VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ KRAJINY
INSTITUTE OF LANDSCAPE WATER MANAGEMENT

ANALÝZA ZÁSOBNÍHO OBJEMU VYBRANÉ VODNÍ NÁDRŽE

WATER MANAGEMENT ANALYSIS OF RESERVOIR STRORAGE CAPACITY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE Ahmad Al-Ali
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. DANIEL MARTON, Ph.D.
SUPERVISOR

BRNO 2019

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodního hospodářství krajiny

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Ahmad Al-Ali
Název	Analýza zásobního objemu vybrané vodní nádrže
Vedoucí práce	Ing. Daniel Marton, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

prof. Ing. Miloš Starý, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

VOTRUBA L., BROŽA V., Water Management and Reservoirs, Prague, 1989

STARÝ M., Hydrologie (MODUL 01), VUT v Brně - Fakulta stavební, Brno, 2005.

STARÝ M., Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 01), VUT v Brně - Fakulta stavební, Brno, 2006.

STARÝ M., Nádrže a vodohospodářské soustavy (MODUL 02), VUT v Brně - Fakulta stavební, Brno, 2006.

MARTON, D.; STARÝ, M.; MENŠÍK, P.: UNCERESERVOIR; UNCERESERVOIR - Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže. http://uvhk.fce.vutbr.cz/software. php. URL: http://uvhk.fce.vutbr.cz/software. php. (software)

MARTON D., Vodohospodářské řešení zásobní funkce nádrže - vývoj softwarového produktu, VUT v Brně - Fakulta stavební, Brno, 2007

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Současné období sucha je závažný problém postihující nejen krajinu, ale také zásobu povrchových a podzemních vodních zdrojů. Zásobu vody v nádržích je v současnosti nutné řešit nejen z pohledu vývoje klimatických podmínek v České republice, ale také v návaznosti na hydrologickou cykličnost průtokových řad. Cílem práce je pro vyhranou vodní nádrž provést detailní analýzu vývoje zásobního objemu v čase s vazbou na analýzu časové řady průměrných ročních průtoků. K výpočtům bude použit simulační model nádrže a analýza časové řady převzatá ze souběžně řešené bakalářské práce zpravované Vojtěchem Černým. Praktická aplikace bude provedena na nádrži Vír I provozované podnikem Povodí Moravy na řece Svratce.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ 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. Daniel Marton, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou zásobního objemu vybrané vodní nádrže. V teoretické části je práce zaměřena na metody výpočtů stanovení zásobního objemu a nalepšeného odtoku. Cílem této práce je provést detailní analýzu vývoje zásobního objemu v čase s vazbou na analýzu časové řady průměrných ročních průtoků.

KLÍČOVÁ SLOVA

vodní nádrž, zásobní objem nádrže, průměrný měsíční průtok, průměrný roční průtok, nalepšený odtok.

ABSTRACT

This bachelor's thesis contains a storage volume analysis of a selected water reservoir. The theoretical part of the thesis is focused on determing storage reservoir capacity and outflow of reservoir. The thesis's goal is to perform a detail analysis of changes in the storage capacity with relation to time series of the mean annual flows' statistical analysis.

KEYWORDS

water reservoir, reservoir storage volume, mean monthly flow, mean yearly flow, outflow.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ahmad Al-Ali *Analýza zásobního objemu vybrané vodní nádrže.* Brno, 2019. 72 s., Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodního hospodářství krajiny. Vedoucí práce doc. Ing. Daniel Marton, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Analýza zásobního objemu vybrané vodní nádrže* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 5. 2019

Ahmad Al-Ali

autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji doc. Ing. Danielu Martonovi, Ph.D. za vedení mé bakalářské práce a za čas, který mi věnoval. Děkuji mu taktéž za připomínky k mé práci a veškerou odbornou pomoc, kterou mi poskytnul.

OBSAH

1 ÚVOD ... 9

2 METODY ... 10

2.1 STANOVENÍ DLOUHODOBÉHO PRŮMĚRNÉHO PRŮTOKU Q_a ... 10

2.2 NALEPŠENÝ ODTOK op ... 10

2.3 ZÁKLADNÍ ROVNICE NÁDRŽE ... 11

2.4 ÚLOHA TYPU ČÍSLO 1. v_z (O_p, P), PRO p = 100 % ... 13

2.5 ČETNOST PORUCHOVÝVH MĚSÍCŮ ... 14

3 PRAKTICKÁ APLIKACE ... 15

3.1 OBLAST POVODÍ DYJE ... 15

3.2 ŘEKA SVRATKA ... 16

3.3 VODNÍ NÁDRŽ VÍR I ... 17

3.3.1 ROZDĚLENÍ PROSTORU NÁDRŽE A VÝŠKOVÉ KOTY VD I ... 18

3.4 VÝPOČET ÚLOHY TYPU V_Z *(O_P, P = 100 %)* - POČETNÍ ŘEŠENÍ ... 19

3.4.1 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 65 LET ... 20

3.4.2 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 20 LET ... 21

3.4.3 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 10 LET ... 23

3.4.4 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 5 LET ... 30

3.5 POROVNÁNÍ NALEPŠENÉHO ODTOKU A ZÁSOBNÍHO OBJEMŮ V RŮZNÝCH ČASOVÝCH ÚSECÍCH ... 43

3.5.1 POROVNÁNÍ Q_a A O_p - 65 LET ... 43

3.5.2 POROVNÁNÍ Q_a A O_p - 20 LET ... 44

3.5.3 POROVNÁNÍ Q_a A O_p – 10 LET ... 45

3.5.4 POROVNÁNÍ Q_a A O_p - 5 LET ... 46

3.6 ANALÝZA ČETNOSTI PORUCHOVÝCH MĚSÍCŮ PODLE ZÁSOBNÍHO OBJEMU NÁDRŽE ... 48

3.6.1 ČETNOST PORUCHOVÝVH MĚSÍCŮ ... 53

4 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ... 57

5 ZÁVĚR ... 67

SEZNAM TABULEK ... 70

SEZNAM OBRÁZKŮ ... 71

1 ÚVOD

Důležitým tématem dnešní doby jsou bezesporu změny v hydrologickém klimatickém režimu v České republice. V současnosti zaznamenáváme extrémní jevy, jako jsou sucha a povodně, které vedou ke změnám hydrologického režimu v povodí. Povodně jsou způsobené převážně intenzivními srážkami. Opačný extrém, tedy období sucha je problémem postihujícím nejen krajinu, ale také zásobu povrchových a podzemních vodních zdrojů. Proměnlivost a přerozdělení srážkových úhrnů v průběhu roku, změna teploty a vlhkosti vzduchu jsou dalšími činiteli ovlivňující klimatický a hydrologický režim. Zásobu vody v nádržích je tedy v současnosti nutné řešit nejen z pohledu vývoje klimatických podmínek v České republice, ale také v návaznosti na hydrologickou cykličnost průtokových řad.

Cíl bakalářské práce:

Tato bakalářská práce se zabývá analýzou zásobního objemu vybrané vodní nádrže. V teoretické části je práce zaměřena na metody výpočtů stanovení zásobního objemu a nalepšeného odtoku. Cílem této práce je provést detailní analýzu vývoje zásobního objemu v čase s vazbou na analýzu časové řady průměrných ročních průtoků. K výpočtům bude použit simulační model nádrže a analýza časové řady převzatá ze souběžně řešené bakalářské práce zpravované Vojtěchem Černým. Praktická aplikace bude provedena na nádrži Vír I provozované podnikem Povodí Moravy na řece Svratce.

2 METODY

2.1 STANOVENÍ DLOUHODOBÉHO PRŮMĚRNÉHO PRŮTOKU Q_a

Dlouhodobý průměrný průtok, též někdy nazýván jako hydrologický potenciál povodí, přísluší k jeho závěrovému profilu. Průtok Q_a je jednou ze základních hydrologických veličin, na jejíž výsledek májí vliv klimatické a geografické činitele povodí. Jeho hodnota je závislá na vodnosti toků. Dlouhodobý průměrný průtok je aritmetickým průměrem řady průměrných denních průtoků Q_d. Počítá se v profilech ze základní rovnice průměru: [1]

$$Q_a = \frac{\sum Q}{n} \qquad [\mathrm{m^3/s}] \tag{1}$$

Kde Q_a je Dlouhodobý průměrný průtok, Q je průtok prezentovaný chronologickou měsíční průtokovou řadou, n je počet prvků řadou.

2.2 NALEPŠENÝ ODTOK OP

Rovnice nalepšeného odtoku:

$$O_p = Q_a \cdot \alpha \qquad [\mathrm{m^3/s}] \tag{2}$$

Kde O_p je nalepšený odtok, Q_a je průměrný dlouhodobý přítok vody do nádrže, α je součinitele nalepšeného odtoku. Na dolní hranici variačního rozpětí je určen nalepšený odtok O_p s danou zabezpečeností nalepšeného odtoku P nároky na odběr vody zejména pro: [2]

- Obyvatelstvo
- Zemědělství
- Průmysl
- Hydroenergetiku

dále pak pro:

- Plavbu
- Chov ryb a vodní drůbeže

2.3 ZÁKLADNÍ ROVNICE NÁDRŽE

Základní rovnice pro provozování nádrží a vodohospodářských soustav, jsou rovny průtoku vody do nádrže, který má funkci $Q = f_1\ (t)$ a odtoku vody z nádrže $O = f_2\ (t)$. Funkce jsou proměnné v čase, a proto je není možno analyticky popsat. V základní rovnici nádrže je objem vody přiteklé do nádrže za nekonečně malý časový interval *dt* roven $dV = (Q(t) - O\left(V(t)\right))\ dt$. Kde *Q(t)* a *O(V(t))* jsou střední hodnoty přítoku a odtoku vody za *dt*. Rovnici objemu vody je možno popsat jako základní diferenciální rovnici prvního řádu, která plyne ze zachování hmotnosti vyjádřeného v diferenciální formě – pro nestlačitelnou kapalinu:

$$Q(t) - O\left(V(t)\right) = \frac{dV(t)}{dt} \tag{3}$$

Kde $\frac{dV(t)}{dt} = R(t)$, se nazývá retencí, to znamená, že značí okamžitou změnu objemu vody v nádrži.

Ze vztahu $dV = Q(t) - O\left(V(t)\right))\ dt$, je plyne pokud:

- $(t) > O\left(V(t)\right)$, retence je $R(t) > 0$, nádrž se plní
- $Q(t) < O\left(V(t)\right)$, retence je $R(t) < 0$, nádrž se prázdní
- $Q(t) = O\left(V(t)\right)$, retence je $R(t) = 0$, plnění nádrže se nemění

Objem vody, který přiteče do nádrže v libovolném časovém intervalu < t_0, t >, je dán dle integrálního vztahu:

$$V(t) - V(\ t_o) = \int_{t_o}^{t} \left[Q(t) -\ O\left(V(t)\right)\right] \cdot dt \tag{4}$$

V případě, že je hodnota $Q(t) > O\left(V(t)\right)$, objem vody v nádrži se zvětšuje. V případě, že je hodnota $Q(t) < O\left(V(t)\right)$, objem vody v nádrži zmenšuje. Při známém objemu vody v nádrži V_0 v čase t_0 je možno určit plnění nádrže v libovolném čase t dle vztahu, který plyne ze zákona zachování hmotnosti vyjádřeního v integrální formě jako:

$$V(t) = V_o + \int_{t0}^{t} \left[Q(t) - O\left(V(t)\right)\right] \cdot dt \qquad (5)$$

Pro plnění nádrže:

$$V(t) \in <0, Vmax>,$$

Kde V_{max} je maximální objem nádrže, jehož hodnota se určí ze vztahu $V(t) = V_o + \int_{t_o}^{t} \left[Q(t) - O\left(V(t)\right)\right] \cdot dt$. Kdy se proměnná t pohybuje v časovém intervalu $< t_o, t >$. Aby podmínka $V(t) \in < 0, V_{max} >$, vyhovovala tak je nutno upravit hodnotu integrálu. Jedinou hodnotu, kterou můžeme měnit v integrální formě $V(t) = V_o + \int_{t_o}^{t} \left[Q(t) - O\left(V(t)\right)\right] \cdot dt$ je funkce *O(V(t))*, protože jeho velikost je dána jednak nároky uživatelů vody a jednak plněním nádrže a přítokem vody do ní. Funkce *O(V(t))*, je závislá a můžeme ji měnit v průběhu provozu podle přijmutých pravidel řízení. Funkce *Q(t)* je neměnná.

Q(t) a *O(V(t))*, jsou časové funkce, které nelze vyjádřit analyticky nebo je vyčíslit přímo integrálně $V(t) - V(t_o) = \int_{t_o}^{t} \left[Q(t) - O\left(V(t)\right)\right] \cdot dt$. Proto se pro proměnná t nahrazuje ve funkcích *Q(t)* a *O(V(t))* časovými řadami a integrál $V(t) - V(t_o) = \int_{t_o}^{t} \left[Q(t) - O\left(V(t)\right)\right]$. dt se nahradí sumou. Výraz $V(t) = V_o + \int_{t_o}^{t} \left[Q(t) - O\left(V(t)\right)\right]$. dt můžeme přepsat v součtovém tvaru:

$$V_n = V_o + \sum_{i=1}^{n} \left(Q_i - O_i \left(V_i \right)\right) \cdot \Delta t \qquad (6)$$

Kde V_n je plnění nádrže na konci intervalu Δt_n, Q_i a O_i (V_i) jsou střední hodnoty *Q(t)* a *O (V(t))*, na časovém intervalu Δt_i, n je interval Δt, náležející do $< t_o, t >$, Δt_i je časový interval, náležející do $< t_o, t >$. Součtový tvar $V_n = V_o + \sum_{i=1}^{n} \left(Q_i - O_i \left(V_i \right)\right) . \Delta t$, je zjednodušeným řešením integrální vztahu $V(t) = V_o + \int_{t_o}^{t} \left[Q(t) - O\left(V(t)\right)\right] . dt$.

Analogicky základní rovnici nádrže ve tvaru diferenčním:

$$Q_i - Q_i(V_i) = \frac{\Delta V_i}{\Delta t_i} \tag{7}$$

Tato rovnice se používá nejčastěji při zjednodušením řešení ochranné funkce nádrží. [2]

2.4 ÚLOHA TYPU ČÍSLO 1. V_Z (O_P, P), PRO P = 100 %

Jde o úlohu, ve které hledáme zásobní objem V_z, v případě, že nalepšený odtok O_p se zabezpečeností nalepšeného odtoku P = 100 %. Úloha se řeší v jediné variantě, jednorázovou simulací provozu nádrže. Počáteční podmínkou je plná nádrž s nulovým prázdněním. Početní řešení úlohy číslo 1. je znázorněno v tabulce 1.

