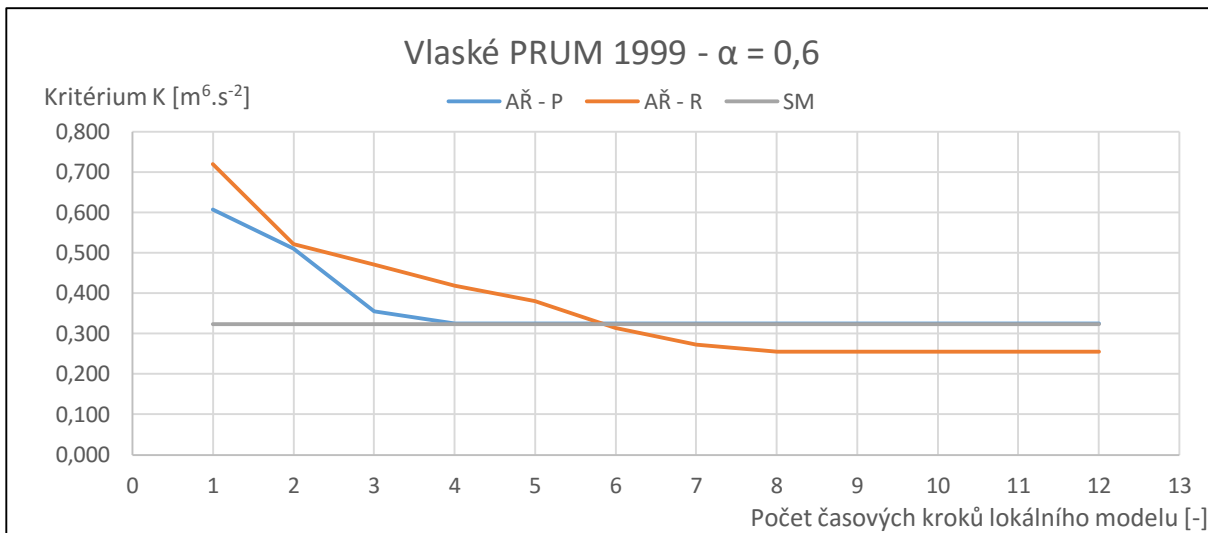
### 5.2.25. Profil Vlaské - PRUM 1999



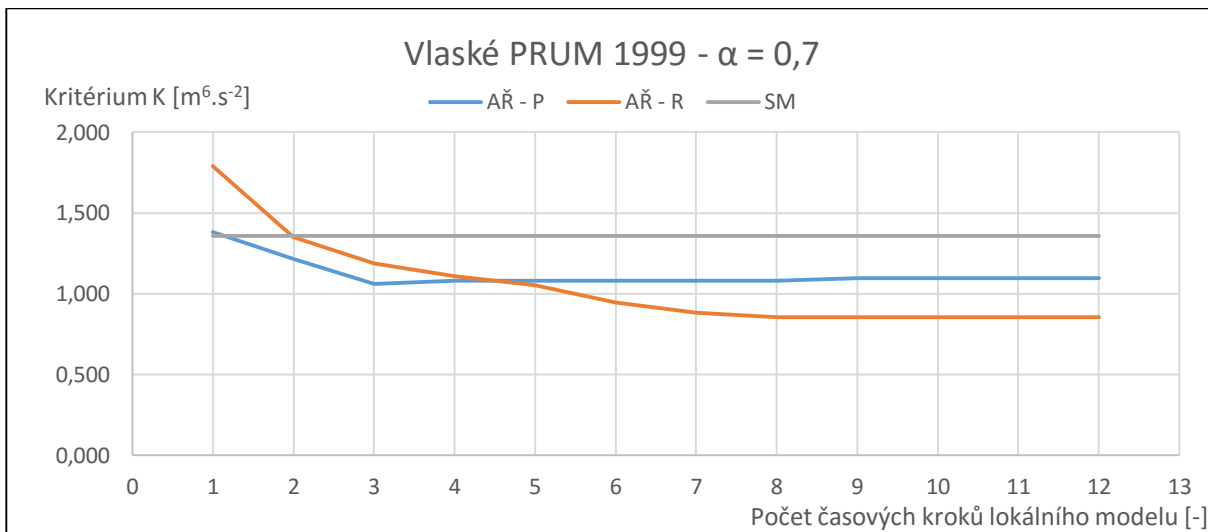
Obr. 198 - Profil Vlaské – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,4$



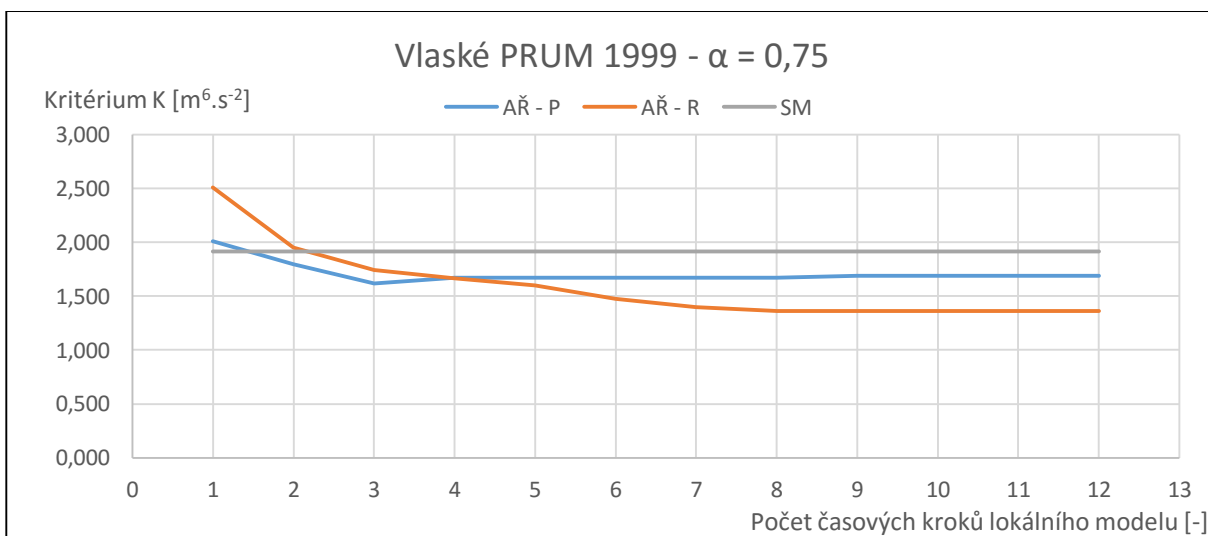
Obr. 199 - Profil Vlaské – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,5$



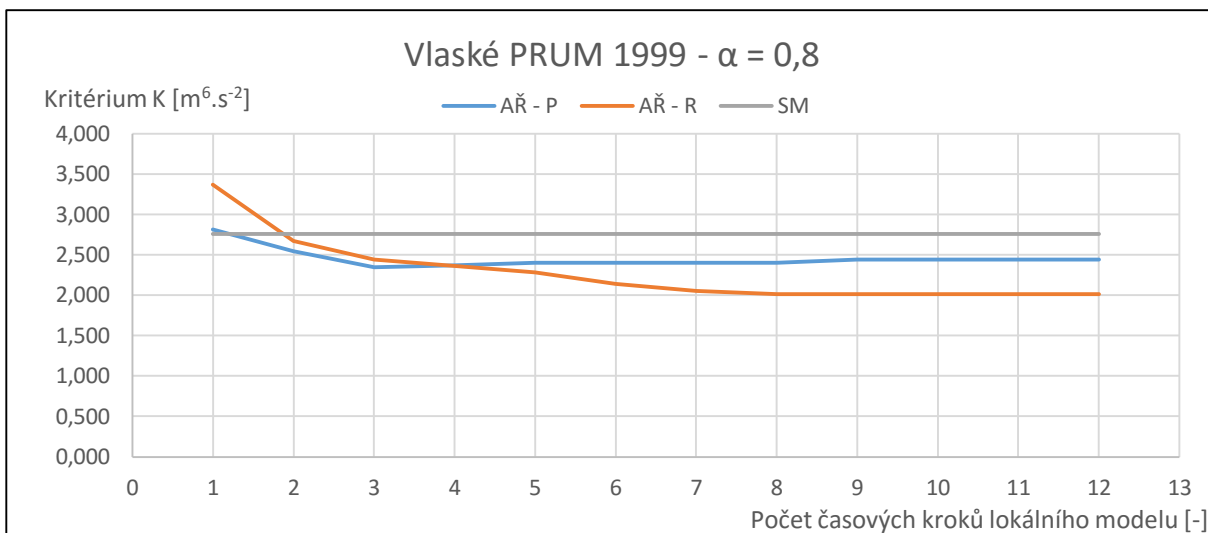
**Obr. 200** - Profil Vlaské – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,6$



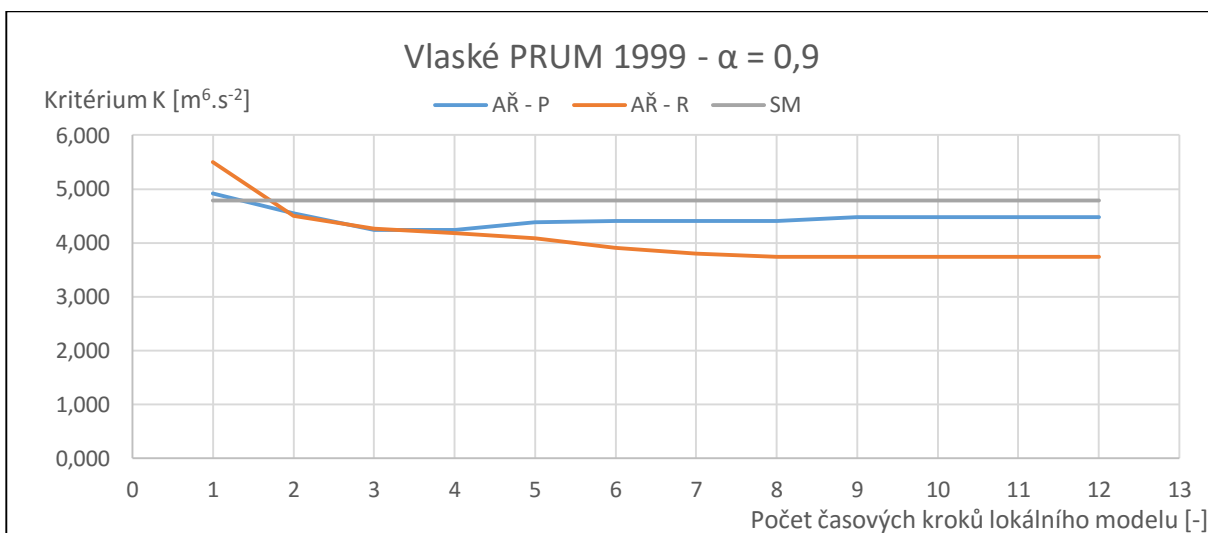
**Obr. 201** - Profil Vlaské – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 202** - Profil Vlaské – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,75$

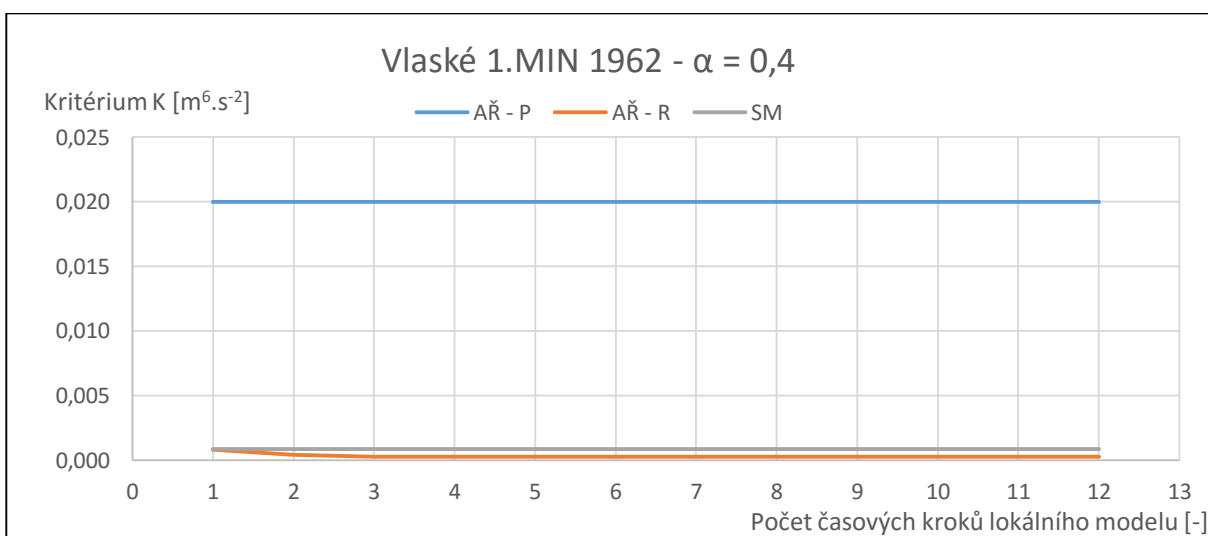


*Obr. 203 - Profil Vlaské – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,8$*