Řešení vztahu je mezi zásobním objemem V_z, nalepšeným odtokem O_p a zabezpečeností nalepšeného odtoku P, je možné provádět početně i graficky. Grafické řešení slouží k pochopení principu řešených úloh a vyniká přehledností a názorností. Početní řešení je méně přehledné, ale vhodné při použití výpočetní technicky. [2]

Tabulka 1. Znázornění výpočtu úlohy číslo 1. *V_z (O_P, P), Pro P = 100 %*

1	2	3	4	5	6	7	8
i	**Rok**	**Měsíc**	***Q*** [m^3/s]	***O_p*** [m^3/s]	***O*** [m^3/s]	***$(O_p$-Q)·Δt*** [m^3]	***∑$(O_p$-Q)·Δt*** [m^3]

Do sloupce č. 4 se vkládají vstupní data – je dán se o přítok do nádrže Q a je prezentován chronologickou měsíční průtokovou řadou. Ve sloupci č. 5 je udáván plánovaný nalepšený odtok vody z nádrže O_p. Sloupec č. 6 prezentuje hodnoty skutečných odtoků z nádrže O. Ve sloupci č. 7 je uvedena jednoduchá bilance, která je provedena mezi nalepšeným odtokem O_p a přítokem vody do nádrže Q, v určitém měsíčním časovém Δt = 2 630 000 s. Ve sloupci č. 8 je uvedeno řešení pro simulaci prázdění nádrže, pokud v daném měsíci $O_p < Q$, nádrž se plní a pokud $O_p > Q$, nádrž se prázdní. Změna prázdnění nádrže na konci každého měsíce je uvedena jako, dílčí bilance $(O_p - Q) \cdot \Delta t$, která je uvedena ve sloupci č. 7 a je přičtena ke stavu prázdnění nádrže na konci předchozího měsíce $\sum(O_p - Q) \cdot \Delta t$. Pokud nádrž je plná tak platí, že je v daném

měsíci průtok Q, větší než plánovaný nalepšený odtok O_p, pak platí, že je plánovaný nalepšený odtok roven průtoku, to znamená že nádrž není možno dále plnit, a do sloupce č. 8 $\sum(O_p - Q) \cdot \Delta t$, se píše automaticky nula. V případě, že dojde k naplnění nádrže v průběhu měsíce, píšeme do sloupce č. 8 $\sum(O_p - Q) \cdot \Delta t$, nulu, ale skutečný odtok zvětšíme o tolik, aby bylo dosaženo naplnění nádrže na konci měsíce. To znamená, že odečteme od přítoku Q skutečný odtok O, který je roven velikosti nalepšeného odtoku O_p. Velikost zásobního objemu V_z je maximální vypočítaná hodnota ve sloupci č. 8 $\sum(O_p - Q) \cdot \Delta t$. [2]

2.5 ČETNOST PORUCHOVÝVH MĚSÍCŮ

Jde o úlohu, kde hledáme zásobní objem V_z, v případě, že je hodnoty nalepšeného odtoku O_p a zabezpečenost nalepšeného odtoku P jsou zadány (P = 100 %). Úloha se řeší v jedné variantě jednorázovou simulací provozu nádrže. Počáteční podmínkou je plná nádrž (nulové prázdnění). [2]

Tabulka 2. znázornění výpočtu určení zásobního objemu. *V_z (O_p, P), Pro P = 100 %*

1	2	3	4
MĚSÍC	**$\sum(O_p\text{-}Q).\Delta t$ [m^3]**	**V_z-($\sum(O_p\text{-}Q).\Delta t$)**	**Podmínka,1,0**

Ve sloupci č. 1 jsou uvedena vstupní data přítoku do nádrže. Ve sloupci č. 2 je uvedena jednoduchá bilance, která je provedena mezi nalepšeným odtokem a přítokem vody do nádrže, v určitém měsíčním časovém Δt = 2 630 000 s. Ve sloupci č. 3 je počítáno řešení pro simulaci prázdnění nádrže. Pokud v daném měsíci $\sum(O_p\text{-}Q) \cdot \Delta t < V_{z,Vir}$, kde $V_{z,Vir}$ = 44 056 000 m^3, nádrž se plní (nulové prázdnění), a pokud $\sum(O_p\text{-}Q) \cdot \Delta t > V_{z,Vir}$, nádrž se prázdní (prázdnění nádrže). Ve sloupci č. 4 je Řešeno podmínkou simulovaná hranice × $V_{z,Vir} > V_{z,Vir}$,1,0.

Simulovaná hranice poruchy je změna z prázdné nádrže na konci každého měsíce, která je získána jako dílčí bilance simulační hranice násobená objemem $V_{z,Vir}$. Pokud je zásobní objem nad simulovanou hranici poruchy tak platí, že simulační hranice násobená objemem $V_{z,Vir}$ je menší než zásobní objem V_z - $(\sum(O_p\text{-}Q) \cdot \Delta t)$ v *daném měsící*, proto ve sloupci č. 3 píšeme automaticky 0. V případě že simulační hranice násobená objemem $V_{z,Vir}$, je větší než zásobní objem V_z - $(\sum(O_p\text{-}Q) \cdot \Delta t)$ píše se automaticky 1.

3 PRAKTICKÁ APLIKACE

3.1 OBLAST POVODÍ DYJE

Oblast povodí Dyje je druhá největší z osmi oblastí povodí v České republice, která se rozkládá v jižní části České republiky. Oblast povodí Dyje zasahuje do šesti krajů na území České republiky, do kraje Jihomoravského (cca 55,2 %), do kraje Vysočina (cca 34,3 %), do Jihočeského kraje (cca 4,5 %), do Pardubického kraje (cca 4,4 %), do Zlínského kraje (cca 1,1 %) a do kraje Olomouckého (cca 0,5 %). Oblast povodí Dyje není příliš výškově členěná, největšší polohy jsou situovány na Českomoravské vrchovině. Nejvyšší bod v oblasti povodí Dyje leží na její západní hranici na hlavním evropském rozvodí Dunaje a Labe, jedná se o vrchol Javořice s nadmořskou výškou 837 m n. m. Kóta terénu v zaústění Dyje do Moravy je cca 150 m. n. m.

Obrázek 1 - Povodí Dyje (*www.pmo.cz*)

Jedním z největších přítoků řeky Dyje je řeka Svratka, která odvádí vody ze severní části Českomoravské vrchoviny. Řeka Svratka pramení na úbočí Křivého javoru a Žákovy hory ve Žďárských vrších, druhý významný pramen vzniká u hájovny Blatky (někdy značen jako Břimovka). Teče pak zhruba jihojihovýchodním směrem, skrze Hornosvrateckou vrchovinu, kde je na ní vybudována soustava přehrad Vír I a Vír II. Nad

Tišnovem přijímá Loučku a u Veverské Bítýšky přetíná Boskovickou brázdu. Následuje Brněnská přehrada a kotlina města Brna. Zde Svratka mění směr na jižní a u Přízřenic přijímá svůj největší levý přítok Svitavu. Pokračuje napřímeným korytem rovinou Dyjsko-svrateckého úvalu a v Židlochovicích se do ní vlévá Litava. Těsně před deltovým vyústěním do střední nádrže vodního díla Nové Mlýny na Dyji se Svratka stéká s Jihlavou, která je technicky vzato jejím největším přítokem. [3]

3.2 ŘEKA SVRATKA

Svratka (německy Schwarza(ch) nebo Schwarzawa) je řeka na Moravě, největší přítok Dyje a hlavní tok procházející městem Brnem. Protéká postupně okresy Žďár nad Sázavou v Kraji Vysočina a Brno-venkov, Brno-město, opět Brno-venkov a Břeclav v Jihomoravském kraji. Je dlouhá 173,9 km, plocha povodí činí 7112,79 km². Na Vysočině mezi Cikhájí a Jimramovem tvoří řeka nebo její břehy části historické zemské hranice Čech a Moravy, i když na řadě míst se zde zemská hranice od říčního koryta drobně odchyluje.

Název Svratky pravděpodobně vychází ze staročeského slova „svorti“ – vinout se. V minulosti byla také, pod vlivem německého pojmenování, nazývána Švarcava.
Svratka pramení na úbočí Křivého javoru a Žákovy hory ve Žďárských vrších, druhý významný pramen vzniká u hájovny Blatky (někdy značen jako Břimovka). Teče pak zhruba jihojihovýchodním směrem, skrze Hornosvrateckou vrchovinu, kde je na ní vybudována soustava přehrad Vír I a Vír II. Nad Tišnovem přijímá Loučku a u Veverské Bítýšky přetíná Boskovickou brázdu. Následuje Brněnská přehrada a kotlina města Brna. Zde Svratka mění směr na jižní a u Přízřenic přijímá svůj největší levý přítok Svitavu. Pokračuje napřímeným korytem rovinou Dyjsko-svrateckého úvalu a v Židlochovicích se do ní vlévá Litava. Těsně před deltovým vyústěním do střední nádrže vodního díla Nové Mlýny na Dyji se Svratka stéká s Jihlavou, která je technicky vzato jejím největším přítokem, ale často se bere za rovnocenný přítok Dyje.

Řeka Svratka odvádí vodu z Českomoravské vrchoviny, kde protéká přehradní nádrží Vír a dále se stává součástí přehrady v Brně. Plocha povodí řeky při ústí do řeky Dyje je 4115 km^2, a délka řeky je 174 km. Údolní nádrž Vír je postavena na řece Svratce, která se skládá z dvou částí. První část (Vír I) je větší a nachází se nad obcí Vír. Druhá část (Vír II) je o několik kilometrů níže po řece. Obě jsou pevně ukotveny ve skalních

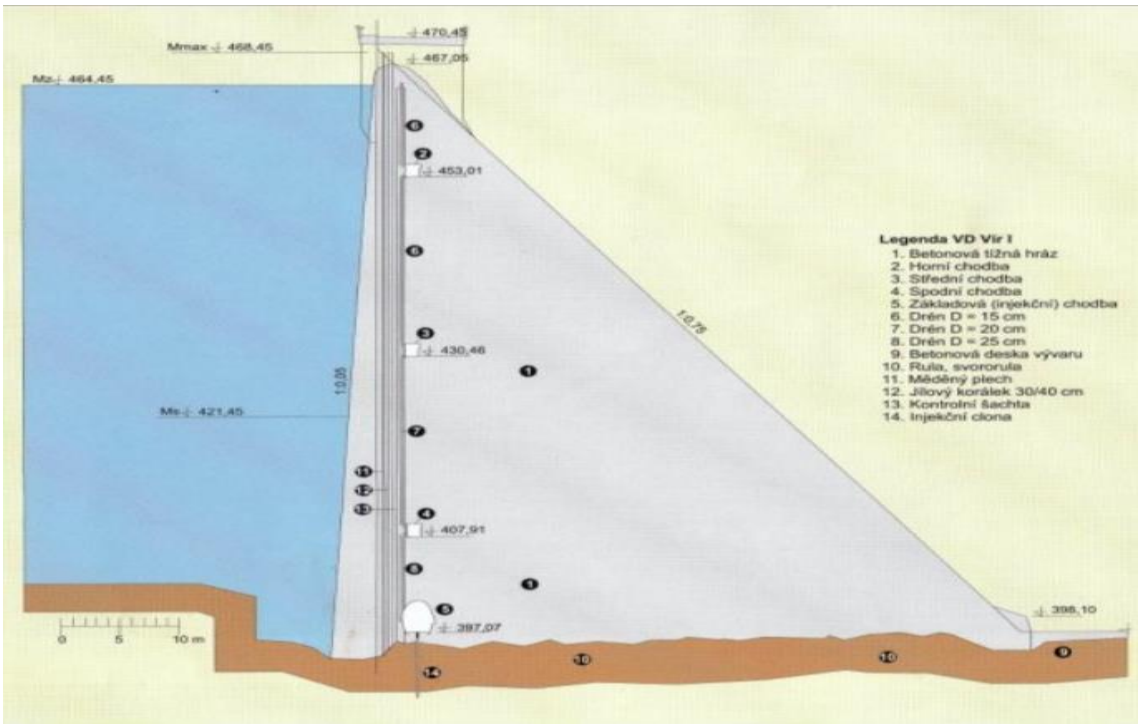
stěnách. Přehradní nádrž byla postavena v roku 1947 a roku 1958 byla uvedena do plného chodu [5] [6] [7] [8]

3.3 VODNÍ NÁDRŽ VÍR I

Vír I je přehradní nádrž s betonovou gravitační hrází o výšce 76 m vybudovaná na řece Svratce v ř. km 114,9 nad obcí Vír. Byla postavena v letech 1947 až 1957. Roku 1958 byla uvedena do plného provozu. Její stavba způsobila zánik obce Chudobín u Dalečína a zánik části obce Korouhvice. Nádrž je vybudována v povodí řeky Svratky a řeka Svratka je také hlavním přítokem vody do nádrže. Plocha povodí nad nádrží je přibližně 410,35 km^2. Průměrný dlouhodobý přítok vody do nádrže je Q_a = 3,607 m^3/s, nalepšený odtok je O_p = 2.53 m^3/s. a ekologický průtok tvořící hranici sucha je Q_{355} = 0.48 m^3/s

Pitná voda z Vírské přehrady zásobuje Bystřicko, Novoměstsko, část Ždárska a v současné době i Brno. Průměrná produkce pitné vody se pohybuje v rozmezí 40–60 litrů za sekundu, maximálně až 200 litrů za sekundu. Při normálním denním provozu je tedy možno dodat přes 5000 metrů krychlových pitné vody. [4] [5] [8]

Obrázek 2 - Prohled na hráz vodní nádrže Vír I (www.prehradavir.cz)



Obrázek 3 - Příčný řez hrází vodní nádrže Vír I (www.virvudolisvratky.cz)

Těleso hráze nádrže je betonové tížné, členěné do 26 bloků. Výška hráze nade dnem je 66,2 m, délka v koruně 390 m a šířka v koruně je 9 m. Hráz je koncipovaná jako stavba s kruhově zakřiveným půdorysem. [5] [8]

3.3.1 ROZDĚLENÍ PROSTORU NÁDRŽE A VÝŠKOVÉ KOTY VD I

Tabulka 3. Prostor stálého nadržení

Stálé nadržení	3 800 mil. m^3
Hladina stálého nadržení	421,45 m n. m.
Zásobní prostor	44 056 mil. m^3
Hladina zásobního prostoru	464,45 m n. m.
Hladina retenčního neovladatelného prostoru	468,45 m n. m
prostor retenční neovladatelný	3 051 mil. m^3
Celkový objem	56 193 mil. m^3