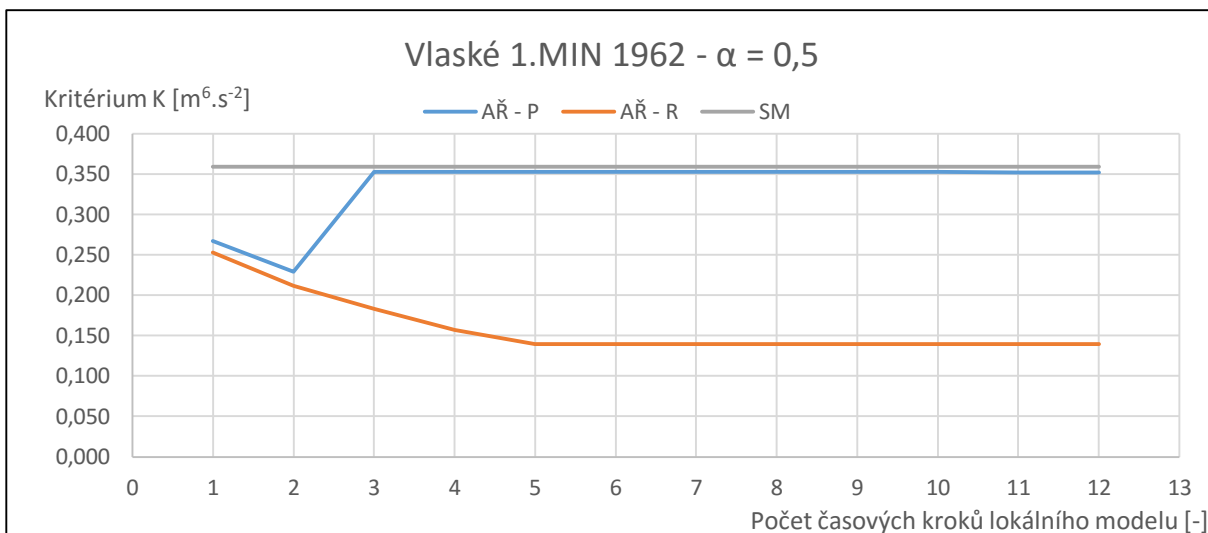


*Obr. 204 - Profil Vlaské – PRUM 1999 –  $\alpha = 0,9$*

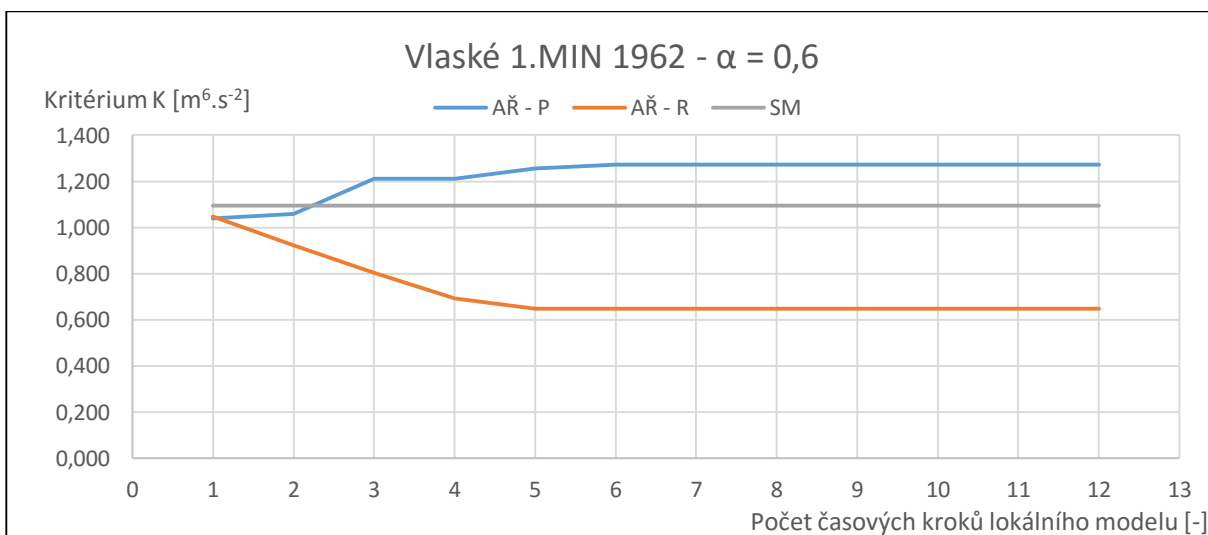
### 5.2.26. Profil Vlaské - 1. MIN 1962



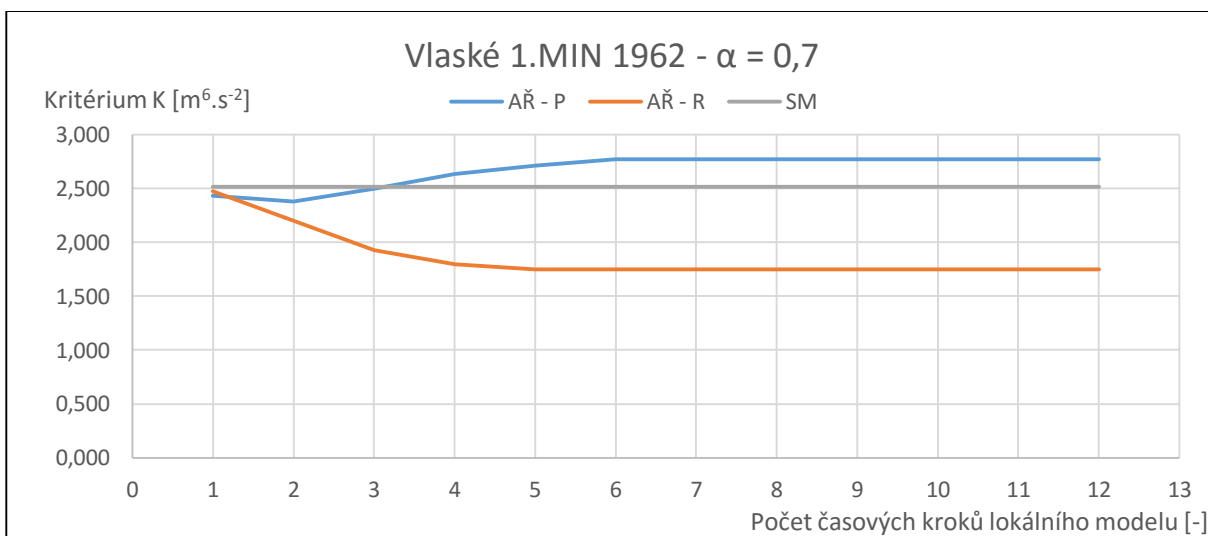
*Obr. 205 - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 –  $\alpha = 0,4$*



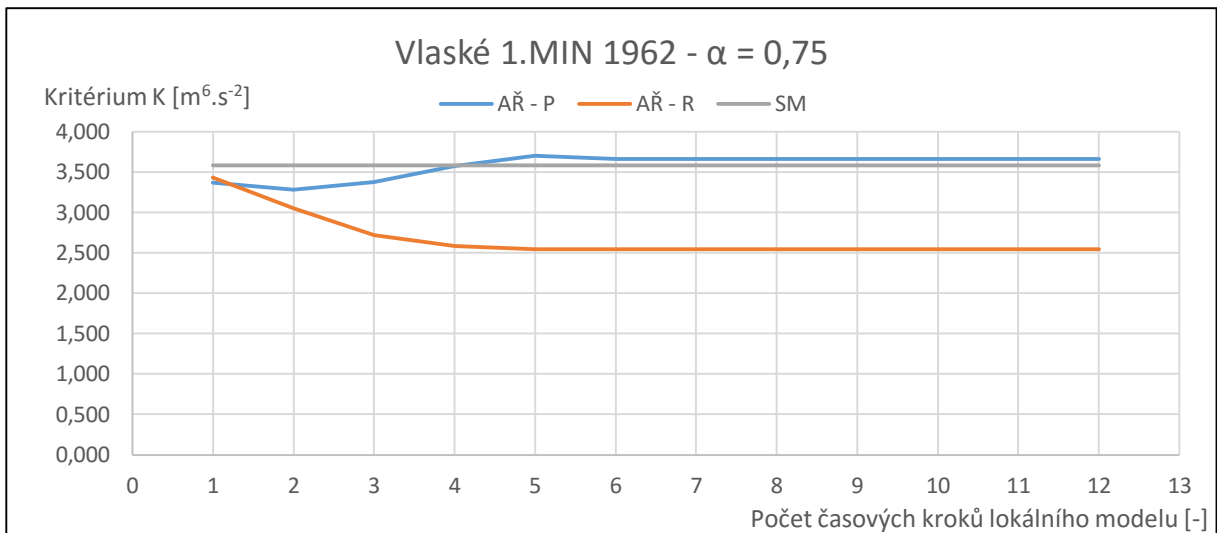
**Obr. 206** - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 –  $\alpha = 0,5$



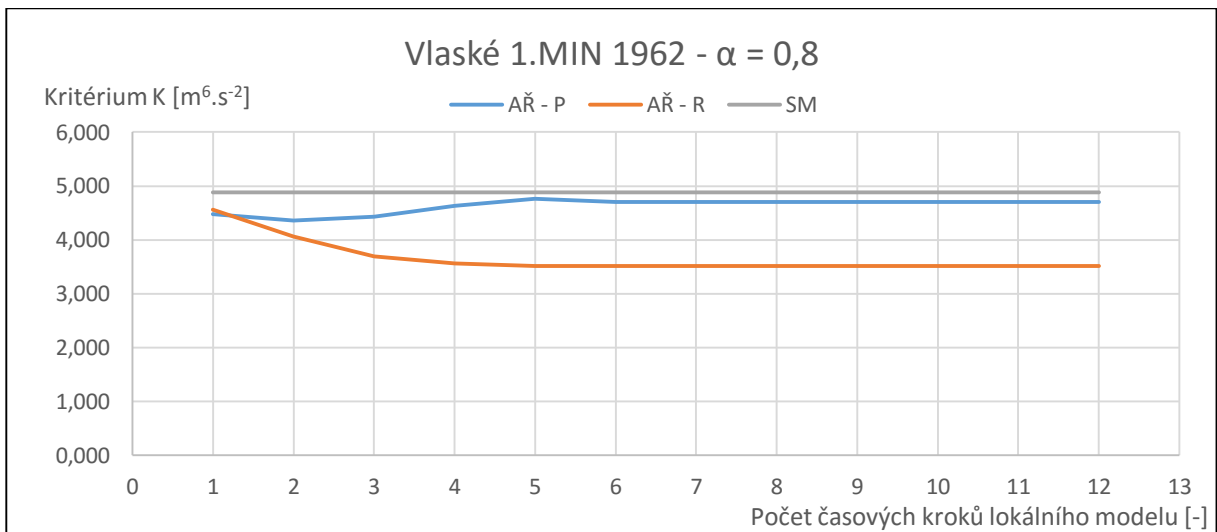
**Obr. 207** - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 –  $\alpha = 0,6$



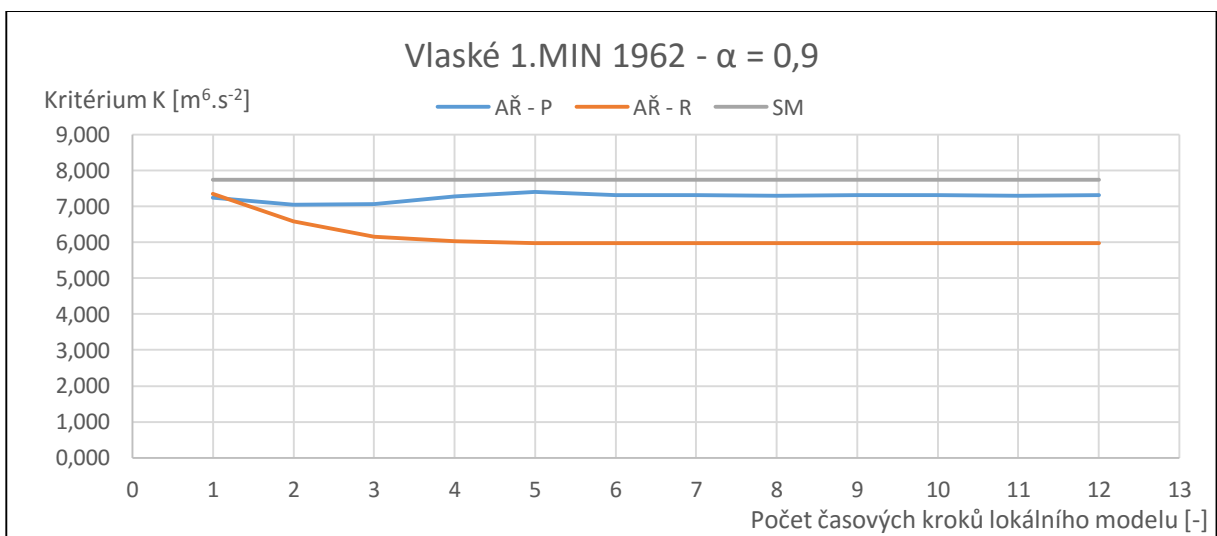
**Obr. 208** - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 209** - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 –  $\alpha = 0,75$