Tabulka 4. Technické parametry tělesa hráze

Kota koruny	470,45 m n. m.
Šířka koruny	9,00 m
Výška hráze nade dnem	66,20 m
Délka hráze v koruně	390,0 m

3.4 VÝPOČET ÚLOHY TYPU V_Z $(O_P, P = 100\ \%)$ - POČETNÍ ŘEŠENÍ

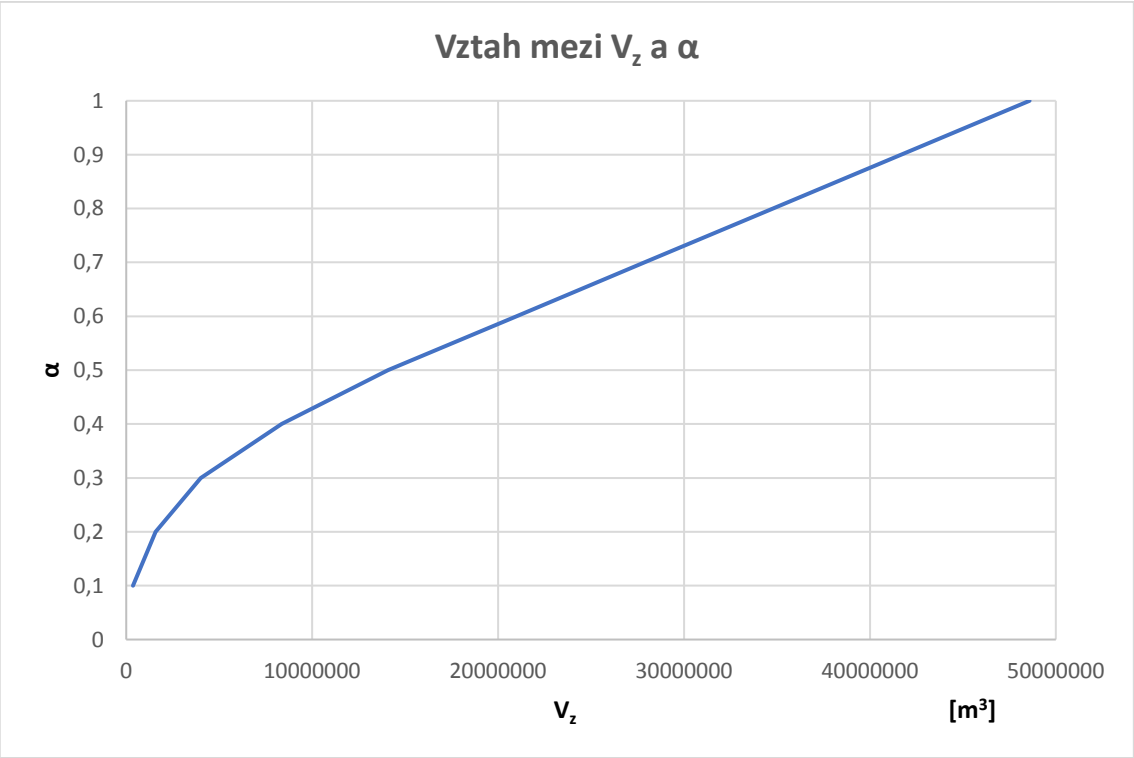
Úkolem této úlohy bylo stanovení zásobního objemu a nalepšeného odtoku a zabezpečenost nalepšeného odtoku ve vodní nádrži Vír I. Výpočet úlohy typu 1, byl provedem pro období od roku 1950 až 2015, tedy pro časový úsek 65 let. Velikosti zásobních objemů byly zjištěny výpočtem. Nejprve byl proveden výpočet pro celou dobu trvání a následně byl výpočet proveden po 20, 10 a 5 letech. Hodnoty součinitele nalepšení odtoku byly použity následující $\alpha \in < 0.1; 1.0 >$ pro měsíční časový úsek Δt = 2 630 000 s.

3.4.1 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 65 LET

V tabulce č. 5 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.280 m^3/s.

Tabulka 5. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období 1950 – 2015

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.328	0.1	362 845.360
0.656	0.2	1580251.439
0.984	0.3	4006700.398
1.312	0.4	8363758.636
1.640	0.5	14085124.394
1.968	0.6	20985487.273
2.296	0.7	27885850.152
2.624	0.8	34786213.030
2.952	0.9	41686575.909
3.280	1.0	48586938.788



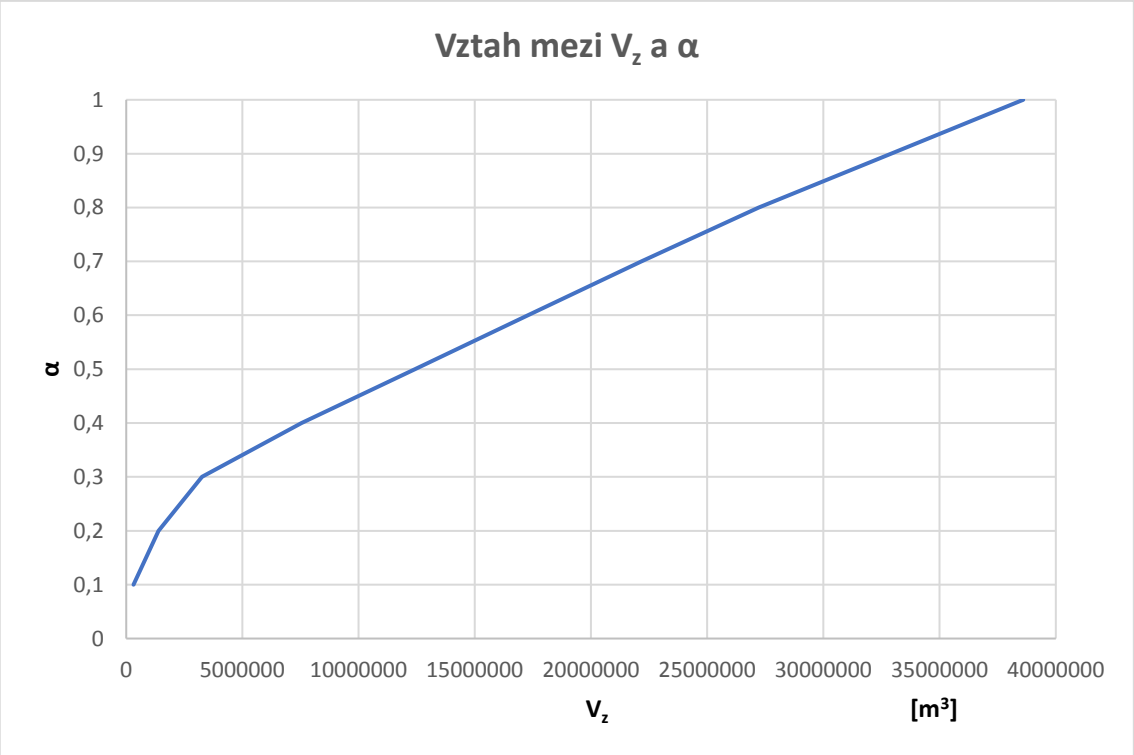
Obrázek 4. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 2015

3.4.2 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 20 LET

V tabulce č. 6 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.090 m^3/s.

Tabulka 6. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1950 – 1973

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.309	0.1	313043.969
0.618	0.2	1381045.875
0.927	0.3	3259679.531
1.236	0.4	7541985.250
1.545	0.5	12418449.063
1.854	0.6	17294912.875
2.163	0.7	22171376.688
2.472	0.8	27219382.250
2.781	0.9	32908590.031
3.090	1.0	38597797.813

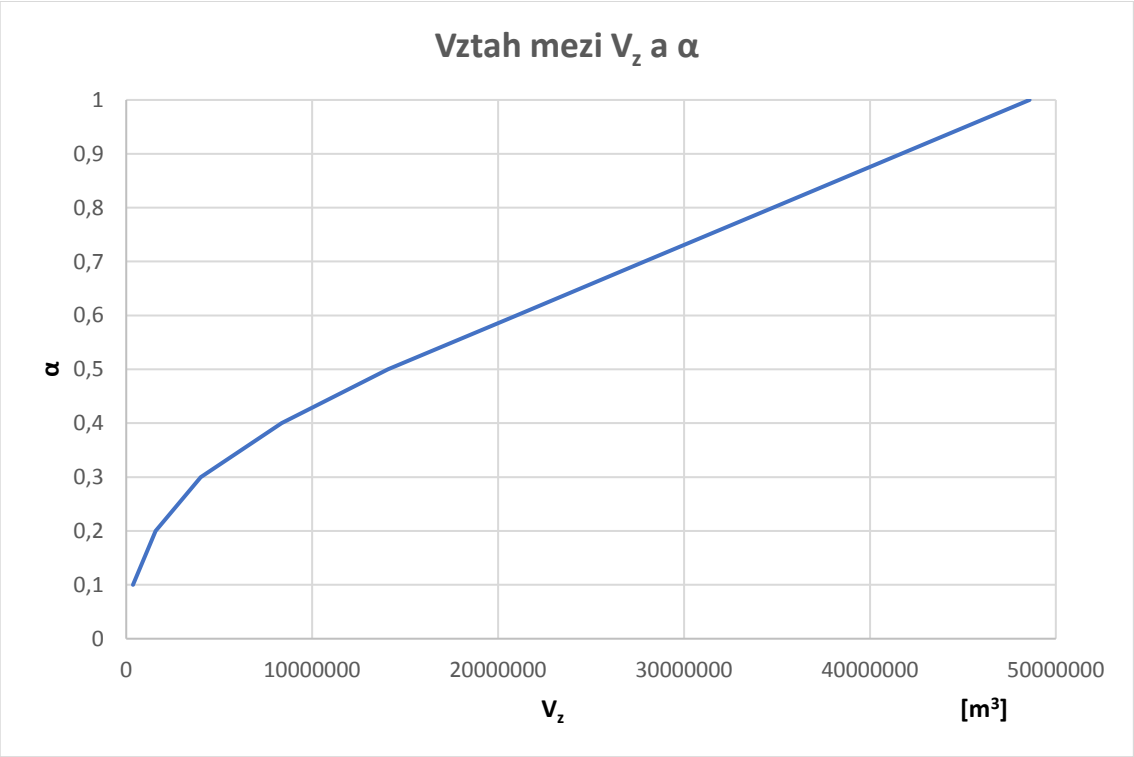


Obrázek 5. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 1973

V tabulce č. 7 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.388 m^3/s.

Tabulka 7. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1974 – 2015

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.339	0.1	0.000
0.678	0.2	781473.190
1.016	0.3	4191609.464
1.355	0.4	9046749.143
1.694	0.5	15223441.905
2.033	0.6	22351468.286
2.371	0.7	29479494.667
2.710	0.8	36607521.048
3.049	0.9	43735547.429
3.388	1.0	50863573.810



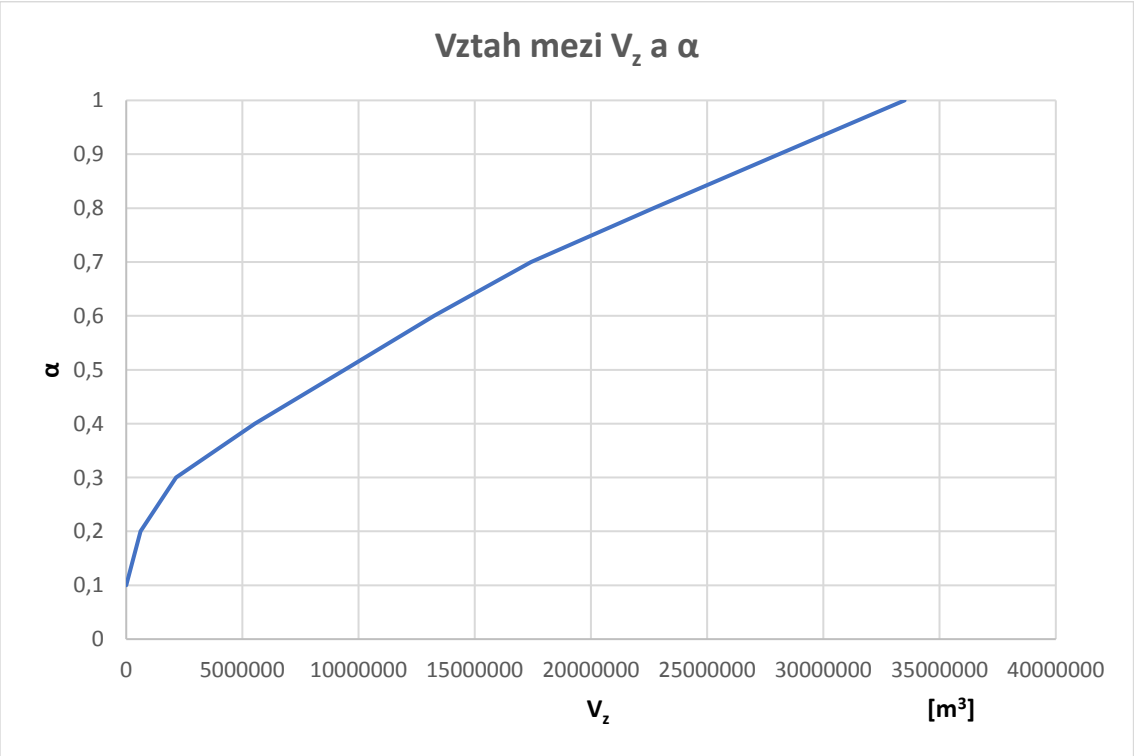
Obrázek 6. Vztah mezi V_z a α, Rok 1974 – 2015

3.4.3 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 10 LET

V tabulce č. 8 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 2.935 m^3/s.

Tabulka 8. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1950 – 1960

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.293	0.1	0.000
0.587	0.2	615236.697
0.880	0.3	2150790.091
1.174	0.4	5531686.970
1.467	0.5	9390753.712
1.761	0.6	13249820.455
2.054	0.7	17417270.636
2.348	0.8	22686507.515
2.641	0.9	28089200.955
2.935	1.0	33491894.394

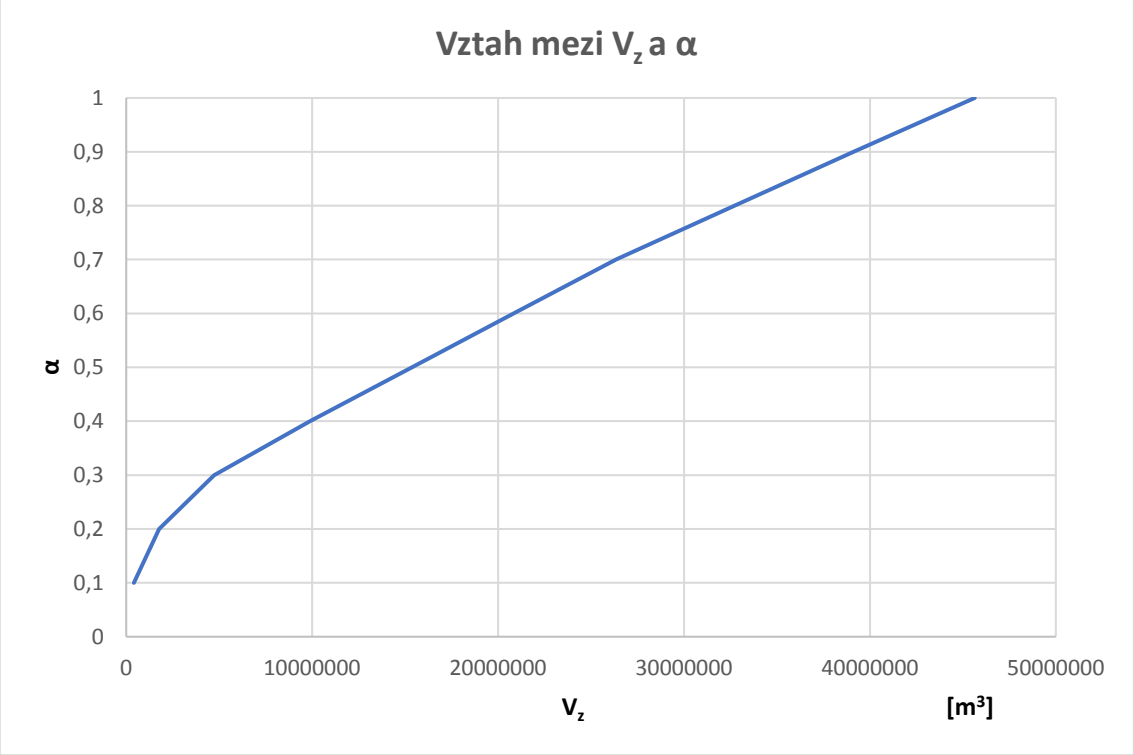


Obrázek 7. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 1960

V tabulce č. 9 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.464 m^3/s.

Tabulka 9. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1961 – 1970

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.346	0.1	411397.750
0.693	0.2	1774461.000
1.039	0.3	4734986.250
1.386	0.4	9902476.000
1.732	0.5	15369062.500
2.079	0.6	20835649.000
2.425	0.7	26349509.750
2.771	0.8	32727194.000
3.118	0.9	39104878.250
3.464	1.0	45638390.000

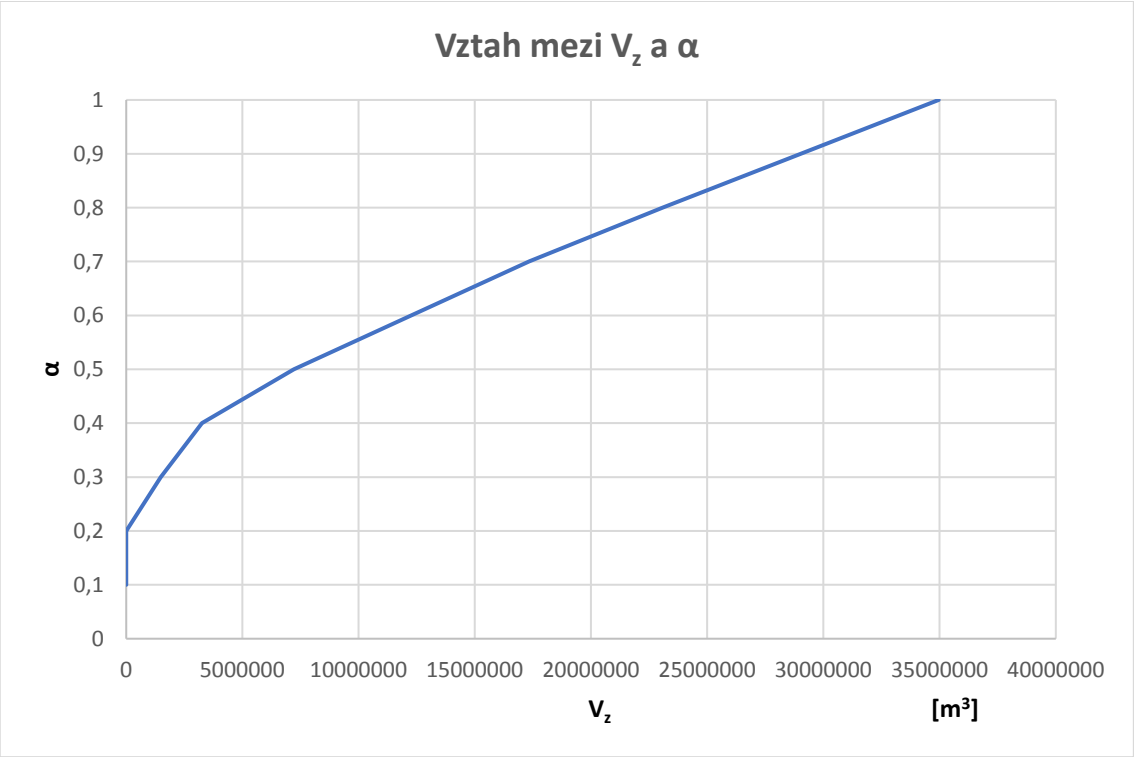


Obrázek 8. Vztah mezi V_z a α, Rok 1961 – 1970

V tabulce č. 10 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.225 m^3/s.

Tabulka 10. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1971 – 1980

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.322	0.1	0.000
0.645	0.2	0.000
0.967	0.3	1482780.850
1.290	0.4	3254861.700
1.612	0.5	7220182.833
1.935	0.6	12252565.100
2.257	0.7	17341075.950
2.580	0.8	23086367.933
2.902	0.9	29022963.925
3.225	1.0	34959559.917

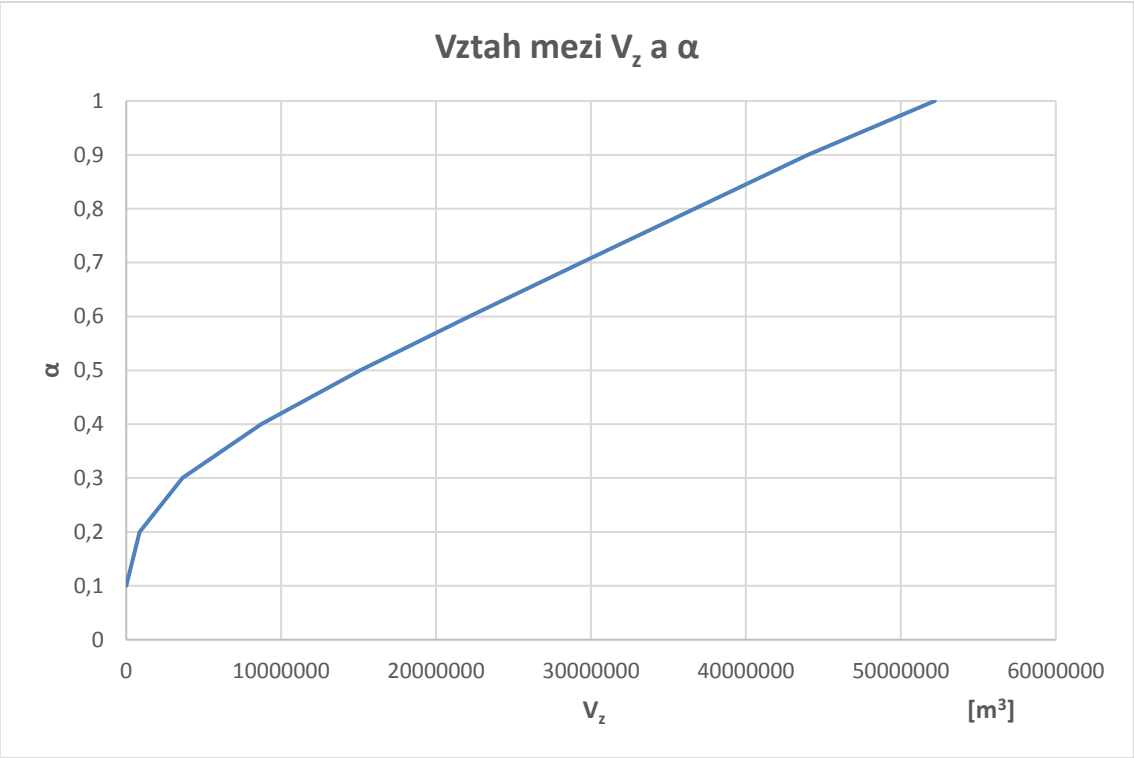


Obrázek 9. Vztah mezi V_z a α, Rok 1971 – 1980

V tabulce č. 11 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.463 m^3/s.

Tabulka 11. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1981 – 1990

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.346	0.1	0.000
0.693	0.2	861044.467
1.039	0.3	3632503.400
1.385	0.4	8723061.267
1.732	0.5	15099334.083
2.078	0.6	22114933.600
2.424	0.7	29402102.533
2.771	0.8	36689271.467
3.117	0.9	43987315.450
3.463	1.0	52185380.500

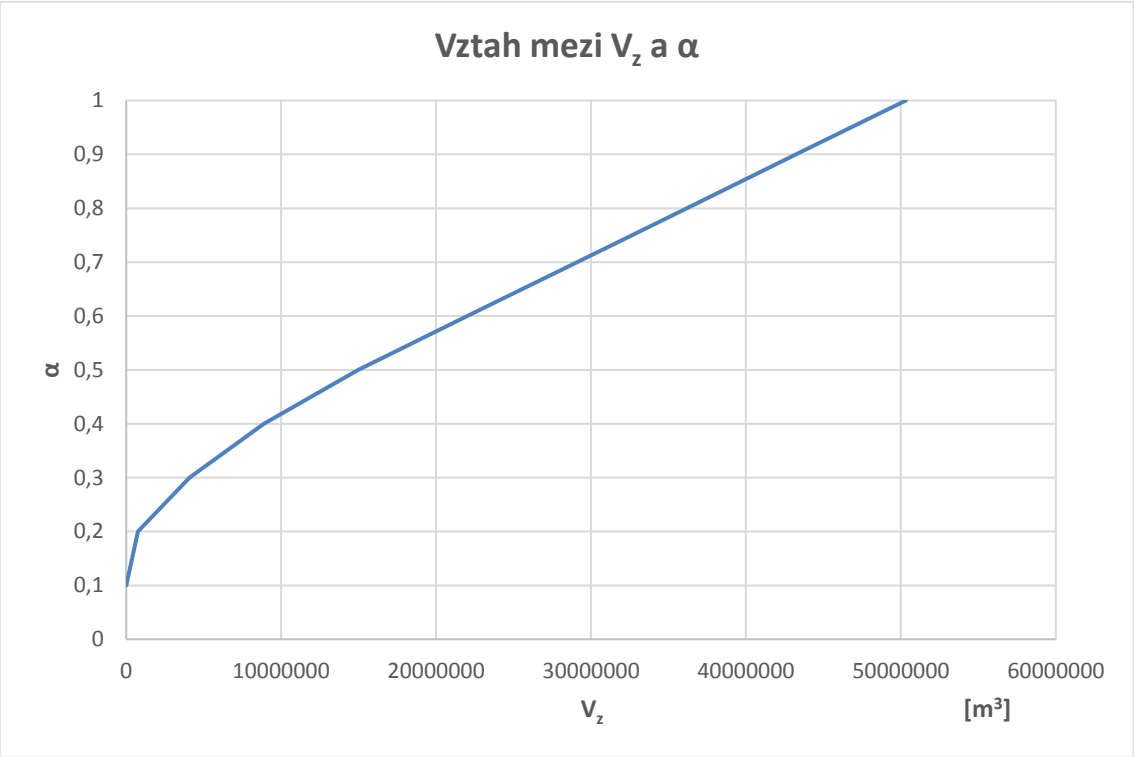


Obrázek 10. Vztah mezi V_z a α, Rok 1981 – 1990

V tabulce č. 12 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.362 m^3/s.

Tabulka 12. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1991 – 2000

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.336	0.1	0.000
0.672	0.2	763107.650
1.009	0.3	4089354.125
1.345	0.4	8883140.600
1.681	0.5	14950761.000
2.017	0.6	22024251.200
2.353	0.7	29097741.400
2.690	0.8	36171231.600
3.026	0.9	43244721.800
3.362	1.0	50318212.000

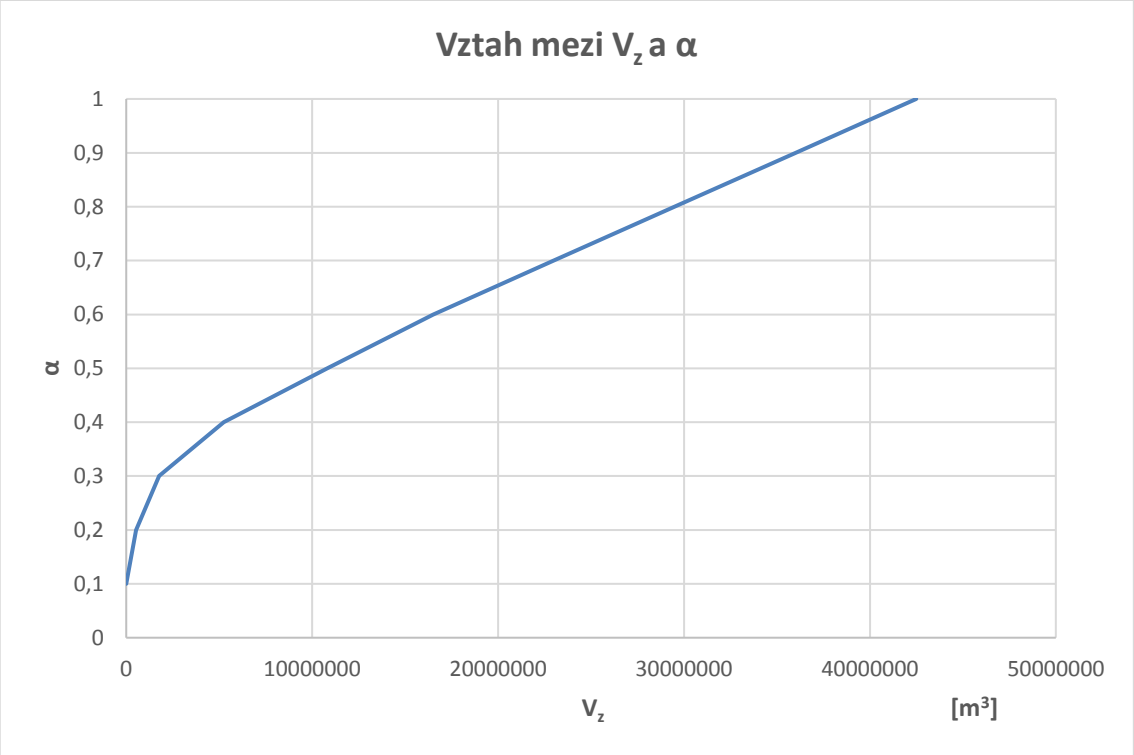


Obrázek 11. Vztah mezi V_z a α, Rok 1991 –2000

V tabulce č. 13 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.530 m^3/s.