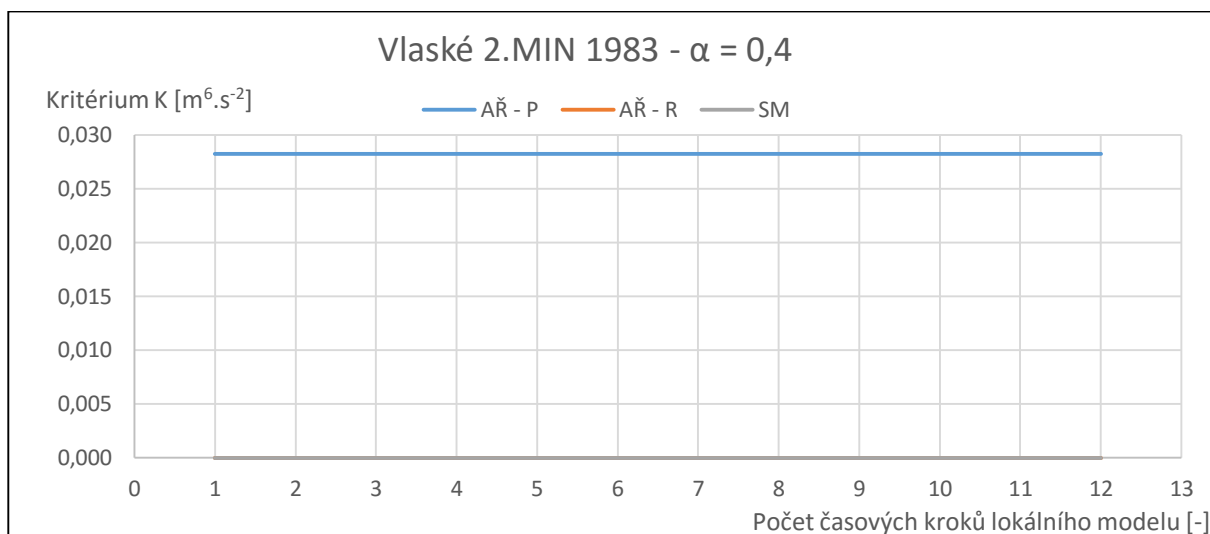


**Obr. 210** - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 –  $\alpha = 0,8$

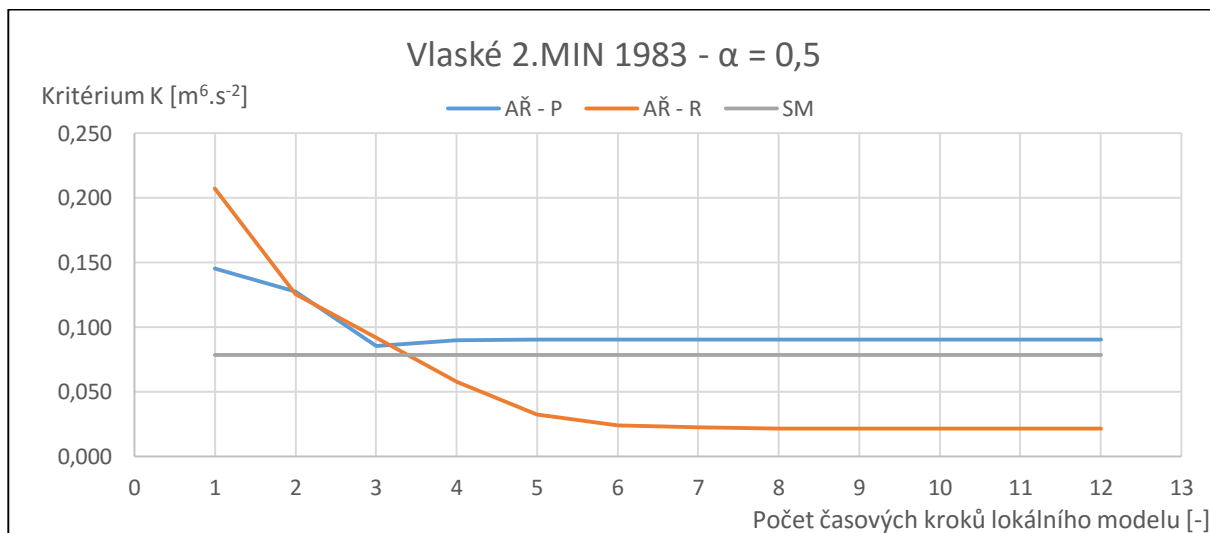


**Obr. 211** - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 –  $\alpha = 0,9$

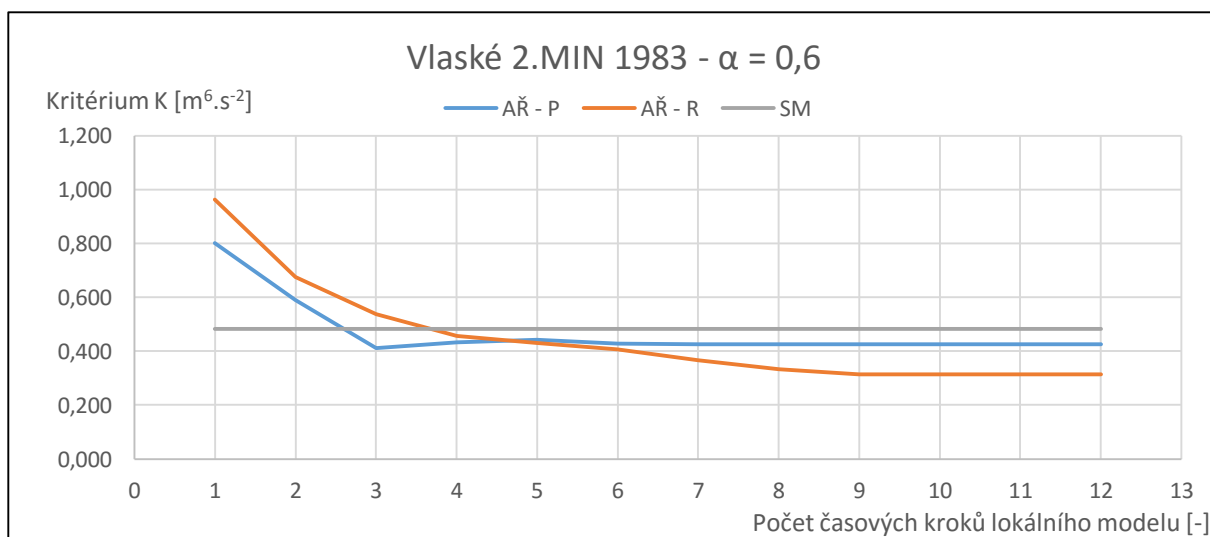
### 5.2.27. Profil Vlaské – 2. MIN 1983



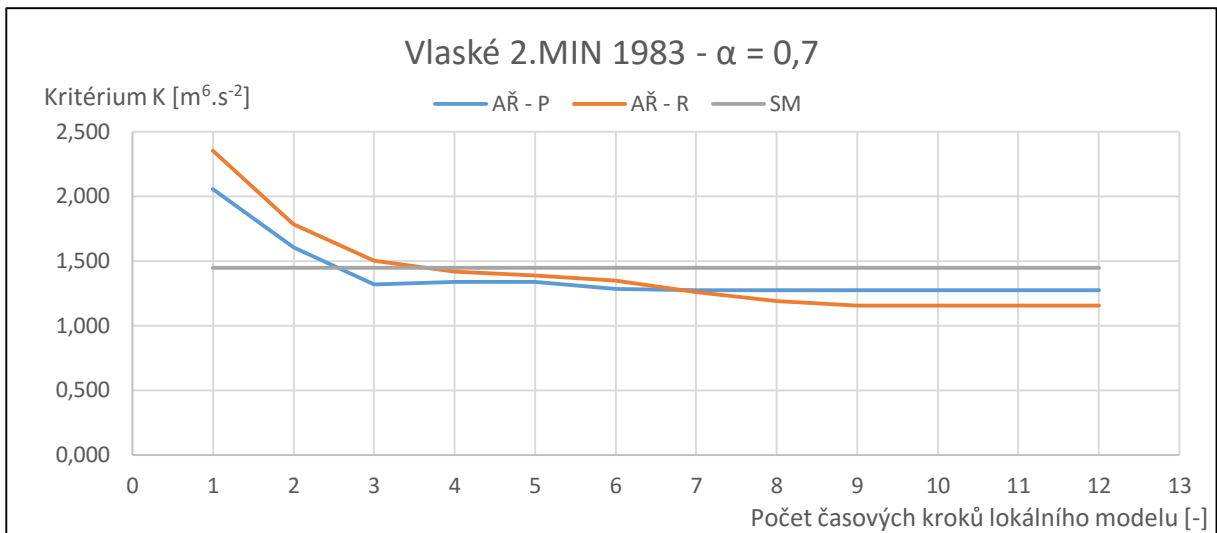
Obr. 212 - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 –  $\alpha = 0,4$



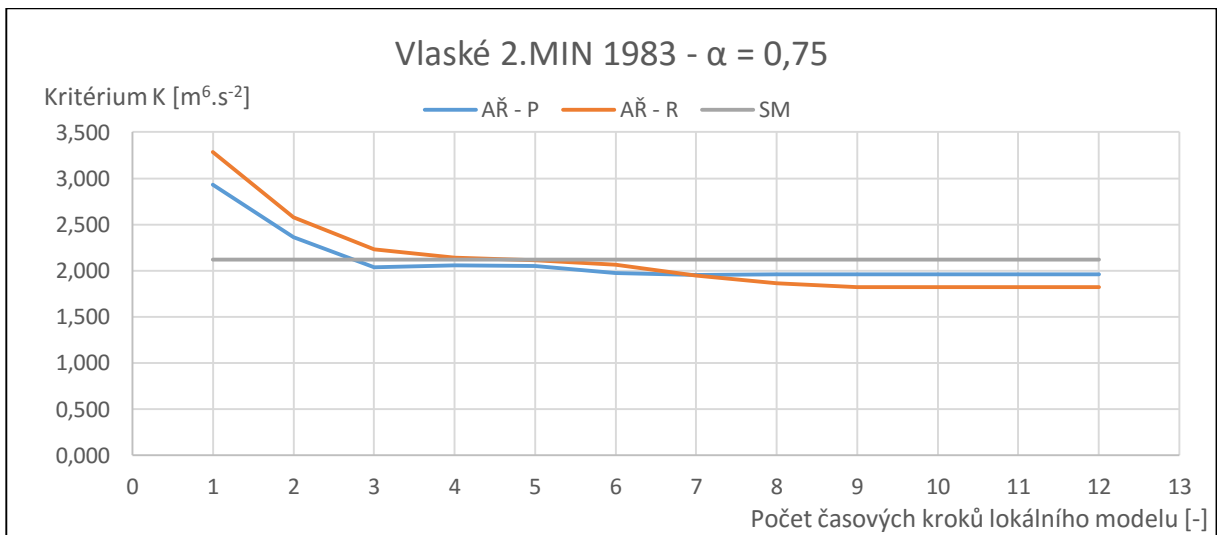
Obr. 213 - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 –  $\alpha = 0,5$



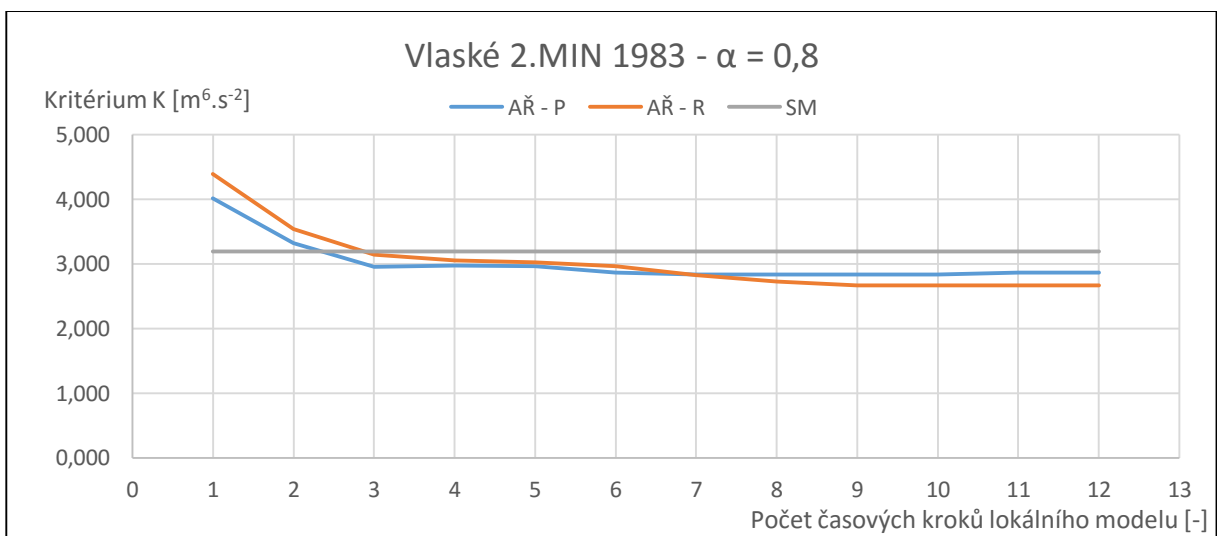
Obr. 214 - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 –  $\alpha = 0,6$



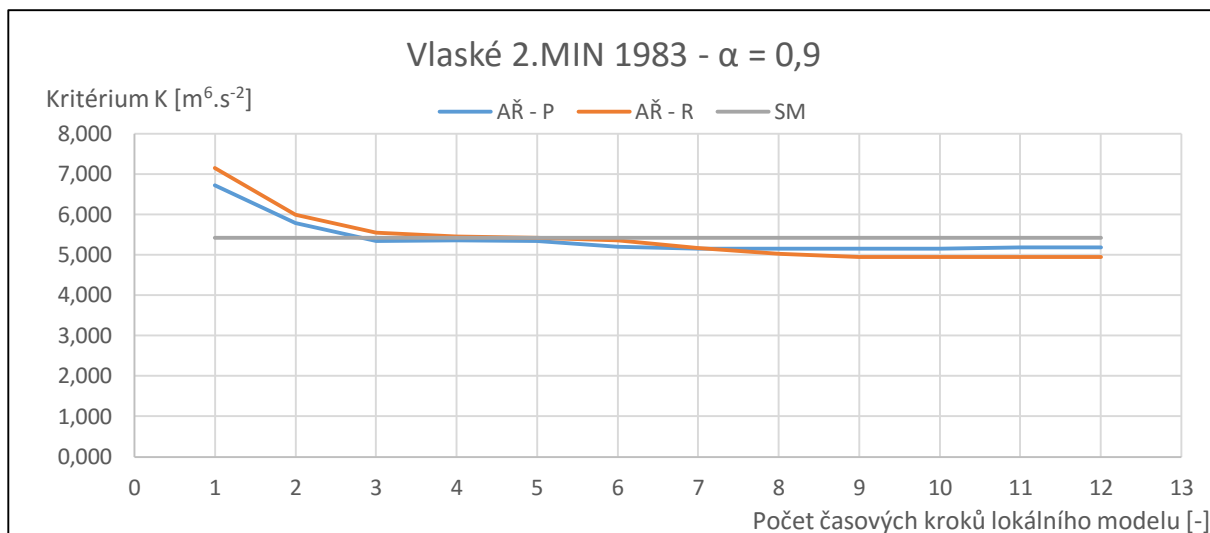
**Obr. 215 - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 216 - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 –  $\alpha = 0,75$**

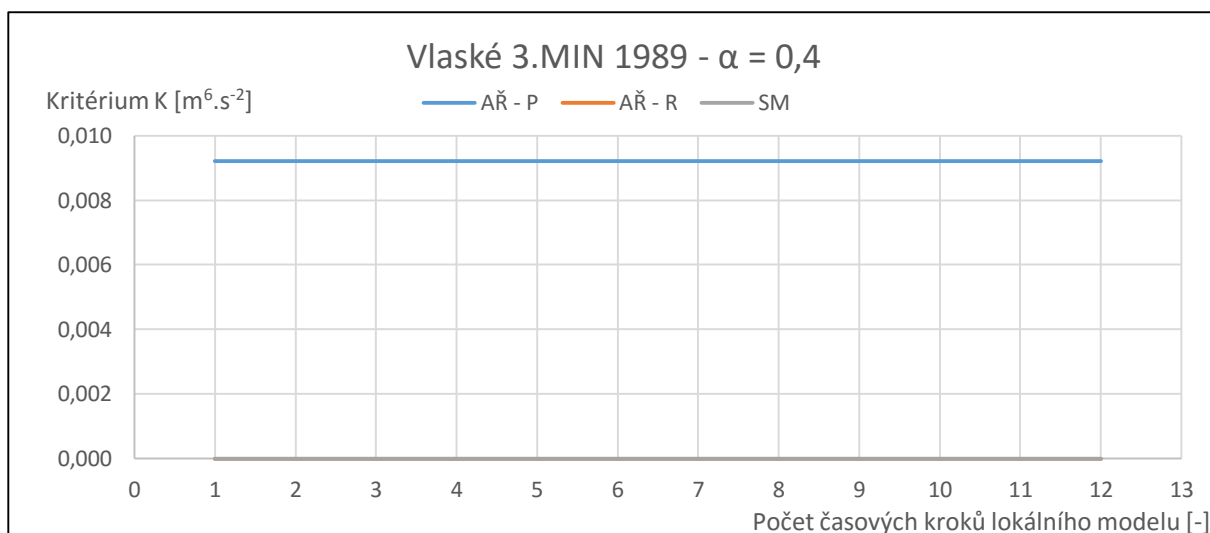


**Obr. 217 - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 –  $\alpha = 0,8$**

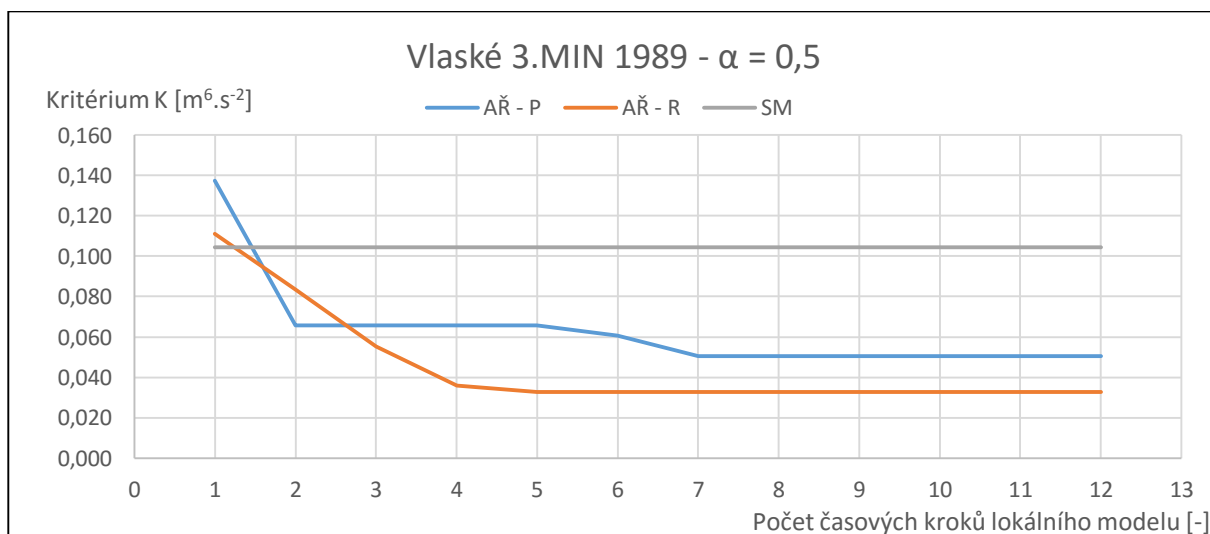


*Obr. 218 - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 –  $\alpha = 0,9$*

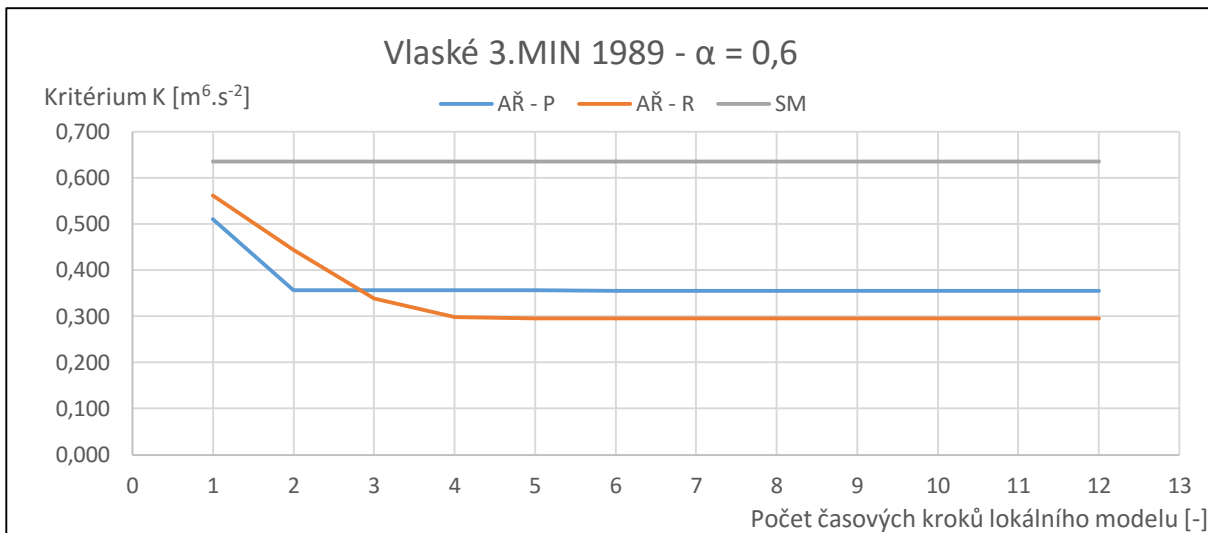
### 5.2.28. Profil Vlaské - 3. MIN 1989



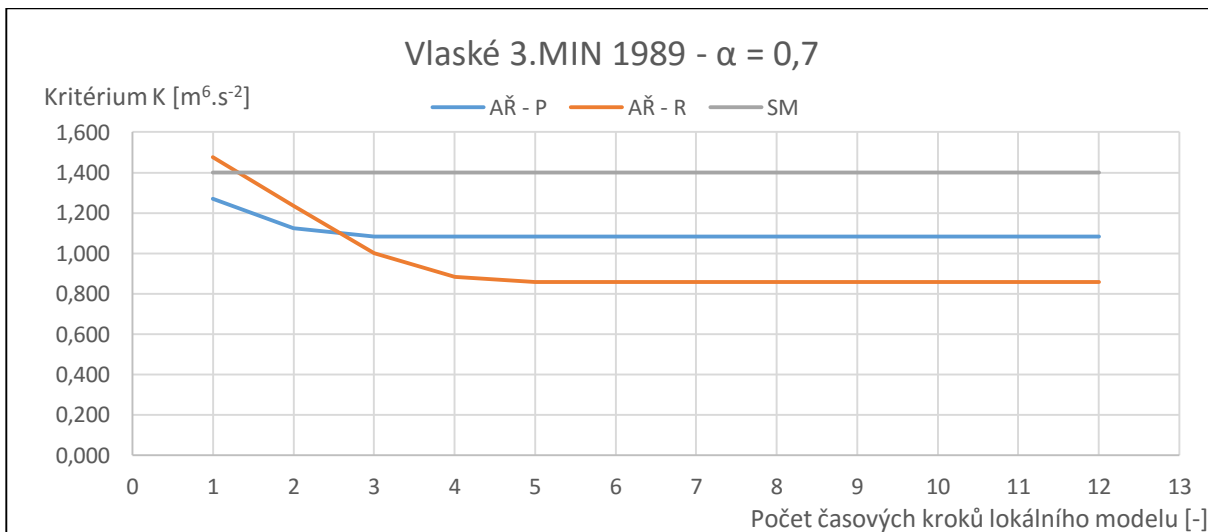
*Obr. 219 - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 –  $\alpha = 0,4$*



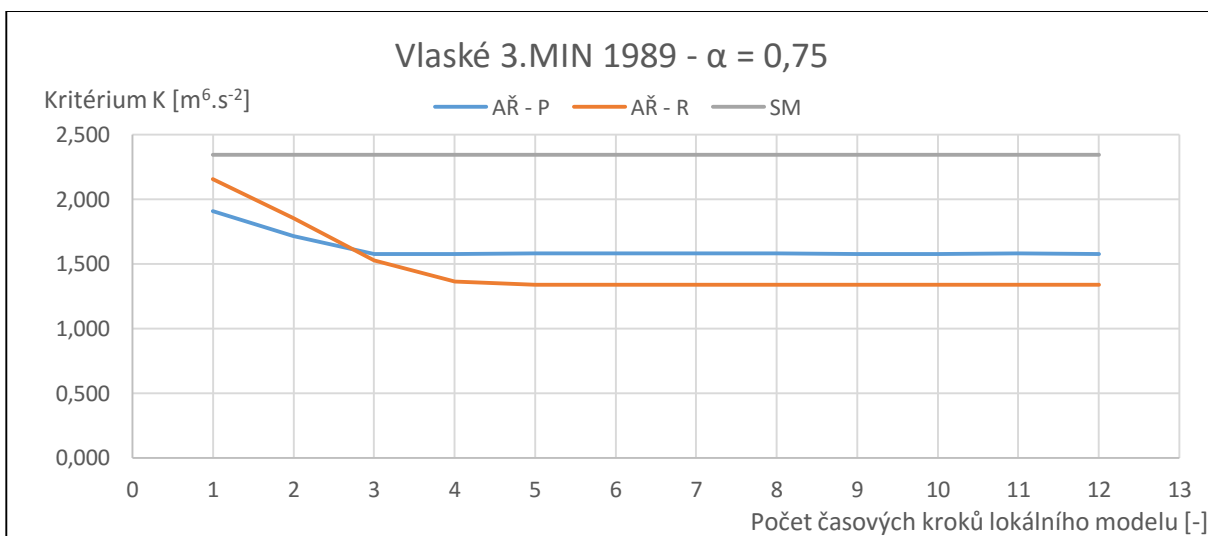
*Obr. 220 - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 –  $\alpha = 0,5$*



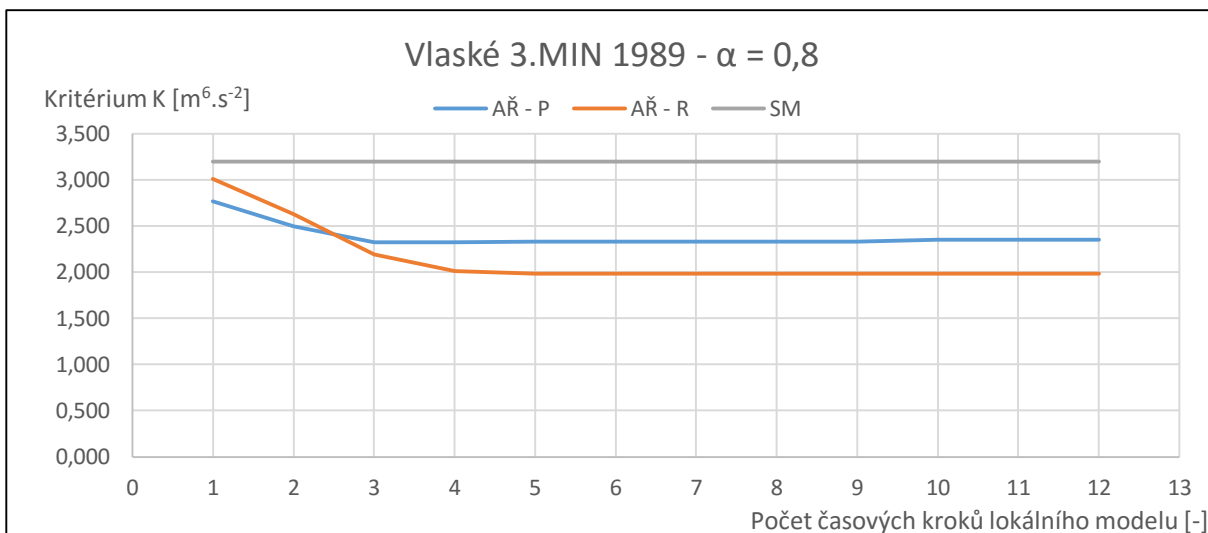
**Obr. 221** - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 –  $\alpha = 0,6$



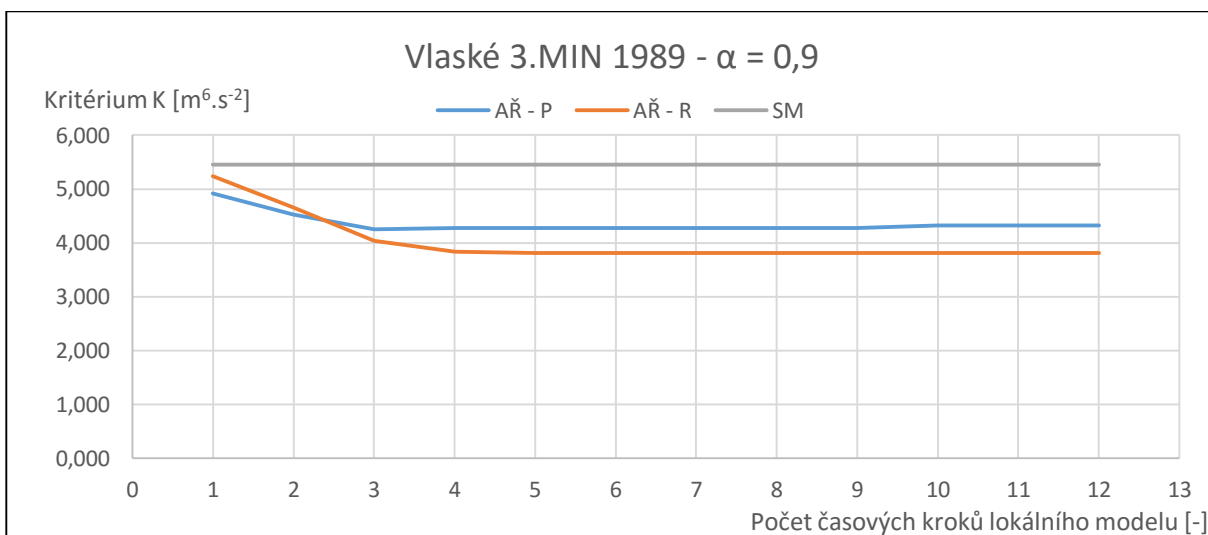
**Obr. 222** - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 –  $\alpha = 0,7$



**Obr. 223** - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 –  $\alpha = 0,75$

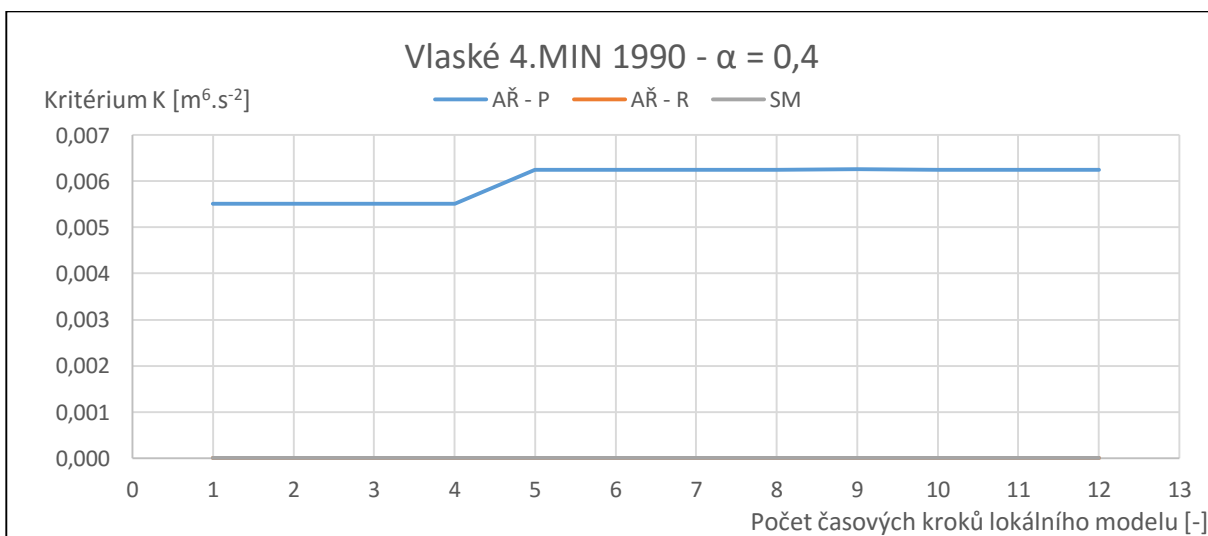


*Obr. 224 - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 –  $\alpha = 0,8$*

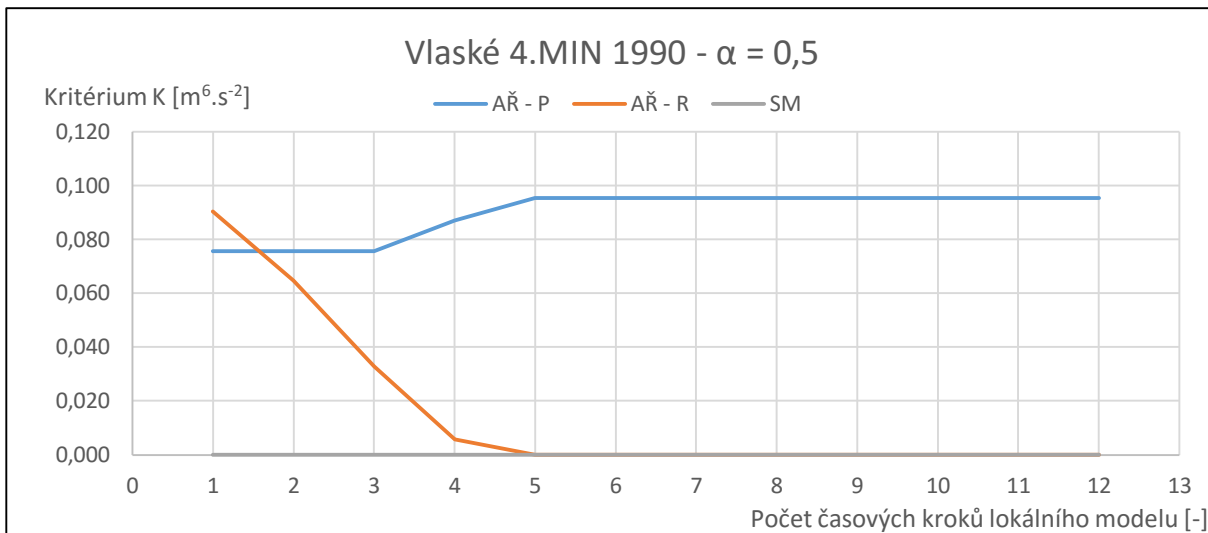


*Obr. 225 - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 –  $\alpha = 0,9$*

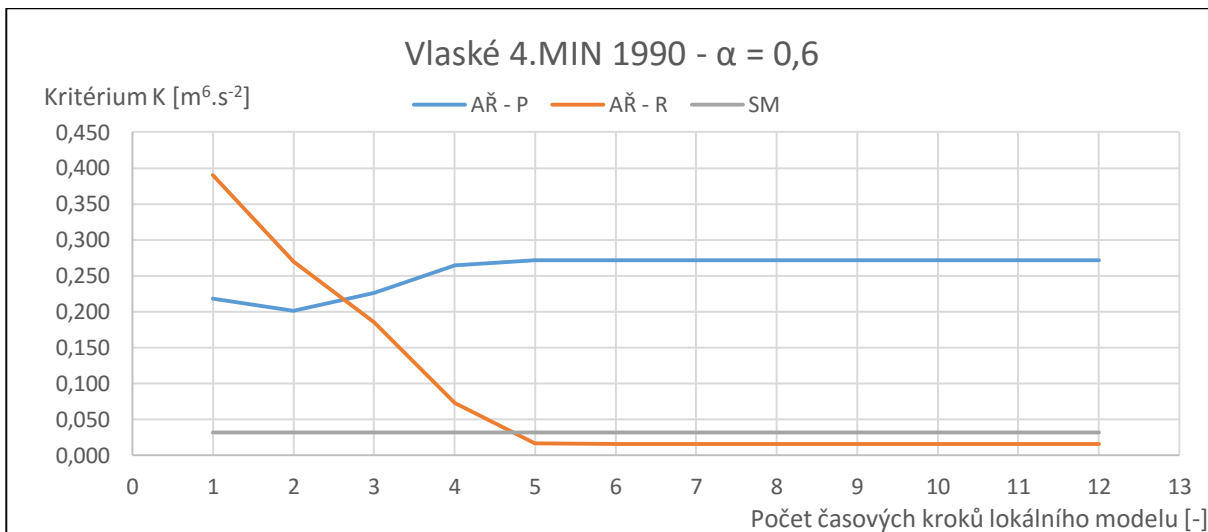
### 5.2.29. Profil Vlaské - 4. MIN 1990



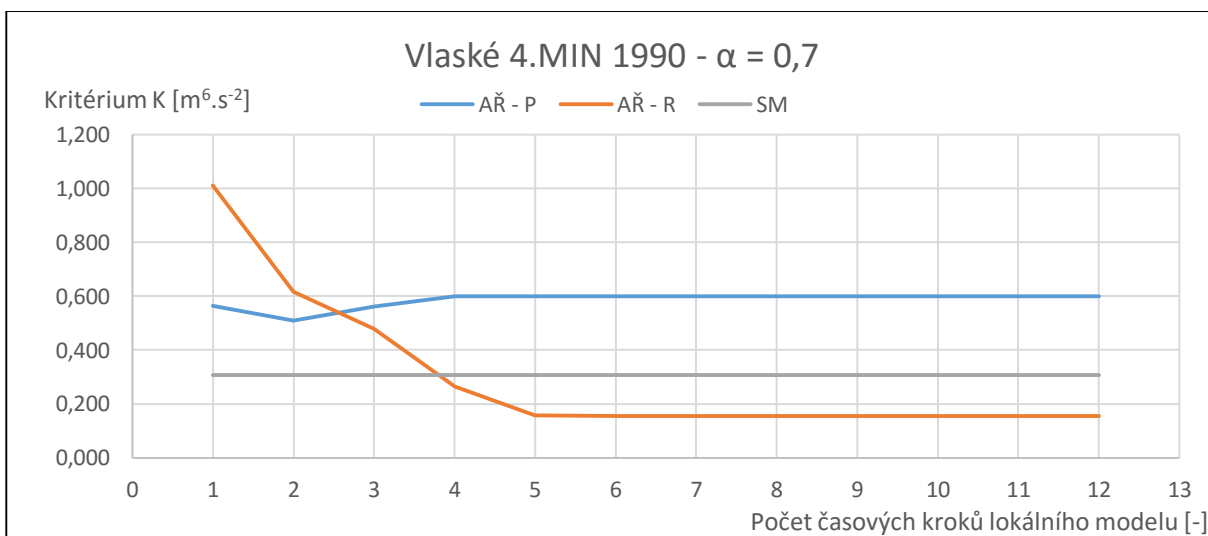
*Obr. 226 - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,4$*