Tabulka 13 . Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 2001 – 2010

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.353	0.1	0.000
0.706	0.2	523111.383
1.059	0.3	1774474.150
1.412	0.4	5246376.600
1.765	0.5	10815940.750
2.118	0.6	16500449.050
2.471	0.7	22998273.892
2.824	0.8	29496098.733
3.177	0.9	35993923.575
3.530	1.0	42491748.417

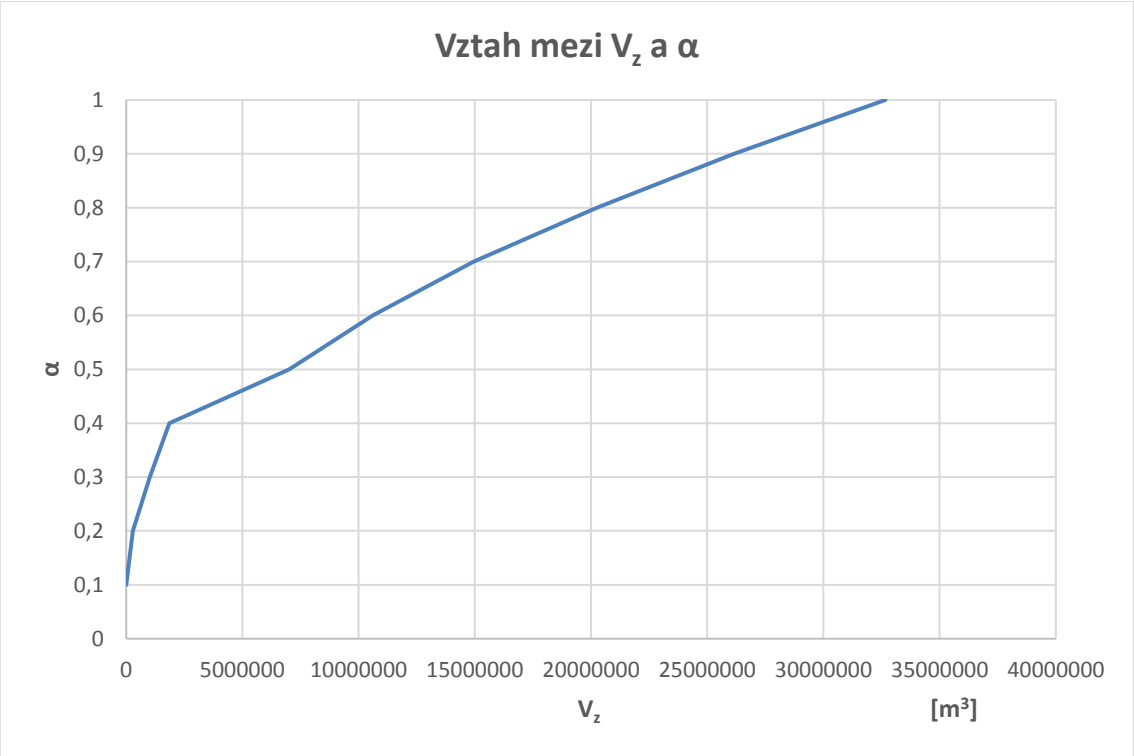


Obrázek 12. Vztah mezi V_z a α, Rok 2001 –2010

V tabulce č. 14 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 2.747 m^3/s.

Tabulka 14. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 2011 – 2015

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.275	0.1	0.000
0.549	0.2	287914.867
0.824	0.3	1010472.300
1.099	0.4	1851239.467
1.374	0.5	7007415.833
1.648	0.6	10620203.000
1.923	0.7	14959694.233
2.198	0.8	20246125.733
2.473	0.9	26165002.100
2.747	1.0	32668019.000



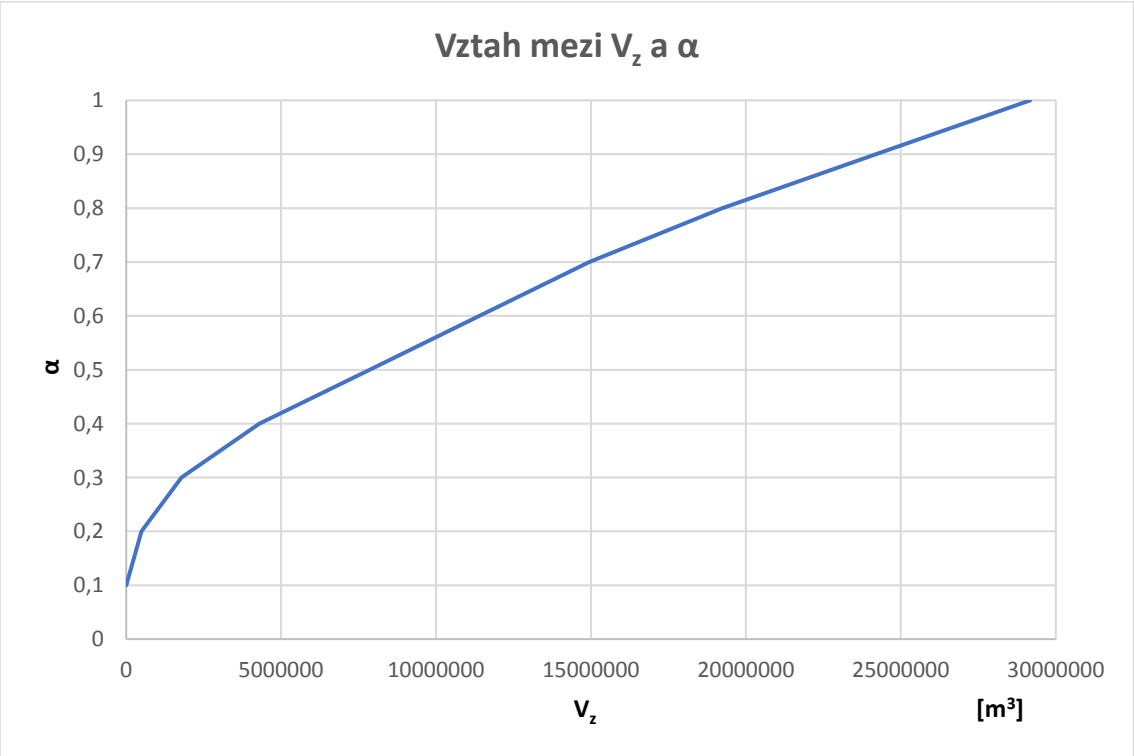
Obrázek 13. Vztach mezi V_z a α, Rok 2011 –2015

3.4.4 VÝPOČET ZÁSOBNÍHO OBJEMU A NALEPŠENÉHO ODTOKU - 5 LET

V tabulce č. 15 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 2.700 m^3/s.

Tabulka 15. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1950 – 1955

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.270	0.1	0.000
0.540	0.2	491817.306
0.810	0.3	1780531.917
1.080	0.4	4297493.056
1.350	0.5	7848011.319
1.620	0.6	11398529.583
1.890	0.7	14949047.847
2.160	0.8	19230764.556
2.430	0.9	24201490.125
2.700	1.0	29172215.694

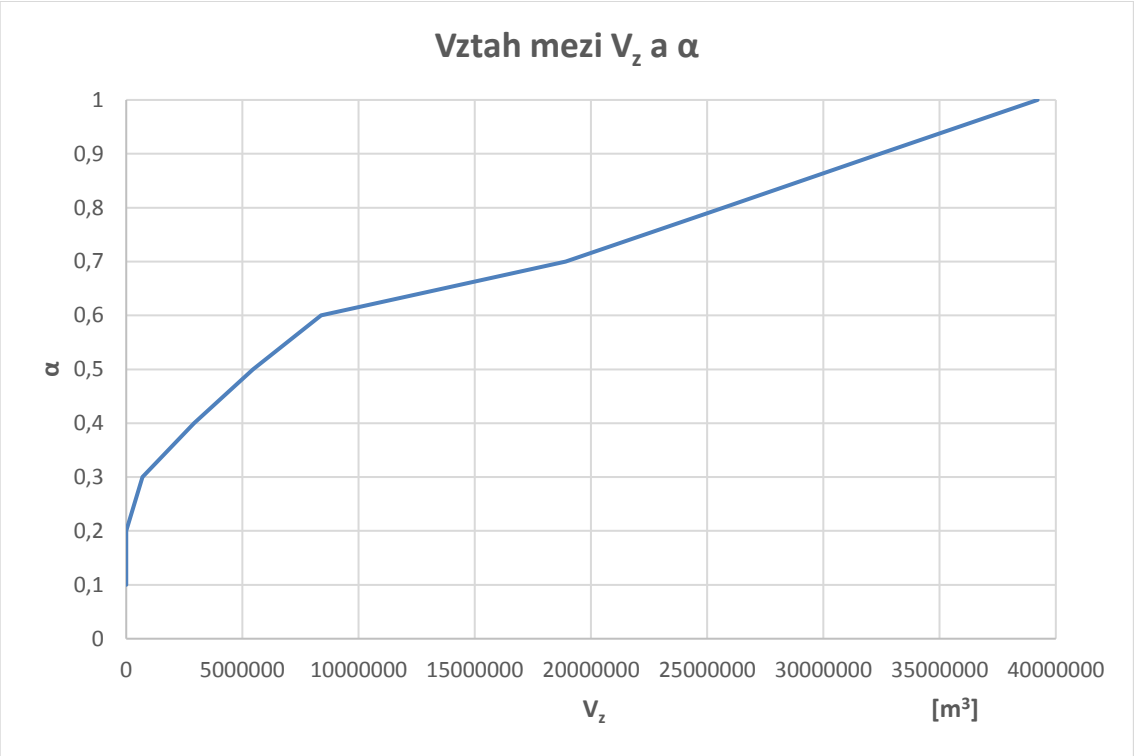


Obrázek 14. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 1955

V tabulce č. 16 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.216 m^3/s.

Tabulka 16. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1956 – 1960

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.322	0.1	0.000
0.643	0.2	0.000
0.965	0.3	696594.950
1.286	0.4	2912619.800
1.608	0.5	5450214.750
1.930	0.6	8381599.600
2.251	0.7	18914469.067
2.573	0.8	25681388.933
2.895	0.9	32448308.800
3.216	1.0	39215228.667

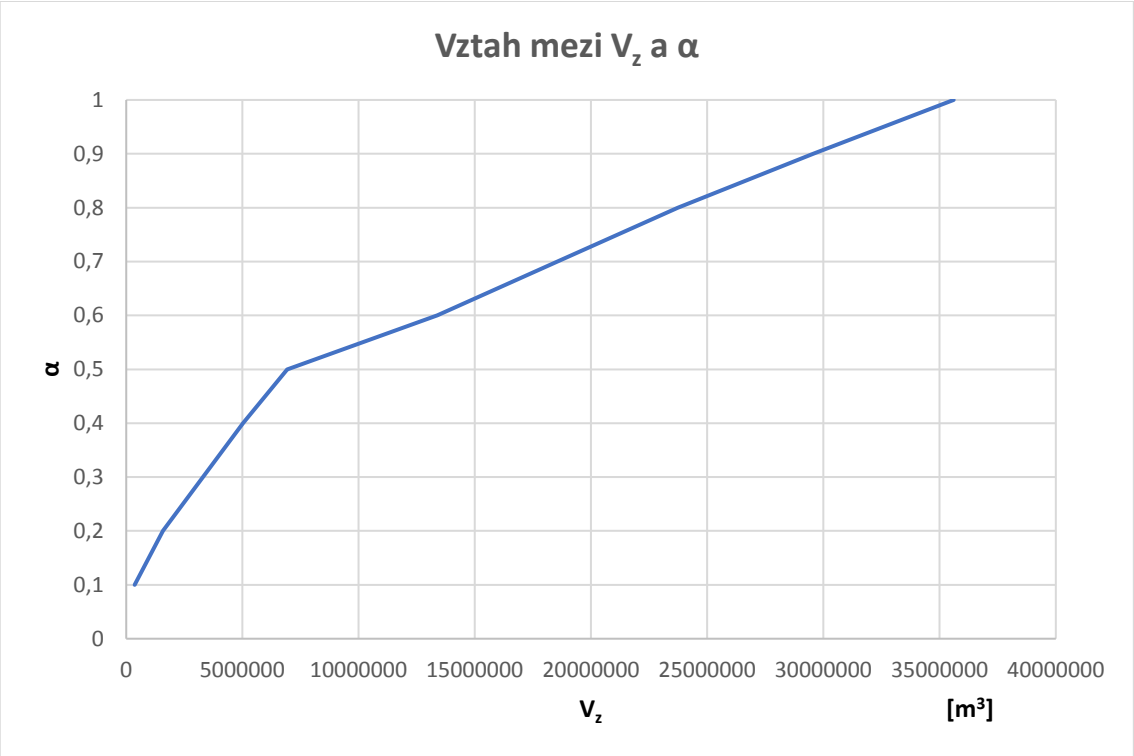


Obrázek 15. Vztah mezi V_z a α, Rok 1956 – 1960

V tabulce č. 17 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.278 m^3/s.

Tabulka 17. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1961 – 1965

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.328	0.1	362514.817
0.656	0.2	1578929.267
0.984	0.3	3303358.900
1.311	0.4	5027788.533
1.639	0.5	6923672.250
1.967	0.6	13379283.400
2.295	0.7	18552572.300
2.623	0.8	23725861.200
2.951	0.9	29568603.450
3.278	1.0	35604107.167

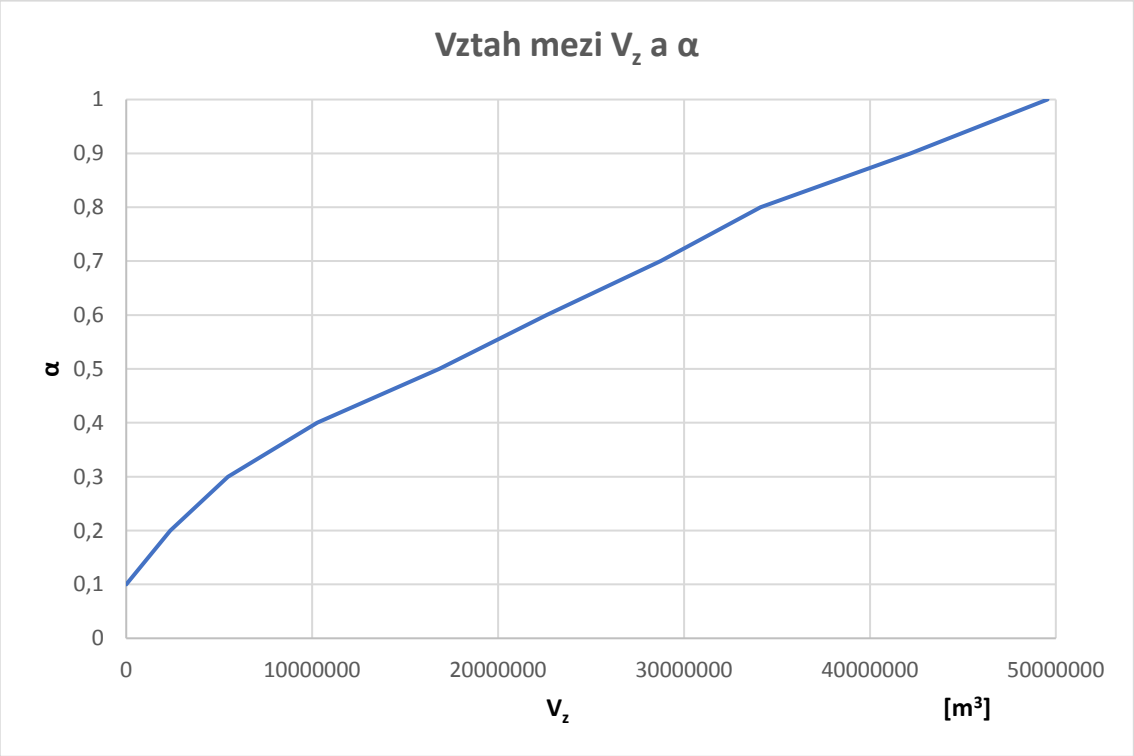


Obrázek 16. Vztah mezi V_z a α, Rok 1961 – 1965

V tabulce č. 18 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.650 m^3/s.

Tabulka 18. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1966 – 1970

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.365	0.1	0.000
0.730	0.2	2367122.733
1.095	0.3	5468230.250
1.460	0.4	10268133.667
1.825	0.5	16835550.500
2.190	0.6	22595434.600
2.555	0.7	28744773.483
2.920	0.8	34115202.800
3.285	0.9	42184503.050
3.650	1.0	49549024.667

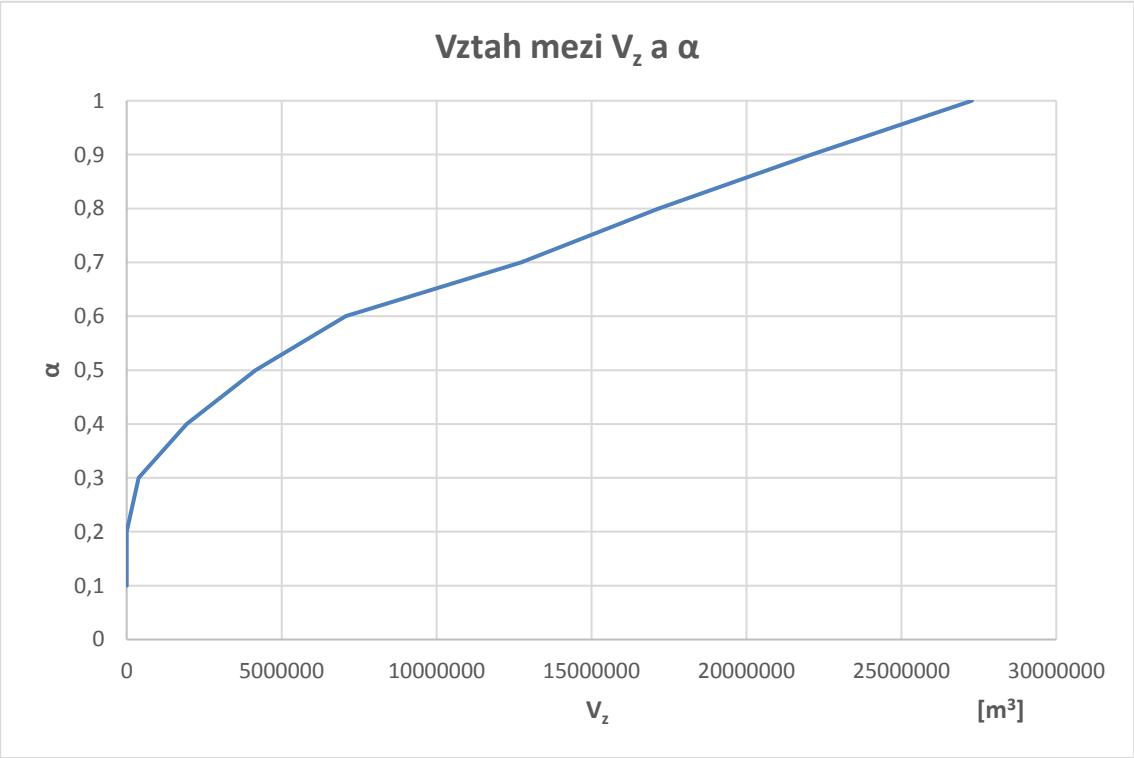


Obrázek 17. Vztah mezi V_z a α, Rok 1966 – 1970

V tabulce č. 19 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 2.807 m^3/s.

Tabulka 19. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1971 – 1975

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.281	0.1	0.000
0.561	0.2	0.000
0.842	0.3	384466.550
1.123	0.4	1937626.200
1.404	0.5	4152572.750
1.684	0.6	7068072.400
1.965	0.7	12730751.700
2.246	0.8	17160644.800
2.527	0.9	22107477.550
2.807	1.0	27275686.167

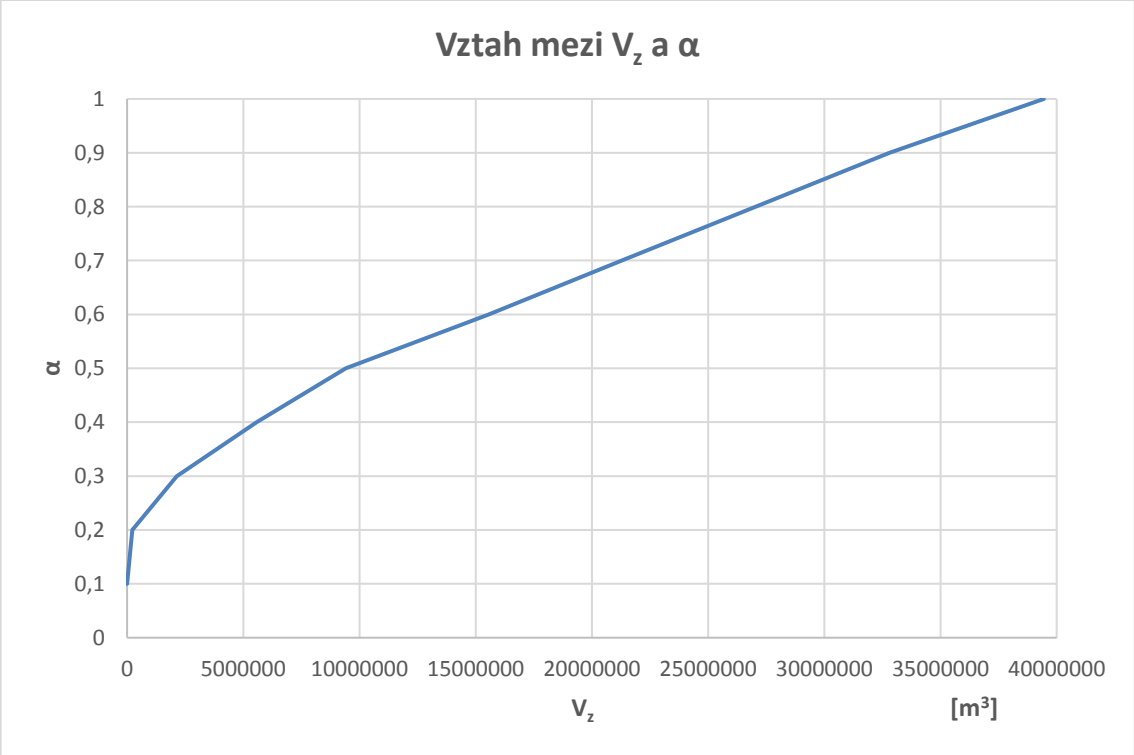


Obrázek 18. Vztah mezi V_z a α, Rok 1971 – 1975

V tabulce č. 20 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.642 m^3/s.

Tabulka 20. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1976 – 1980

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.364	0.1	0.000
0.728	0.2	225689.067
1.093	0.3	2141398.600
1.457	0.4	5584156.267
1.821	0.5	9415575.333
2.185	0.6	15557291.600
2.549	0.7	21304420.200
2.914	0.8	27051548.800
3.278	0.9	32798677.400
3.642	1.0	39445353.667

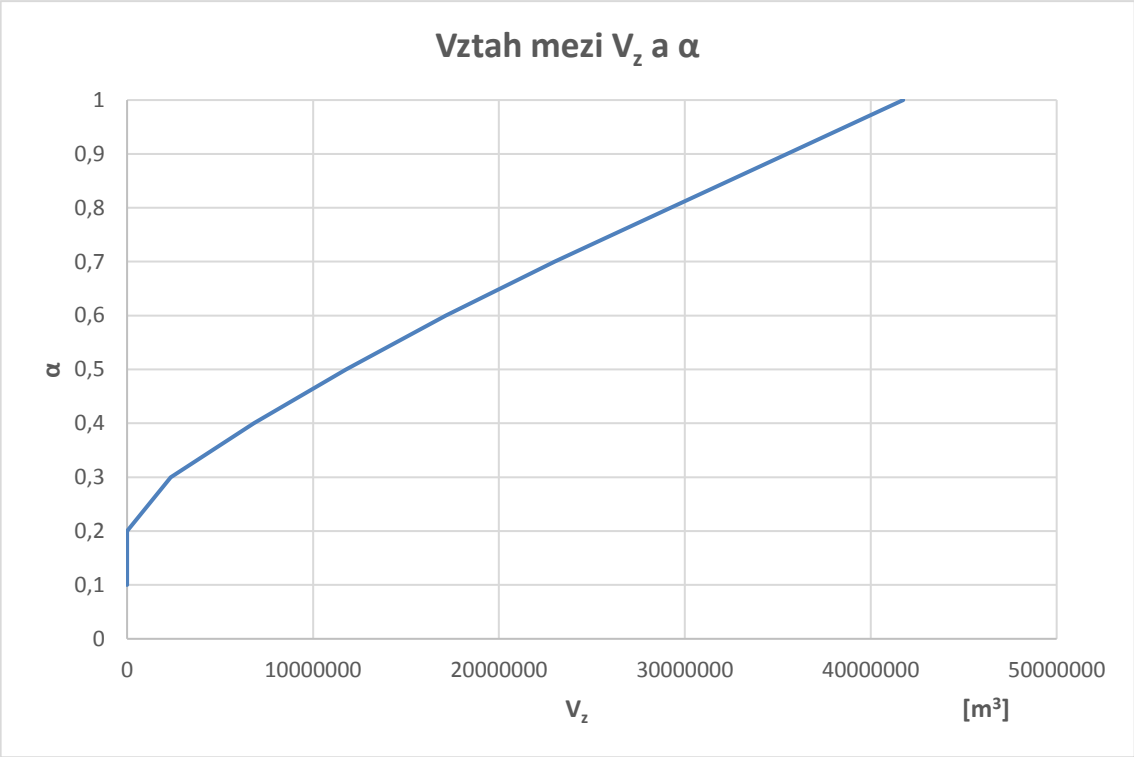


Obrázek 19. Vztah mezi V_z a α, Rok 1976 – 1980

V tabulce č. 21 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.394 m^3/s.

Tabulka 21. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1981 – 1985

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.339	0.1	0.000
0.679	0.2	0.000
1.018	0.3	2352798.000
1.357	0.4	6815557.333
1.697	0.5	11777666.000
2.036	0.6	17132977.200
2.376	0.7	23000121.467
2.715	0.8	29247984.533
3.054	0.9	35495847.600
3.394	1.0	41743710.667

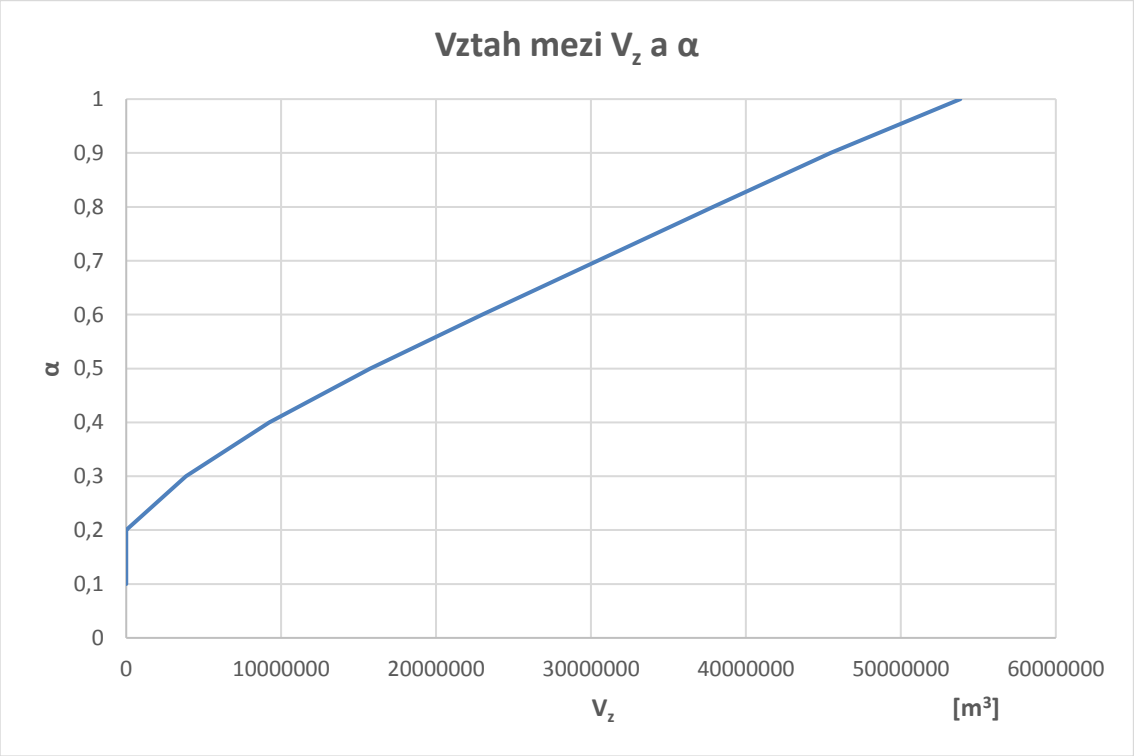


Obrázek 20. Vztah mezi V_z a α, Rok 1981 – 1985

V tabulce č. 22 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.533 m^3/s.