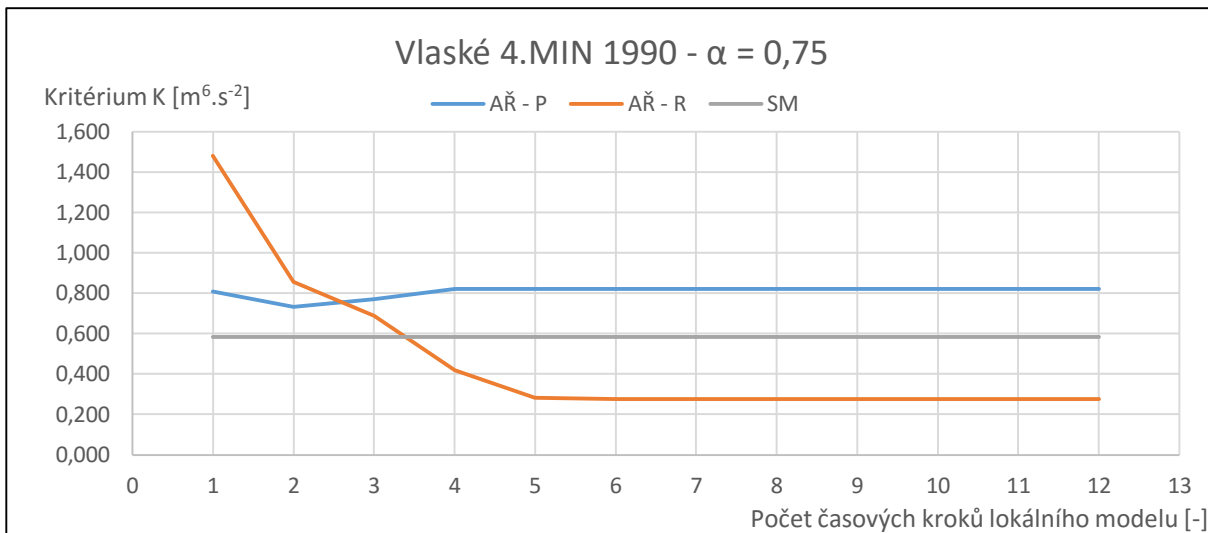
**Obr. 227 - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,5$**



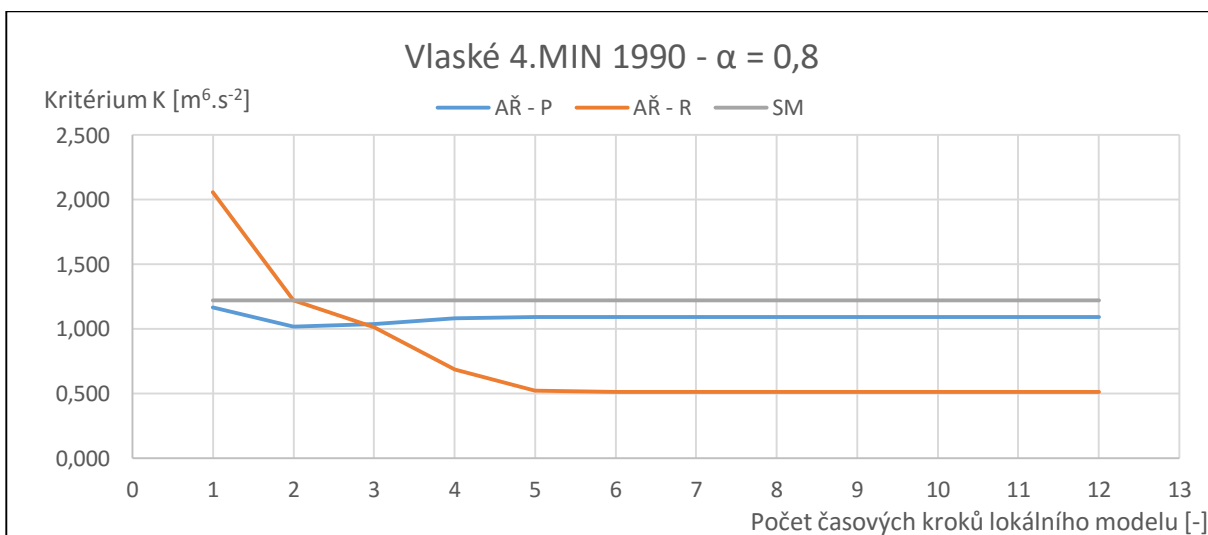
**Obr. 228 - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,6$**



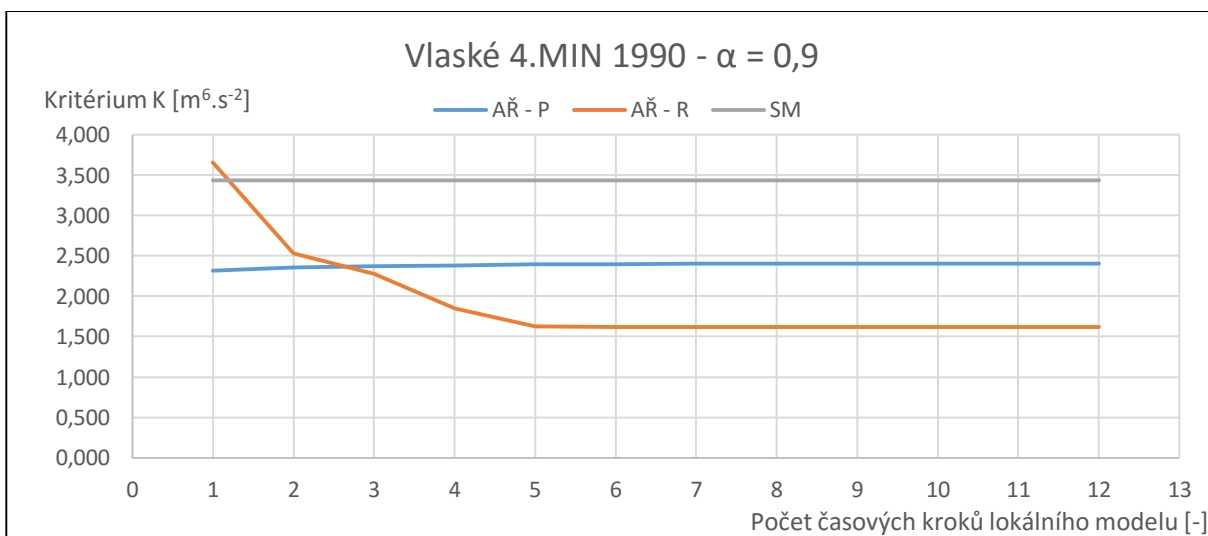
**Obr. 229 - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 230 - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,75$**

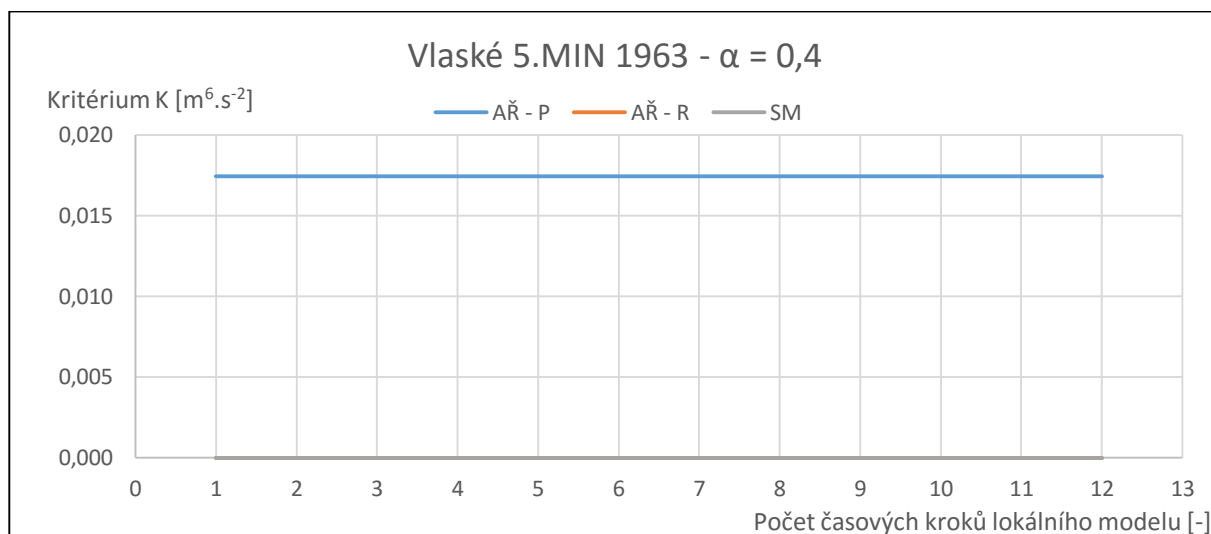


**Obr. 231 - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,8$**

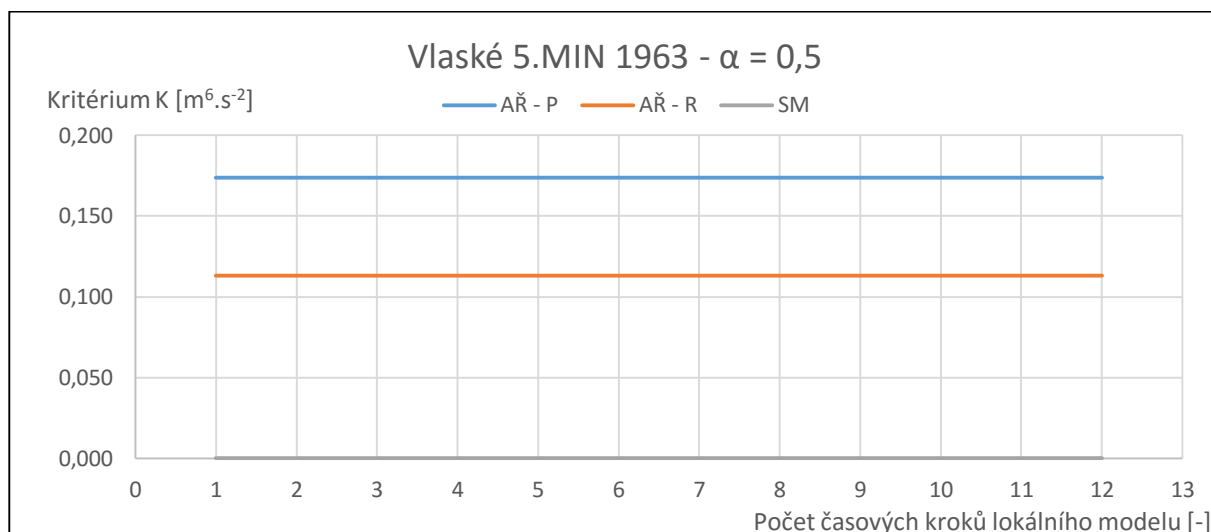


**Obr. 232 - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 –  $\alpha = 0,9$**

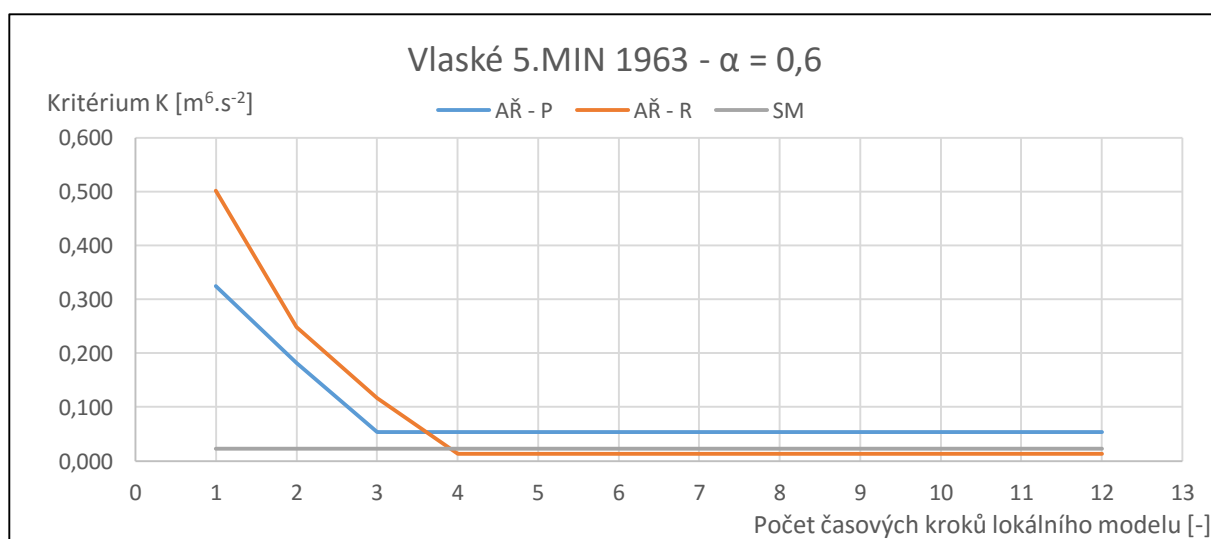
### 5.2.30. Profil Vlaské - 5. MIN 1963



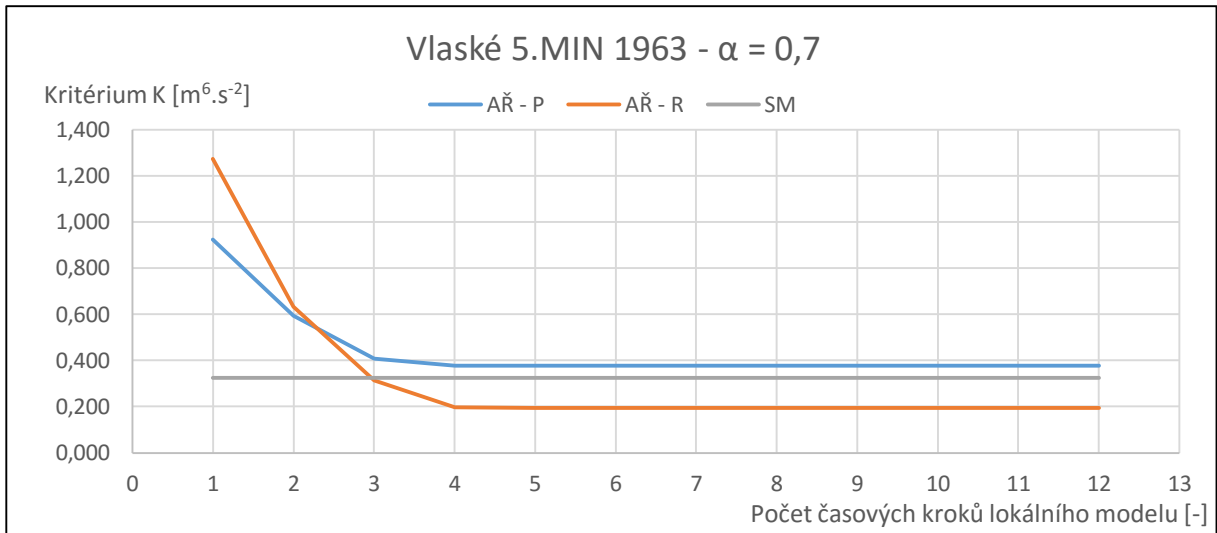
*Obr. 233 - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 –  $\alpha = 0,4$*