Tabulka 22. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1986 – 1990

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.353	0.1	0.000
0.707	0.2	0.000
1.060	0.3	3852634.400
1.413	0.4	9236700.267
1.767	0.5	15741382.833
2.120	0.6	22995457.600
2.473	0.7	30429380.533
2.827	0.8	37863303.467
3.180	0.9	45473199.700
3.533	1.0	53836363.000

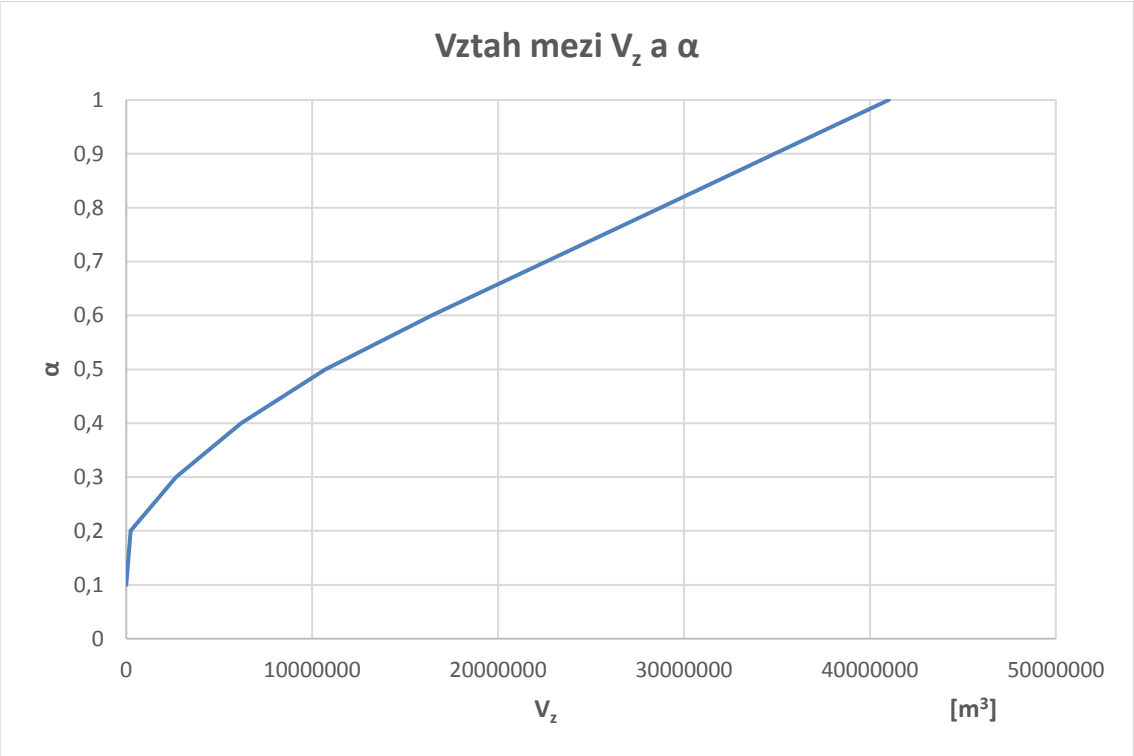


Obrázek 21. Vztah mezi V_z a α, Rok 1986 – 1990

V tabulce č. 23 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 2.920 m^3/s.

Tabulka 23. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1991 – 1995

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.292	0.1	0.000
0.584	0.2	239154.667
0.876	0.3	2674184.000
1.168	0.4	6184883.333
1.460	0.5	10710455.833
1.752	0.6	16443286.000
2.044	0.7	22586615.333
2.336	0.8	28729944.667
2.628	0.9	34873274.000
2.920	1.0	41016603.333

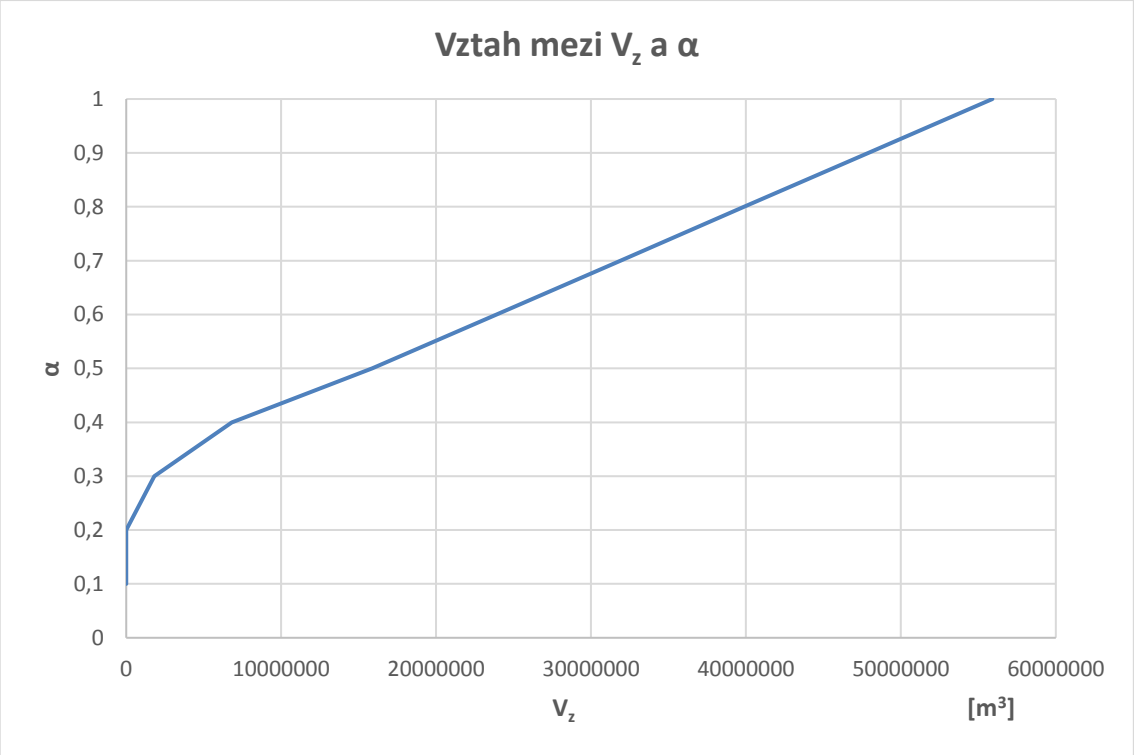


Obrázek 22. Vztah mezi V_z a α, Rok 1991 – 1995

V tabulce č. 24 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.804 m^3/s.

Tabulka 24. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 1996 – 2000

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.380	0.1	0.000
0.761	0.2	0.000
1.141	0.3	1809505.750
1.522	0.4	6811787.667
1.902	0.5	15888005.333
2.282	0.6	23891656.400
2.663	0.7	31895307.467
3.043	0.8	39898958.533
3.424	0.9	47902609.600
3.804	1.0	55906260.667

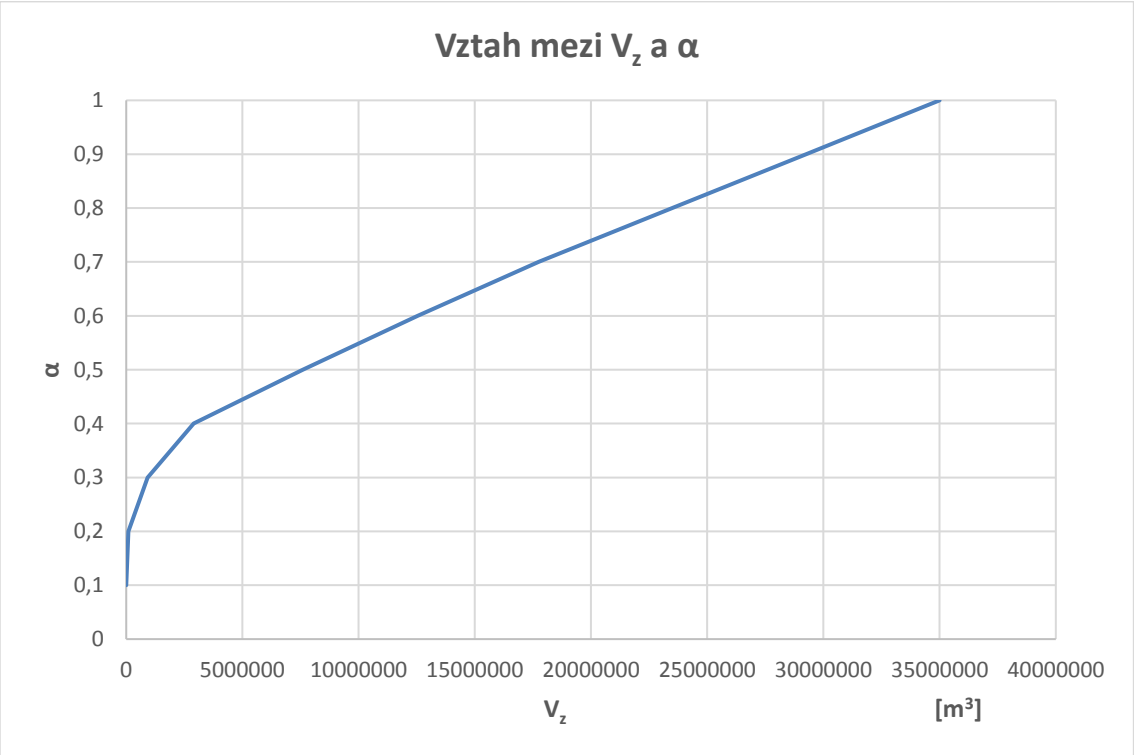


Obrázek 23. Vztah mezi V_z a α, Rok 1996 – 2000

V tabulce č. 25 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.122 m^3/s.

Tabulka 25. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 2001 – 2005

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.312	0.1	0.000
0.624	0.2	95977.467
0.937	0.3	917186.200
1.249	0.4	2908674.800
1.561	0.5	7604382.000
1.873	0.6	12531634.400
2.186	0.7	17752727.933
2.498	0.8	23501189.067
2.810	0.9	29249650.200
3.122	1.0	34998111.333

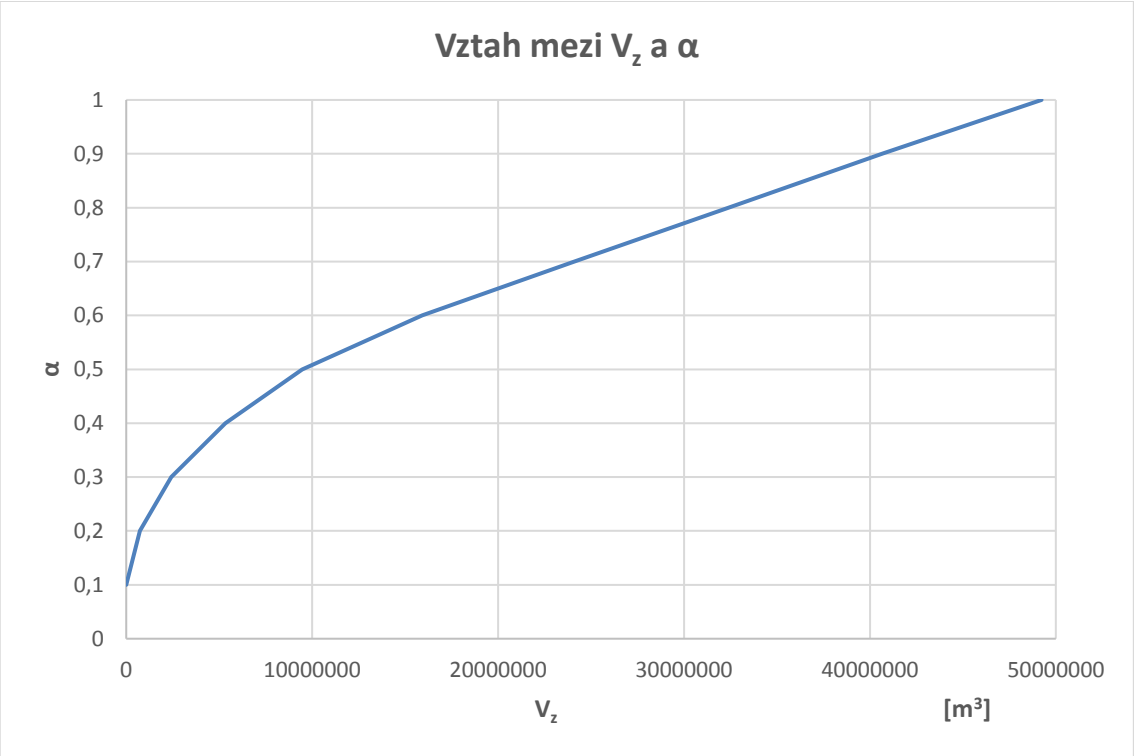


Obrázek 24. Vztah mezi V_z a α, Rok 2001 – 2005

V tabulce č. 26 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 3.937 m^3/s.