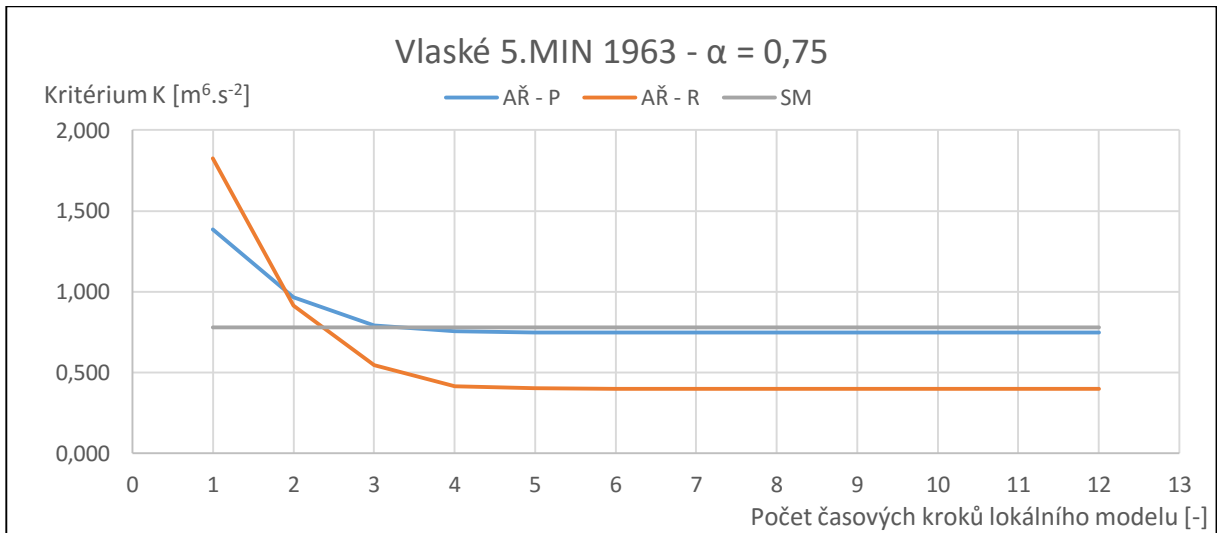
*Obr. 234 - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 –  $\alpha = 0,5$*



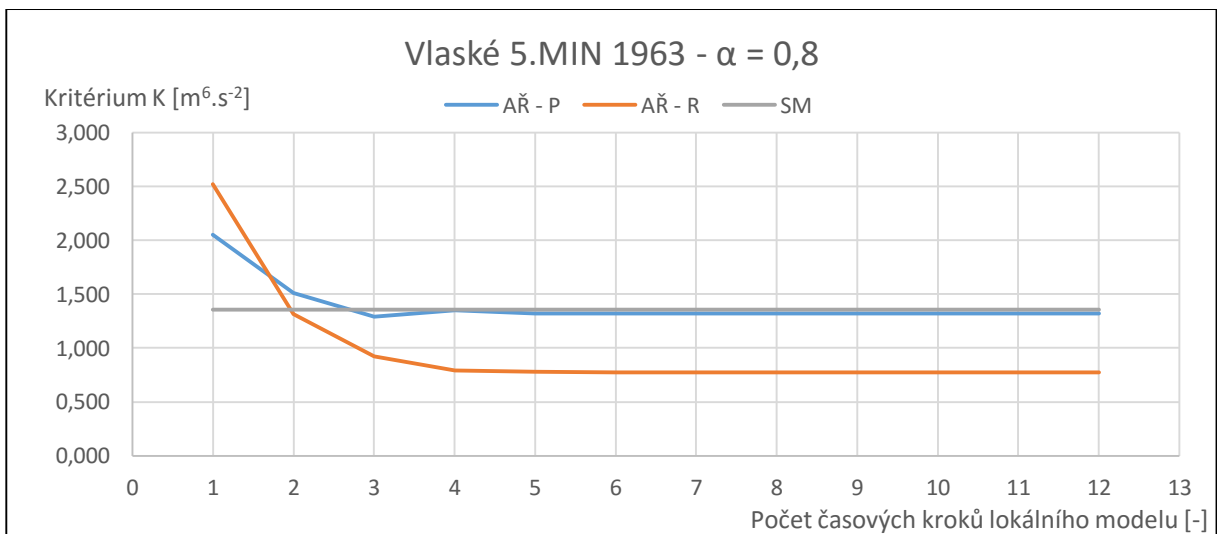
*Obr. 235 - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 –  $\alpha = 0,6$*



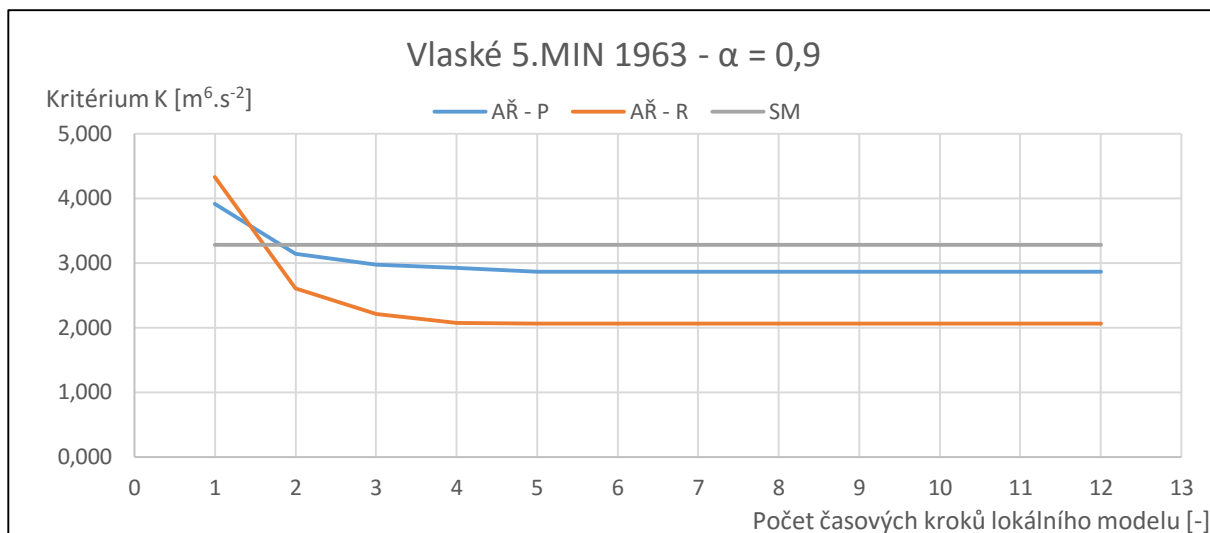
**Obr. 236 - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 –  $\alpha = 0,7$**



**Obr. 237 - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 –  $\alpha = 0,75$**



**Obr. 238 - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 –  $\alpha = 0,8$**



**Obr. 239 - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 –  $\alpha = 0,9$**

## 6. Shrnutí výsledků

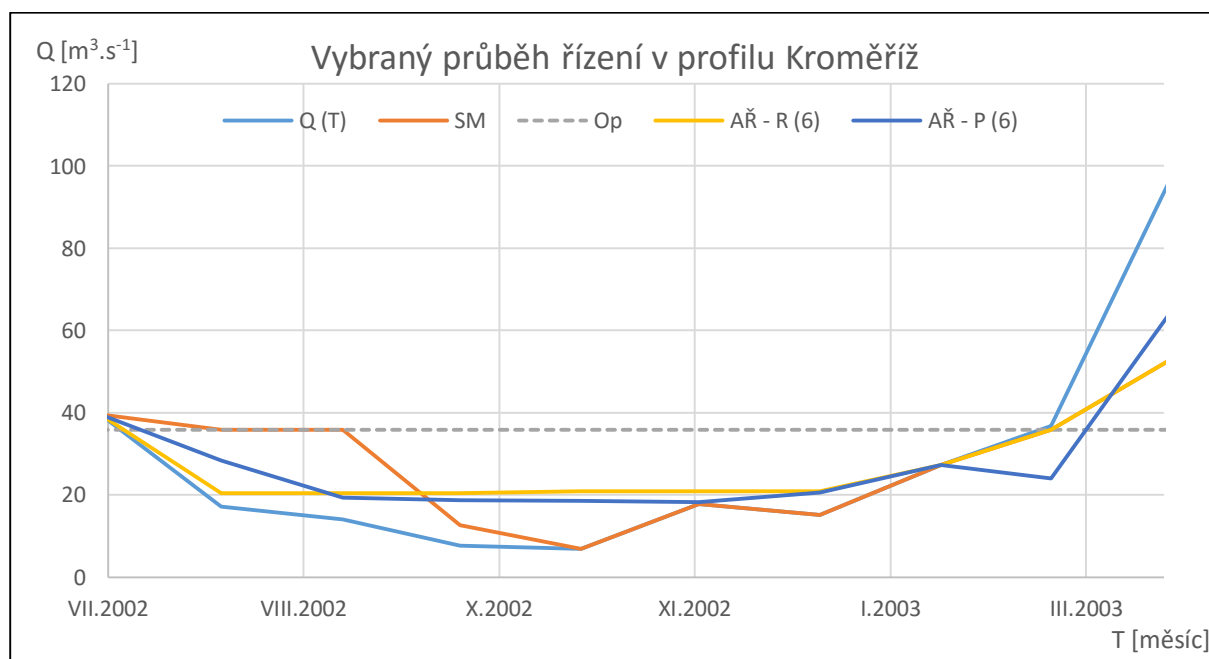
V následující kapitole (6) budou shrnuty dosažené výsledky. Kapitola bude rozčleněna na dvě podkapitoly. V první podkapitole (6.1) budou shrnuty výsledky první varianty řízení, zatímco v druhé podkapitole (6.2) budou shrnuty výsledky druhé varianty řízení.

### 6.1. Shrnutí výsledků – varianta I

U první varianty, víceletého řízení, docházelo u obou profilů k hodně podobným výsledkům. Při řízení s 1 nebo 2 časovými kroky lokálního modelu dosahuje simulační model lepších hodnot kritéria než řízení s předpovězenými nebo reálnými průtoky. Při více časových krocích lokálního modelu již dosahují řízení s předpovězenými a reálnými průtoky lepších výsledků než řízení simulačním modelem. Dále můžeme říci, že čím více kroků lokálního modelu, tím menší hodnota kritéria a tím přesnější máme výsledky.

Při řízení s 1 nebo 2 časovými kroky lokálního modelu simulační model, ač je považován za nejjednodušší způsob řízení, dosahuje ve většině případů lepších výsledků než řízení s reálnými průtoky a to především v případech, ve kterých uvažujeme s větší hodnotou nalepšeného odtoku. Model se snaží zamezit úplnému vyprázdnění zásobního objemu nádrže, což můžeme vidět především u řízení s předpovědí na jeden měsíc dopředu. Při řízení optimalizačním modelem s delším výhledem je snaha vytvořit mělkou poruchu. Dá se předpokládat, že po období s větší vodností přijde méně vodné období.

Výše uvedené závěry platí skoro pro všechny hodnoty nalepšeného odtoku. Výjimku tvoří pouze řízení na hodnotu součinitele alfa 0,4 a 0,5 u profilu Vlaské. Rozdíl oproti výše zmíněnému standardu je v tom, že řízení s předpovězenými průtoky zde nedosahuje nikdy lepších výsledků než řízení simulačním modelem. Důvod je především v minimálním výskytu poruchových měsíců, kdy není dostatek vody a v nepřesnosti předpovědního modelu.



Obr. 240 - Vybraný průběh řízení v profilu Kroměříž

Na obr. 240 je znázorněn průběh řízení na nalepšený odtok odpovídající součiniteli alfa rovno 0,7 v profilu Kroměříž. Kvůli přehlednosti a lehké orientaci v grafu je vybrána pouze dílčí část řízení, ve které vznikla porucha. Pokud se podíváme na řízení na nalepšený odtok (SM), vidíme, že má nejhlubší poruchu. Pro ukázkou adaptivního řízení jsem vybral pro oba případy řízení s počtem kroků lokálního modelu 6. Vybral jsem je, protože od této hodnoty dojde k ustálení kritéria a již se s rostoucím počtem kroků lokálního modelu nemění. V obou případech adaptivního řízení můžeme vidět, že dosahují lepších výsledků řízení, protože hloubka poruchy není tak velká jako u simulačního modelu. Adaptivní řízení s reálnými průtoky zde dosahuje mírně lepších výsledků než adaptivní řízení s předpovězenými průtoky.

## 6.2. Shrnutí výsledků – varianta II

V následující podkapitole (6.2) budou shrnuty výsledky dosažené při výpočtech druhé varianty. Kapitola bude členěna na tři části. V každé bude okomentován jeden extrém, protože výsledky byly odlišné.

### 6.2.1. MAX – nejvodnatější roky

Při jednoletém řízení u nejvodnatějších let docházelo k podobným výsledkům u obou profilů. Předně je zde potřebné zdůraznit, že řízení odtoku s předpovězenými průtoky nedosáhlo nikdy lepších výsledků než řízení simulačním modelem. Důvod je především v minimálním výskytu poruchových měsíců, kdy není dostatek vody. Z toho důvodu v tomto případě výrazněji vyniknout nepřesnosti předpovědního modelu a řízení odtoku s předpovězenými průtoky dosahuje horších výsledků než nejjednodušší řízení simulačním modelem.

Řízení odtoku s reálnými průtoky zde dosahuje shodných nebo lepších výsledků než řízení odtoku simulačním modelem. Výjimku tvoří pouze řízení s menším počtem časových kroků lokálního modelu především v případech, ve kterých uvažujeme s vyšší hodnotou nalepšeného odtoku. Zde dosahuje řízení odtoku s reálnými průtoky horších výsledků než nejjednodušší řízení simulačním modelem. Model se v tomto případě snaží zamezit úplnému vyprázdnění nádrže. Podobná skutečnost nastala i v první variantě a je podrobně okomentována v kapitole výše (6.1).

Jediný rozdíl v obou profilech je průběh u řízení odtoku s předpovězenými průtoky. U dolního profilu Kroměříž má ve všech případech stoupající tendenci. To znamená, že u řízení s 1 nebo 2 časovými kroky lokálního modelu je dosaženo lepších výsledků než při řízení s 12 časovými kroky lokálního modelu. Zatímco u horního profilu Vlaské můžeme sledovat horizontální nebo klesající průběh.

### 6.2.2. PRUM – průměrně vodnaté roky

Při jednoletém řízení u průměrných let se výsledky v obou profilech mírně liší. V dolním profilu Kroměříž při řízení odtoku s předpovězenými průtoky se zvyšujícím se nalepšeným odtokem dosahujeme lepších výsledků než u nejvodnatějších let. Především u řízení na součinitel odtoku 0,75 až 0,9 je dosaženo ve většině případů lepších výsledků než při řízení odtoku simulačním modelem. V horním profilu Vlaské je ovšem dosaženo v drtivé většině případů horších výsledků než řízení simulačním modelem.

Při řízení odtoku s reálnými průtoky je zde dosaženo podobných výsledků jako u řízení s nejvodnatějšími roky. Toto řízení odtoku dosahuje ve většině případů lepších výsledků než nejjednodušší řízení simulačním modelem. Výjimku tvoří pouze řízení s menším počtem časových kroků lokálního modelu především v případech, ve kterých je uvažováno s vyšší hodnotou nalepšeného odtoku. Zde dosahuje řízení odtoku s reálnými průtoky horších výsledků než nejjednodušší řízení simulačním modelem. Důvod je vysvětlen v kapitole (6.1).

Průběh řízení odtoku je podobný jako v předchozím případě. U dolního profilu Kroměříž má ve všech případech stoupající tendenci. To znamená, že u řízení s 1 nebo 2 časovými kroky lokálního modelu je dosaženo lepších výsledků než při řízení s 12 časovými kroky lokálního modelu. Zatímco u horního profilu Vlaské můžeme sledovat horizontální nebo klesající průběh.

### **6.2.3. MIN – nejsušší roky**

U řízení odtoku s předpovězenými průtoky v nejsušších letech je již dosaženo spolehlivých výsledků. U obou profilů je dosaženo shodných výsledků. Se zvyšující se hodnotou součinitele odtoku je dosaženo v drtivé většině lepších výsledků než při řízení simulačním modelem.

I při řízení s reálnými průtoky je zde v drtivé většině případů dosaženo lepších výsledků než řízení simulačním modelem a to při všech časových krocích lokálního modelu.

Průběh řízení je v obou profilech shodný. Má klesající tendenci, což znamená, že u řízení s 1 nebo 2 časovými kroky lokálního modelu je dosaženo horších výsledků než při řízení s 12 časovými kroky lokálního modelu.

## 7. Závěr

Cílem diplomové práce bylo ověřit funkčnost adaptivního řízení dvou fiktivních nádrží umístěných ve dvou různě vodných profilech na řece Moravě. Cílem bylo ověřit funkčnost adaptivního řízení ve dvou různě vodných profilech na řece Moravě. Snahou bylo srovnat výsledky adaptivního řízení odtoku vody s reálnými průtoky s adaptivním řízením odtoku vody s předpovězenými průtoky. Původně bylo provedeno řízení odtoku na víceletém období (2000 – 2006) v obou profilech. Práce byla následně rozšířena o jednoleté řízení odtoku v obou profilech. Byly vybrány reprezentativní roky, na kterých bylo provedeno řízení odtoku. Cílem bylo ověřit chování při adaptivním řízení odtoku v suchých, průměrných i vodných letech v obou profilech.

Při jednoletém řízení odtoku bylo dosaženo poměrně rozdílných výsledků. S jistotou můžeme však říci, že při řízení odtoku u nejvodnatějších let došlo k nejhorším výsledkům, kdy ve většině případů dosahovalo řízení odtoku s předpovězenými průtoky horších výsledků než řízení nejjednodušším způsobem, simulačním modelem. U řízení v průměrných letech již můžeme vidět, že zlepšující se tendenci. Především při řízení na vyšší součinitele odtoku, což způsobuje napjatost v systému, je dosaženo mnohdy lepších výsledků než při řízení simulačním modelem.

Při řízení v nejsušších obdobích je již dosaženo spolehlivých výsledků v drtivé většině případů. Řízení s předpovězenými průtoky především při vyšších součinitelích odtoku dosahuje lepších výsledků než řízení simulačním modelem. Je to především dáno tím, že v systému vzniká napjatost, se kterou si adaptivní styl řízení dokáže lépe poradit než s vodnatostí. Díky tomu jsou tam eliminovány i nepřesnosti předpovědi.

U první varianty, víceletého řízení (2000-2006), můžeme říci, že z pohledu počtu časových kroků lokálního modelu jsme došli v obou profilech ke shodným výsledkům. U prvních dvou kroků lokálního modelu jsou výsledky ve většině případů horší než řízení simulačním modelem. Následně dojde k postupnému klesání kritéria (zlepšování výsledků). K ustálení dojde při řízení s výhledem na 5 nebo 6 časových kroků lokálního modelu a následně se hodnota kritéria již nemění nebo mění jen velmi málo.

U víceletého řízení jsme tedy dosáhli poměrně spolehlivých výsledků. Tato skutečnost se dá odůvodnit poměrně jednoduše. Roky 2000 – 2006 spadají spíše do podprůměrných let, proto u nich platí to, co bylo řečeno u jednoletého řízení v suchých letech.

Dále můžeme konstatovat, že s řízením na větší nalepšený odtok jsme dosahovali lepších výsledků. Samozřejmě se nepředpokládá, že budeme chtít nádrž, která je navržena na 0,3 násobek dlouhodobého průměrného průtoku, řídit na nalepšený odtok roven 0,7 násobku dlouhodobého průměrného průtoku. Ovšem podle dosavadních odhadů lze v průběhu hydrologického roku očekávat výskyt suchých období střídající se s obdobími přívalových dešťů. Důsledkem těchto klimatických změn můžeme očekávat výrazný pokles dlouhodobých průměrných průtoků v říční síti. Hodnota dlouhodobého průměrného průtoku v našich tocích může klesnout o 20 – 40% [15].

Pokud budeme uvažovat s poklesem dlouhodobého průměrného průtoku ( $1,88 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) v profilu Vlaské o 40% ( $1,13 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) a přepočítáme si hodnotu součinitele alfa podle rovnice (12) tak, aby se hodnota nalepšeného odtoku ( $0,56 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ) nezměnila, získáme hodnotu:

$$\alpha = \frac{Q_p}{Q_a} = \frac{0,56}{1,13} = 0,496 \quad (23)$$

Po zaokrouhlení se nám hodnota součinitele alfa zvedla na 0,5. Pokud k tomu připočteme i zvýšené požadavky na odběr vody, tak se dostáváme na hodnoty, které v současné době odpovídají řízení na nalepšený odtok roven 0,6 násobku dlouhodobého průměrného průtoku. Obdobným způsobem by se nám hodnota součinitele alfa zvedla u profilu Kroměříž a to konkrétně také na hodnotu 0,5. A při těchto řízeních již bylo dosaženo dobrých výsledků na obou dvou řešených profilech.

Z výše uvedených závěrů lze odvodit, že adaptivní řízení používající předpovědi má smysl především při řízení se zvýšenými požadavky na vodu. Při napjaté hydrologické situaci v toku dosahovalo adaptivní řízení s předpovězenými průtoky dobrých výsledků. Zároveň platilo, že čím větší byly požadavky na vodu, tím lepších výsledků jsme dosáhli. Tato skutečnost platí u obou profilů na řece Moravě. Při řízení v méněvodných letech tedy dosahujeme dobrých výsledků. Při průměrných letech bylo dosaženo dobrých výsledků jen při řízení při nejvyšších součinitelích alfa. Ve vodných letech nemá adaptivní řízení s předpovězenými průtoky smysl, jelikož jsme nikdy nedosáhli dobrých výsledků.

Nedá se konstatovat, že dosažené výsledky platí na všechny toky. V budoucnu by proto bylo dobré zjištěné výsledky ověřit na jiném vodním toku a také s použitím jiného předpovědního modelu.

## 8. Seznam použitých zdrojů

- [1] Patera, A. Vodní stavby v postmoderní době. *Vodní hospodářství*, 1996, roč. 45, č. 2-3, s. 92-95. ISSN 1211-0760.
- [2] Zahradnicek P., Trnka M., Brazdil R., Mozny M., Stepanek P., Hlavinka P., Zalud Z., Maly A., Semeradova D., Dobrovolny P., Dubrovsky M. a Reznickova L., The extreme drought episode of August 2011–May 2012 in the Czech Republic, *International Journal of Climatology*, 2014, pp 1-18.
- [3] *Mapy.cz* [online]. Seznam.cz, 2015 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)
- [4] *CHMU: Český hydrometeorologický ústav* [online]. 2015 [cit. 2015-11-25]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/>
- [5] Starý, M. *Nádrže a vodohospodářské soustavy*. 1.vyd. Brno: VUT, 1986.
- [6] MENŠÍK, Pavel. *Automatizace řešení zásobní funkce vodohospodářské soustavy*. Brno, 2012. Disertační práce. Vysoké učení technické.
- [7] STARÝ, M., *Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 01)*, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2006
- [8] STARÝ, M., *Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 02)*, Vysoké učení technické v Brně, Brno, 2006
- [9] MENŠÍK, P.; STARÝ, M.: SOMVS; SOMVS – *Simulační a Optimalizační Model Vodohospodářské Soustavy*. URL: [http://uvhk.fce.vutbr.cz/software.php.\(software\)](http://uvhk.fce.vutbr.cz/software.php.(software)).
- [10] Zelinka, I. *Umělá inteligence v problémech globální optimalizace*. BEN, 2002, 232 s. ISBN 80-7300-069-5
- [11] Menšík P., Starý M a Marton D., *Using Predictive Models of Mean Monthly Flows for Operative Outflows Control from Large Open Reservoirs*. In Proceedings ITISE 2014, International work- conference on Time Series. Spain, Granada: Copicentro Granada S. L, 2014. p. 382-395. ISBN: 978-84-15814-97- 9.
- [12] MENŠÍK, P.; STARÝ, M.; MARTON, D. Water Management Software for Controlling the Water Supply Function of Many Reservoirs in a Watershed. *WATER RESOUR+*, 2015, roč. 42, č. 1, s. 133-145. ISSN: 0097- 8078.
- [13] MENŠÍK, P.; STARÝ, M.; MARTON, D. Automatizace řešení zásobní funkce vodohospodářské soustavy. *Vodohospodářské technicko- ekonomické informace*, 2015, roč. 57, č. 1, s. 2-5. ISSN: 0322- 8916.
- [14] MARTON, D.; MENŠÍK, P.; STARÝ, M.: RCPNV; RCPNV Rozdělení a čáry překročení náhodné veličiny. <http://uvhk.fce.vutbr.cz/software.php>. URL: [http://uvhk.fce.vutbr.cz/software.php.\(software\)](http://uvhk.fce.vutbr.cz/software.php.(software))

- [15] Kašpárek L., Odhad objemu nádrží potřebného pro kompenzaci poklesu odtoku vlivem klimatické změny, VÚV Praha, 2005

## 9. Seznam použitých obrázků

<b>Obr. 1</b> - Umístění profilu Vlaské [3].....	2
<b>Obr. 2</b> –Umístění profilu Kroměříž [3].....	3
<b>Obr. 3</b> - Příklad orientovaného grafu .....	6
<b>Obr. 4</b> - Postup nalezení modu .....	11
<b>Obr. 5</b> - Algoritmus vytváření předpovědí .....	11
<b>Obr. 6</b> - Orientovaný ohodnocený graf fiktivních nádrží.....	15
<b>Obr. 7</b> - Soubor Q_KAL.....	18
<b>Obr. 8</b> - Soubor Q_VAL.....	18
<b>Obr. 9</b> - Soubor Q_MODUS.....	19
<b>Obr. 10</b> - Soubor SET.....	19
<b>Obr. 11</b> - Soubor s výsledky Q_PRE .....	20
<b>Obr. 12</b> - Průměrné roční průtoky v MP Vlaské.....	21
<b>Obr. 13</b> - Průměrné roční objemy v MP Vlaské .....	21
<b>Obr. 14</b> - Průměrné roční průtoky v MP Kroměříž.....	23
<b>Obr. 15</b> - Průměrné roční objemy v MP Kroměříž .....	23
<b>Obr. 16</b> - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,4$ .....	25
<b>Obr. 17</b> - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,5$ .....	25
<b>Obr. 18</b> - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,6$ .....	26
<b>Obr. 19</b> - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,7$ .....	26
<b>Obr. 20</b> - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,75$ .....	26
<b>Obr. 21</b> - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,8$ .....	27
<b>Obr. 22</b> - Profil Kroměříž - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,9$ .....	27
<b>Obr. 23</b> - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,4$ .....	27
<b>Obr. 24</b> - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,5$ .....	28
<b>Obr. 25</b> - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,6$ .....	28
<b>Obr. 26</b> - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,7$ .....	28
<b>Obr. 27</b> - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,75$ .....	29
<b>Obr. 28</b> - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,8$ .....	29
<b>Obr. 29</b> - Profil Vlaské - řízení na nalepšený odtok $\alpha = 0,9$ .....	29
<b>Obr. 30</b> - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 – $\alpha = 0,4$ .....	30
<b>Obr. 31</b> - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 – $\alpha = 0,5$ .....	30
<b>Obr. 32</b> - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 – $\alpha = 0,6$ .....	31
<b>Obr. 33</b> - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 – $\alpha = 0,7$ .....	31
<b>Obr. 34</b> - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 – $\alpha = 0,75$ .....	31
<b>Obr. 35</b> - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 – $\alpha = 0,8$ .....	32
<b>Obr. 36</b> - Profil Kroměříž - 1.MAX 1976 – $\alpha = 0,9$ .....	32
<b>Obr. 37</b> - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 – $\alpha = 0,4$ .....	32
<b>Obr. 38</b> - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 – $\alpha = 0,5$ .....	33
<b>Obr. 39</b> - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 – $\alpha = 0,6$ .....	33
<b>Obr. 40</b> - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 – $\alpha = 0,7$ .....	33
<b>Obr. 41</b> - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 – $\alpha = 0,75$ .....	34
<b>Obr. 42</b> - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 – $\alpha = 0,8$ .....	34

<b>Obr. 43</b> - Profil Kroměříž - 2.MAX 1966 – $\alpha = 0,9$ .....	34
<b>Obr. 44</b> - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 – $\alpha = 0,4$ .....	35
<b>Obr. 45</b> - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 – $\alpha = 0,5$ .....	35
<b>Obr. 46</b> - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 – $\alpha = 0,6$ .....	35
<b>Obr. 47</b> - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 – $\alpha = 0,7$ .....	36
<b>Obr. 48</b> - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 – $\alpha = 0,75$ .....	36
<b>Obr. 49</b> - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 – $\alpha = 0,8$ .....	36
<b>Obr. 50</b> - Profil Kroměříž - 3.MAX 1964 – $\alpha = 0,9$ .....	37
<b>Obr. 51</b> - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 – $\alpha = 0,4$ .....	37
<b>Obr. 52</b> - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 – $\alpha = 0,5$ .....	37
<b>Obr. 53</b> - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 – $\alpha = 0,6$ .....	38
<b>Obr. 54</b> - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 – $\alpha = 0,7$ .....	38
<b>Obr. 55</b> - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 – $\alpha = 0,75$ .....	38
<b>Obr. 56</b> - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 – $\alpha = 0,8$ .....	39
<b>Obr. 57</b> - Profil Kroměříž - 4.MAX 1996 – $\alpha = 0,9$ .....	39
<b>Obr. 58</b> - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 – $\alpha = 0,4$ .....	39
<b>Obr. 59</b> - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 – $\alpha = 0,5$ .....	40
<b>Obr. 60</b> - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 – $\alpha = 0,6$ .....	40
<b>Obr. 61</b> - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 – $\alpha = 0,7$ .....	40
<b>Obr. 62</b> - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 – $\alpha = 0,75$ .....	41
<b>Obr. 63</b> - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 – $\alpha = 0,8$ .....	41
<b>Obr. 64</b> - Profil Kroměříž - 5.MAX 1965 – $\alpha = 0,9$ .....	41
<b>Obr. 65</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1977 – $\alpha = 0,4$ .....	42
<b>Obr. 66</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1977 – $\alpha = 0,5$ .....	42
<b>Obr. 67</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1977 – $\alpha = 0,6$ .....	42
<b>Obr. 68</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1977 – $\alpha = 0,7$ .....	43
<b>Obr. 69</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1977 – $\alpha = 0,75$ .....	43
<b>Obr. 70</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1977 – $\alpha = 0,8$ .....	43
<b>Obr. 71</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1977 – $\alpha = 0,9$ .....	44
<b>Obr. 72</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1978 – $\alpha = 0,4$ .....	44
<b>Obr. 73</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1978 – $\alpha = 0,5$ .....	44
<b>Obr. 74</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1978 – $\alpha = 0,6$ .....	45
<b>Obr. 75</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1978 – $\alpha = 0,7$ .....	45
<b>Obr. 76</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1978 – $\alpha = 0,75$ .....	45
<b>Obr. 77</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1978 – $\alpha = 0,8$ .....	46
<b>Obr. 78</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1978 – $\alpha = 0,9$ .....	46
<b>Obr. 79</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1985 – $\alpha = 0,4$ .....	46
<b>Obr. 80</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1985 – $\alpha = 0,5$ .....	47
<b>Obr. 81</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1985 – $\alpha = 0,6$ .....	47
<b>Obr. 82</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1985 – $\alpha = 0,7$ .....	47
<b>Obr. 83</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1985 – $\alpha = 0,75$ .....	48
<b>Obr. 84</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1985 – $\alpha = 0,8$ .....	48
<b>Obr. 85</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1985 – $\alpha = 0,9$ .....	48
<b>Obr. 86</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1987 – $\alpha = 0,4$ .....	49

<b>Obr. 87</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1987 – $\alpha = 0,5$ .....	49
<b>Obr. 88</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1987 – $\alpha = 0,6$ .....	49
<b>Obr. 89</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1987 – $\alpha = 0,7$ .....	50
<b>Obr. 90</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1987 – $\alpha = 0,75$ .....	50
<b>Obr. 91</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1987 – $\alpha = 0,8$ .....	50
<b>Obr. 92</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1987 – $\alpha = 0,9$ .....	51
<b>Obr. 93</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1999 – $\alpha = 0,4$ .....	51
<b>Obr. 94</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1999 – $\alpha = 0,5$ .....	51
<b>Obr. 95</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1999 – $\alpha = 0,6$ .....	52
<b>Obr. 96</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1999 – $\alpha = 0,7$ .....	52
<b>Obr. 97</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1999 – $\alpha = 0,75$ .....	52
<b>Obr. 98</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1999 – $\alpha = 0,8$ .....	53
<b>Obr. 99</b> - Profil Kroměříž – PRUM 1999 – $\alpha = 0,9$ .....	53
<b>Obr. 100</b> - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 – $\alpha = 0,4$ .....	53
<b>Obr. 101</b> - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 – $\alpha = 0,5$ .....	54
<b>Obr. 102</b> - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 – $\alpha = 0,6$ .....	54
<b>Obr. 103</b> - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 – $\alpha = 0,7$ .....	54
<b>Obr. 104</b> - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 – $\alpha = 0,75$ .....	55
<b>Obr. 105</b> - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 – $\alpha = 0,8$ .....	55
<b>Obr. 106</b> - Profil Kroměříž – 1.MIN 1953 – $\alpha = 0,9$ .....	55
<b>Obr. 107</b> - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 – $\alpha = 0,4$ .....	56
<b>Obr. 108</b> - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 – $\alpha = 0,5$ .....	56
<b>Obr. 109</b> - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 – $\alpha = 0,6$ .....	56
<b>Obr. 110</b> - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 – $\alpha = 0,7$ .....	57
<b>Obr. 111</b> - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 – $\alpha = 0,75$ .....	57
<b>Obr. 112</b> - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 – $\alpha = 0,8$ .....	57
<b>Obr. 113</b> - Profil Kroměříž – 2.MIN 1963 – $\alpha = 0,9$ .....	58
<b>Obr. 114</b> - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 – $\alpha = 0,4$ .....	58
<b>Obr. 115</b> - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 – $\alpha = 0,5$ .....	58
<b>Obr. 116</b> - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 – $\alpha = 0,6$ .....	59
<b>Obr. 117</b> - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 – $\alpha = 0,7$ .....	59
<b>Obr. 118</b> - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 – $\alpha = 0,75$ .....	59
<b>Obr. 119</b> - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 – $\alpha = 0,8$ .....	60
<b>Obr. 120</b> - Profil Kroměříž – 3.MIN 1992 – $\alpha = 0,9$ .....	60
<b>Obr. 121</b> - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,4$ .....	60
<b>Obr. 122</b> - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,5$ .....	61
<b>Obr. 123</b> - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,6$ .....	61
<b>Obr. 124</b> - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,7$ .....	61
<b>Obr. 125</b> - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,75$ .....	62
<b>Obr. 126</b> - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,8$ .....	62
<b>Obr. 127</b> - Profil Kroměříž – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,9$ .....	62
<b>Obr. 128</b> - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 – $\alpha = 0,4$ .....	63
<b>Obr. 129</b> - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 – $\alpha = 0,5$ .....	63
<b>Obr. 130</b> - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 – $\alpha = 0,6$ .....	63

<b>Obr. 131</b> - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 – $\alpha = 0,7$ .....	64
<b>Obr. 132</b> - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 – $\alpha = 0,75$ .....	64
<b>Obr. 133</b> - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 – $\alpha = 0,8$ .....	64
<b>Obr. 134</b> - Profil Kroměříž – 5.MIN 1972 – $\alpha = 0,9$ .....	65
<b>Obr. 135</b> - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 – $\alpha = 0,4$ .....	65
<b>Obr. 136</b> - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 – $\alpha = 0,5$ .....	65
<b>Obr. 137</b> - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 – $\alpha = 0,6$ .....	66
<b>Obr. 138</b> - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 – $\alpha = 0,7$ .....	66
<b>Obr. 139</b> - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 – $\alpha = 0,75$ .....	66
<b>Obr. 140</b> - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 – $\alpha = 0,8$ .....	67
<b>Obr. 141</b> - Profil Vlaské – 1.MAX 1974 – $\alpha = 0,9$ .....	67
<b>Obr. 142</b> - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 – $\alpha = 0,4$ .....	67
<b>Obr. 143</b> - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 – $\alpha = 0,5$ .....	68
<b>Obr. 144</b> - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 – $\alpha = 0,6$ .....	68
<b>Obr. 145</b> - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 – $\alpha = 0,7$ .....	68
<b>Obr. 146</b> - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 – $\alpha = 0,75$ .....	69
<b>Obr. 147</b> - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 – $\alpha = 0,8$ .....	69
<b>Obr. 148</b> - Profil Vlaské – 2.MAX 1994 – $\alpha = 0,9$ .....	69
<b>Obr. 149</b> - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 – $\alpha = 0,4$ .....	70
<b>Obr. 150</b> - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 – $\alpha = 0,5$ .....	70
<b>Obr. 151</b> - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 – $\alpha = 0,6$ .....	70
<b>Obr. 152</b> - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 – $\alpha = 0,7$ .....	71
<b>Obr. 153</b> - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 – $\alpha = 0,75$ .....	71
<b>Obr. 154</b> - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 – $\alpha = 0,8$ .....	71
<b>Obr. 155</b> - Profil Vlaské – 3.MAX 1976 – $\alpha = 0,9$ .....	72
<b>Obr. 156</b> - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 – $\alpha = 0,4$ .....	72
<b>Obr. 157</b> - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 – $\alpha = 0,5$ .....	72
<b>Obr. 158</b> - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 – $\alpha = 0,6$ .....	73
<b>Obr. 159</b> - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 – $\alpha = 0,7$ .....	73
<b>Obr. 160</b> - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 – $\alpha = 0,75$ .....	73
<b>Obr. 161</b> - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 – $\alpha = 0,8$ .....	74
<b>Obr. 162</b> - Profil Vlaské – 4.MAX 1957 – $\alpha = 0,9$ .....	74
<b>Obr. 163</b> - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 – $\alpha = 0,4$ .....	74
<b>Obr. 164</b> - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 – $\alpha = 0,5$ .....	75
<b>Obr. 165</b> - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 – $\alpha = 0,6$ .....	75
<b>Obr. 166</b> - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 – $\alpha = 0,7$ .....	75
<b>Obr. 167</b> - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 – $\alpha = 0,75$ .....	76
<b>Obr. 168</b> - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 – $\alpha = 0,8$ .....	76
<b>Obr. 169</b> - Profil Vlaské – 5.MAX 1996 – $\alpha = 0,9$ .....	76
<b>Obr. 170</b> - Profil Vlaské – PRUM 1951 – $\alpha = 0,4$ .....	77
<b>Obr. 171</b> - Profil Vlaské – PRUM 1951 – $\alpha = 0,5$ .....	77
<b>Obr. 172</b> - Profil Vlaské – PRUM 1951 – $\alpha = 0,6$ .....	77
<b>Obr. 173</b> - Profil Vlaské – PRUM 1951 – $\alpha = 0,7$ .....	78
<b>Obr. 174</b> - Profil Vlaské – PRUM 1951 – $\alpha = 0,75$ .....	78

<b>Obr. 175</b> - Profil Vlaské – PRUM 1951 – $\alpha = 0,8$ .....	78
<b>Obr. 176</b> - Profil Vlaské – PRUM 1951 – $\alpha = 0,9$ .....	79
<b>Obr. 177</b> - Profil Vlaské – PRUM 1978 – $\alpha = 0,4$ .....	79
<b>Obr. 178</b> - Profil Vlaské – PRUM 1978 – $\alpha = 0,5$ .....	79
<b>Obr. 179</b> - Profil Vlaské – PRUM 1978 – $\alpha = 0,6$ .....	80
<b>Obr. 180</b> - Profil Vlaské – PRUM 1978 – $\alpha = 0,7$ .....	80
<b>Obr. 181</b> - Profil Vlaské – PRUM 1978 – $\alpha = 0,75$ .....	80
<b>Obr. 182</b> - Profil Vlaské – PRUM 1978 – $\alpha = 0,8$ .....	81
<b>Obr. 183</b> - Profil Vlaské – PRUM 1978 – $\alpha = 0,9$ .....	81
<b>Obr. 184</b> - Profil Vlaské – PRUM 1993 – $\alpha = 0,4$ .....	81
<b>Obr. 185</b> - Profil Vlaské – PRUM 1993 – $\alpha = 0,5$ .....	82
<b>Obr. 186</b> - Profil Vlaské – PRUM 1993 – $\alpha = 0,6$ .....	82
<b>Obr. 187</b> - Profil Vlaské – PRUM 1993 – $\alpha = 0,7$ .....	82
<b>Obr. 188</b> - Profil Vlaské – PRUM 1993 – $\alpha = 0,75$ .....	83
<b>Obr. 189</b> - Profil Vlaské – PRUM 1993 – $\alpha = 0,8$ .....	83
<b>Obr. 190</b> - Profil Vlaské – PRUM 1993 – $\alpha = 0,9$ .....	83
<b>Obr. 191</b> - Profil Vlaské – PRUM 1995 – $\alpha = 0,4$ .....	84
<b>Obr. 192</b> - Profil Vlaské – PRUM 1995 – $\alpha = 0,5$ .....	84
<b>Obr. 193</b> - Profil Vlaské – PRUM 1995 – $\alpha = 0,6$ .....	84
<b>Obr. 194</b> - Profil Vlaské – PRUM 1995 – $\alpha = 0,7$ .....	85
<b>Obr. 195</b> - Profil Vlaské – PRUM 1995 – $\alpha = 0,75$ .....	85
<b>Obr. 196</b> - Profil Vlaské – PRUM 1995 – $\alpha = 0,8$ .....	85
<b>Obr. 197</b> - Profil Vlaské – PRUM 1995 – $\alpha = 0,9$ .....	86
<b>Obr. 198</b> - Profil Vlaské – PRUM 1999 – $\alpha = 0,4$ .....	86
<b>Obr. 199</b> - Profil Vlaské – PRUM 1999 – $\alpha = 0,5$ .....	86
<b>Obr. 200</b> - Profil Vlaské – PRUM 1999 – $\alpha = 0,6$ .....	87
<b>Obr. 201</b> - Profil Vlaské – PRUM 1999 – $\alpha = 0,7$ .....	87
<b>Obr. 202</b> - Profil Vlaské – PRUM 1999 – $\alpha = 0,75$ .....	87
<b>Obr. 203</b> - Profil Vlaské – PRUM 1999 – $\alpha = 0,8$ .....	88
<b>Obr. 204</b> - Profil Vlaské – PRUM 1999 – $\alpha = 0,9$ .....	88
<b>Obr. 205</b> - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 – $\alpha = 0,4$ .....	88
<b>Obr. 206</b> - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 – $\alpha = 0,5$ .....	89
<b>Obr. 207</b> - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 – $\alpha = 0,6$ .....	89
<b>Obr. 208</b> - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 – $\alpha = 0,7$ .....	89
<b>Obr. 209</b> - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 – $\alpha = 0,75$ .....	90
<b>Obr. 210</b> - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 – $\alpha = 0,8$ .....	90
<b>Obr. 211</b> - Profil Vlaské – 1.MIN 1962 – $\alpha = 0,9$ .....	90
<b>Obr. 212</b> - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 – $\alpha = 0,4$ .....	91
<b>Obr. 213</b> - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 – $\alpha = 0,5$ .....	91
<b>Obr. 214</b> - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 – $\alpha = 0,6$ .....	91
<b>Obr. 215</b> - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 – $\alpha = 0,7$ .....	92
<b>Obr. 216</b> - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 – $\alpha = 0,75$ .....	92
<b>Obr. 217</b> - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 – $\alpha = 0,8$ .....	92
<b>Obr. 218</b> - Profil Vlaské – 2.MIN 1983 – $\alpha = 0,9$ .....	93

<b>Obr. 219</b> - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 – $\alpha = 0,4$ .....	93
<b>Obr. 220</b> - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 – $\alpha = 0,5$ .....	93
<b>Obr. 221</b> - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 – $\alpha = 0,6$ .....	94
<b>Obr. 222</b> - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 – $\alpha = 0,7$ .....	94
<b>Obr. 223</b> - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 – $\alpha = 0,75$ .....	94
<b>Obr. 224</b> - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 – $\alpha = 0,8$ .....	95
<b>Obr. 225</b> - Profil Vlaské – 3.MIN 1989 – $\alpha = 0,9$ .....	95
<b>Obr. 226</b> - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,4$ .....	95
<b>Obr. 227</b> - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,5$ .....	96
<b>Obr. 228</b> - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,6$ .....	96
<b>Obr. 229</b> - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,7$ .....	96
<b>Obr. 230</b> - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,75$ .....	97
<b>Obr. 231</b> - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,8$ .....	97
<b>Obr. 232</b> - Profil Vlaské – 4.MIN 1990 – $\alpha = 0,9$ .....	97
<b>Obr. 233</b> - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 – $\alpha = 0,4$ .....	98
<b>Obr. 234</b> - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 – $\alpha = 0,5$ .....	98
<b>Obr. 235</b> - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 – $\alpha = 0,6$ .....	98
<b>Obr. 236</b> - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 – $\alpha = 0,7$ .....	99
<b>Obr. 237</b> - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 – $\alpha = 0,75$ .....	99
<b>Obr. 238</b> - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 – $\alpha = 0,8$ .....	99
<b>Obr. 239</b> - Profil Vlaské – 5.MIN 1963 – $\alpha = 0,9$ .....	100
<b>Obr. 240</b> - Vybraný průběh řízení v profilu Kroměříž.....	101

## 10. Seznam použitých tabulek

<b>Tab. 1</b> - N-leté průtoky v profilu Vlaské [4] .....	2
<b>Tab. 2</b> - N-leté průtoky v profilu Kroměříž [4] .....	3
<b>Tab. 3</b> - Hodnoty zásobních prostorů jednotlivých nádrží .....	15
<b>Tab. 4</b> - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] ve vybraných maximálních letech v profilu Vlaské .....	21
<b>Tab. 5</b> - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] ve vybraných průměrných letech v profilu Vlaské .....	22
<b>Tab. 6</b> - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] ve vybraných minimálních letech v profilu Vlaské .....	22
<b>Tab. 7</b> - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] ve vybraných maximálních letech v profilu Kroměříž .....	23
<b>Tab. 8</b> - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] ve vybraných průměrných letech v profilu Kroměříž .....	24
<b>Tab. 9</b> - Hodnoty průměrných měsíčních průtoků [ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ] ve vybraných minimálních letech v profilu Kroměříž .....	24