Tabulka 26. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 2006 – 2010

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.394	0.1	0.000
0.787	0.2	737215.300
1.181	0.3	2416785.900
1.575	0.4	5327012.400
1.968	0.5	9468263.000
2.362	0.6	15920731.300
2.756	0.7	24103108.400
3.149	0.8	32385609.600
3.543	0.9	40668110.800
3.937	1.0	49230838.500

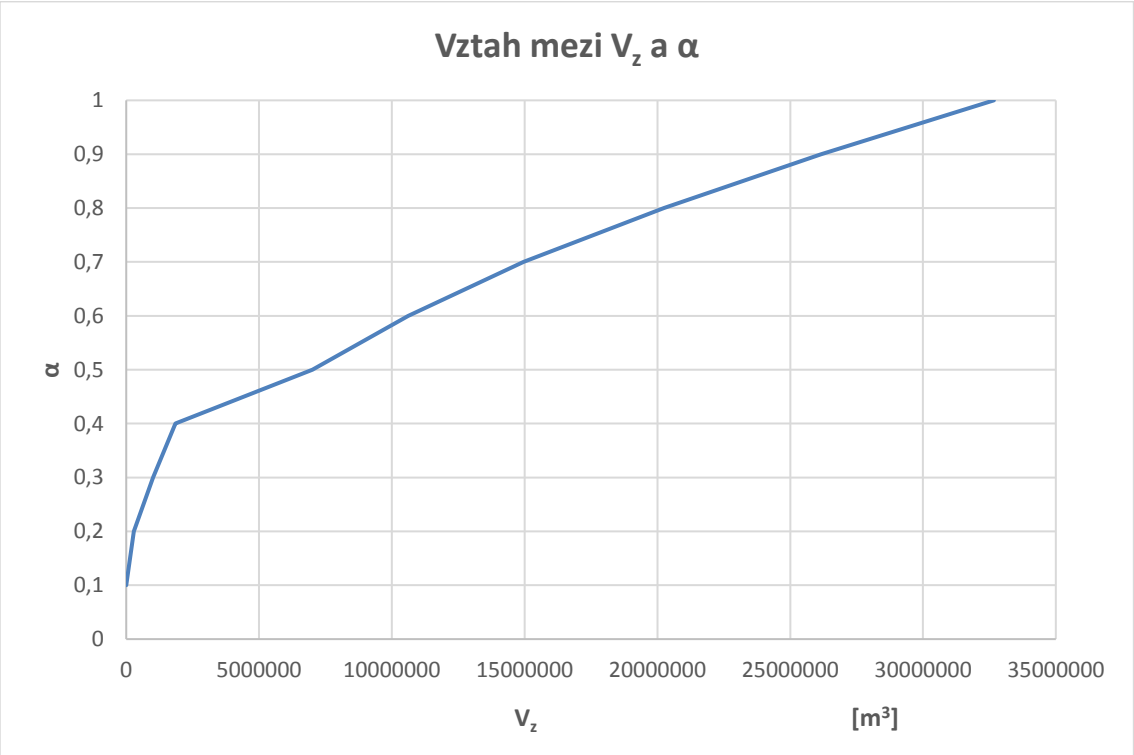


Obrázek 25. Vztah mezi V_z a α, Rok 2006 – 2010

V tabulce č. 27 je počítán nalepšený odtok O_p a zásobní objem V_z, při dlouhodobém průměrném průtoku Q_a = 2.747 m^3/s.

Tabulka 27. Úloha č 1, hledané V_z *a* O_p, v období, Rok 2011 – 2015

O_p [m^3/s]	α	V_z [m^3]
0.275	0.1	0.000
0.549	0.2	287914.867
0.824	0.3	1010472.300
1.099	0.4	1851239.467
1.374	0.5	7007415.833
1.648	0.6	10620203.000
1.923	0.7	14959694.233
2.198	0.8	20246125.733
2.473	0.9	26165002.100
2.747	1.0	32668019.000



Obrázek 26. Vztah mezi V_z a α, Rok 2011 – 2015

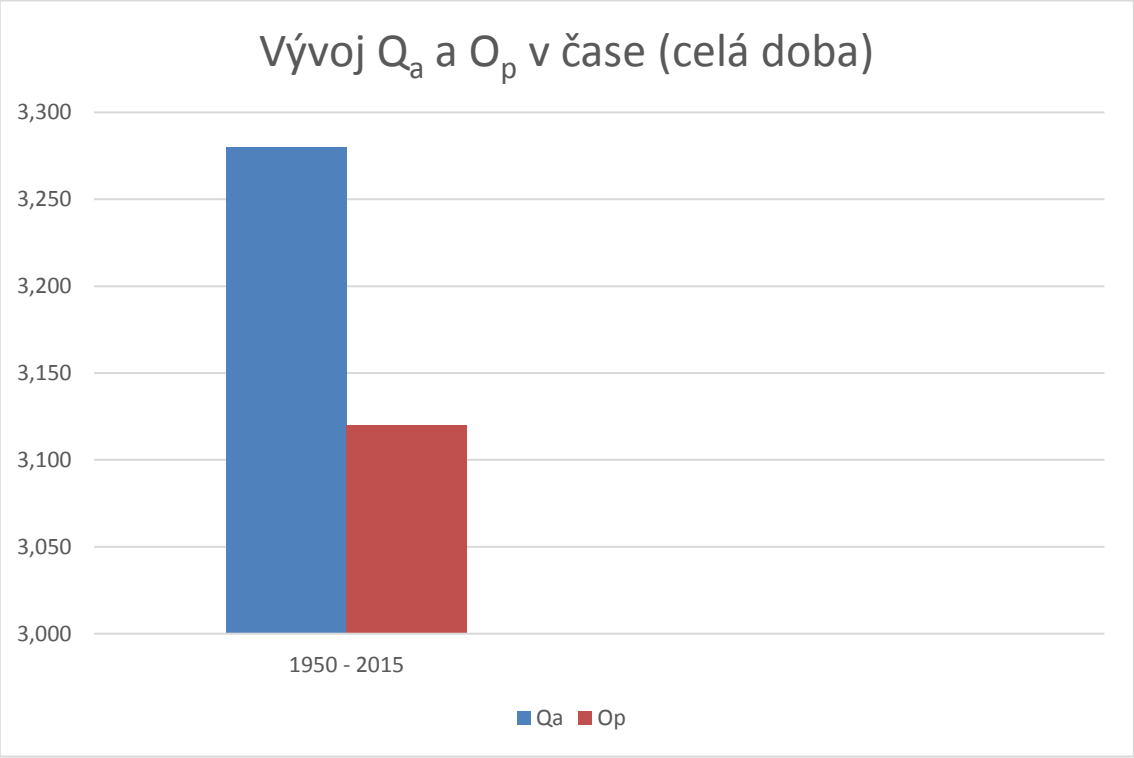
3.5 POROVNÁNÍ NALEPŠENÉHO ODTOKU A ZÁSOBNÍHO OBJEMŮ V RŮZNÝCH ČASOVÝCH ÚSECÍCH

Analyzovaná reálná řada průtoků v letech 1950 – 2015 byla rozdělena na časové úseky. První úsek po 65 letech a následně po úsecích o délce 20, 10 a 5 let. Cílem porovnání bylo najit suché a vodné období a určit hodnoty nalepšeného odtoku.

Hodnoty součinitele nalepšení odtoku byly použity následující $\alpha \in < 0.1; 1.0 >$, k nim byly dopočitany dílči zásobní objemy. Když velikost zásobního objemu pro daný časový úsek byl větši než objem vodní nádrže Vír I $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3, pak daný časový úsek byl malovodný. Následně byl z grafů 4 až 25 byly stanoveny hodnoty nalepšeného odtoku pro objem vodní nádrže Vír I ($V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3) a dopočítány hodnoty Q_a.

3.5.1 POROVNÁNÍ Q_a A O_P - 65 LET

Vývoj dlouhodobého průměrného přítoku vody do nádrže a nalepšeného odtoku vody z nádrže je přehledně znázorněn na obrázku č. 27, 28, 29, 30. V období 1950 – 2015 byla podmínka $V_{z,Výpočet} > V_{z,Vír}$ splněna. Dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.280 m^3/s, nalepšený odtok O_p = 3.120 m^3/s.

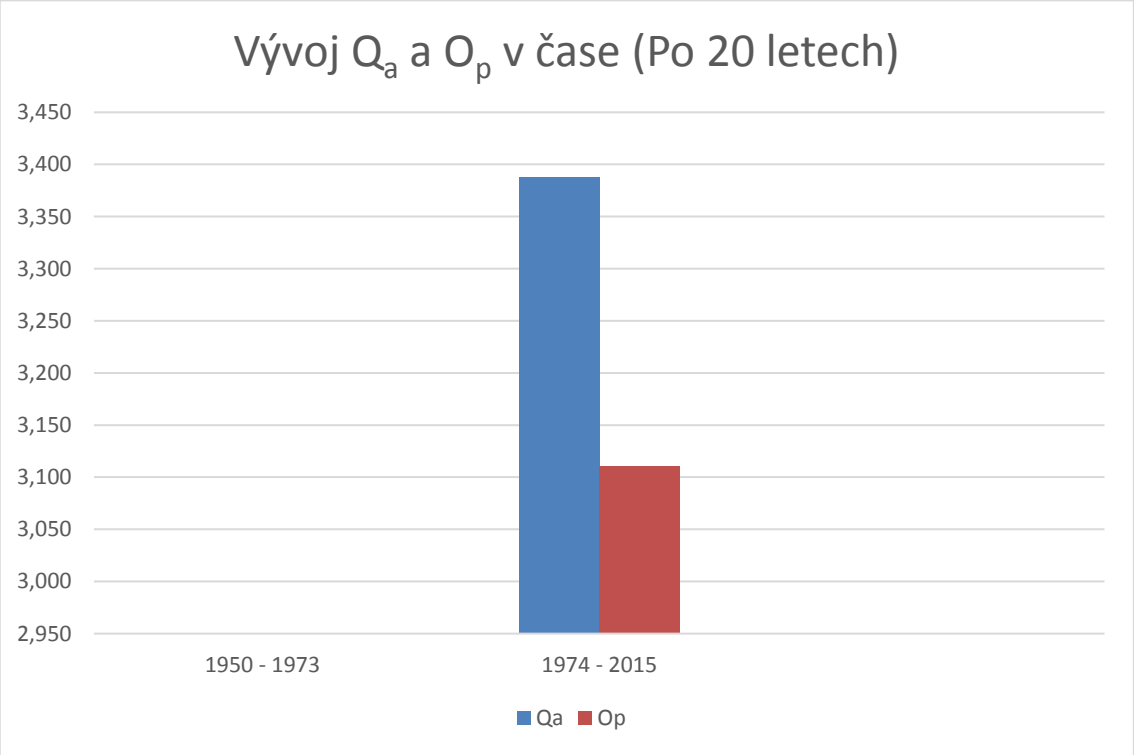


Obrázek 27. Vývoj Q_a a O_p - po 65 letech

Závěr: maximální zásobní objem za časový úsek 65 let (v období od roku 1950 do roku 2015), Při porovnání Q_a a O_p, byl pro α = 0,1 největší v lednu roku 1964 V_z = 362845 m^3, pro α = 0,2 největší v únoru roku 1963 V_z = 1580251 m^3, pro α = 0,3 největší v prosinci roku 1964 V_z = 4006700 m^3 a pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1992 V_z = 8363759 m^3. Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1992, při součinitelích nalepšených odtoků α = 0,5 (V_z = 14085124 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 20985487 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 27885850 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 34786213 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 41686576 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 48586939 m^3).

3.5.2 POROVNÁNÍ Q_a A O_P - 20 LET

Při porovnání Q_a a O_p po 20 letech je podmínka $V_{z,Výpočet} > V_{z,Vír}$ splněna v období 1974 – 2015, Q_a = 3.388 m^3/s, O_p = 3.111 m^3/s.



Obrázek 28. Vývoj Q_a a O_p - po 20 letech

Závěr: maximální zásobní objem za časový úsek 20 let (v období od roku 1974 do roku 2015), Při porovnání Q_a a O_p, byl pro α = 0,2 největší v září roku 1990, V_z = 781473 m^3, pro α = 0,3 největší v listopadu roku 1992, V_z = 4191609 m^3, pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1992, V_z = 9046749 m^3, pro α = 0,5 největší v listopadu roku 1992, V_z =

15223442 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1992, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,6 (V_z = 22351468 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 29479495 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 36607521 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 43735547 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 50863574 m^3).

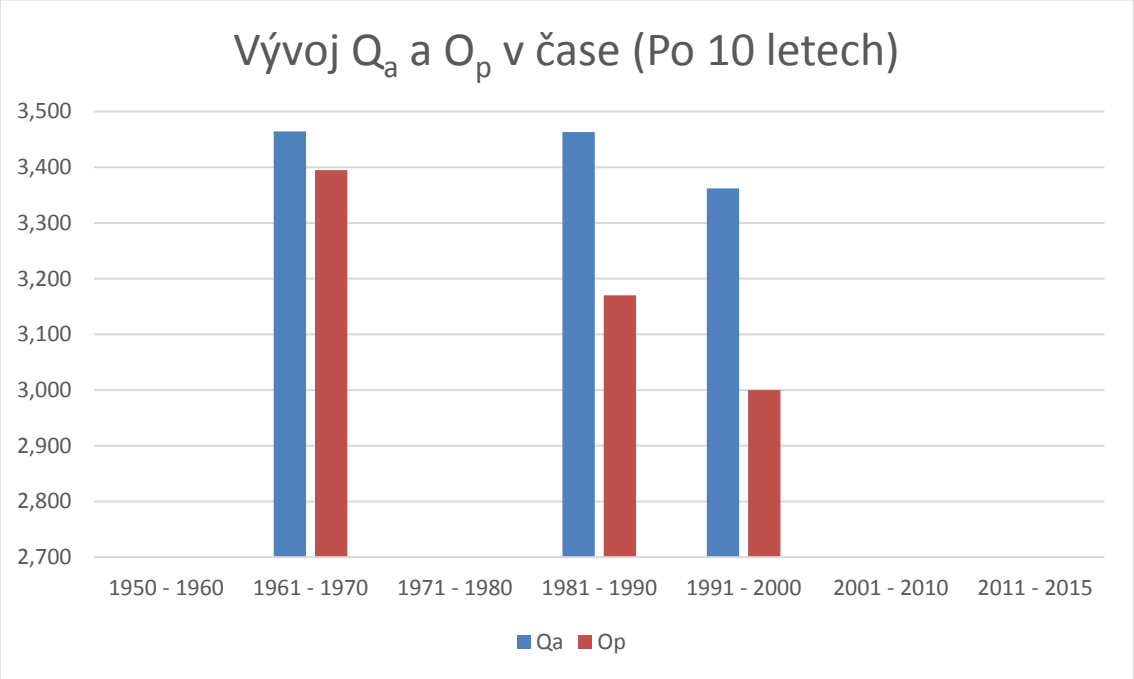
3.5.3 POROVNÁNÍ Q_a A O_P – 10 LET

Při porovnání Q_a a O_p po 10 letech je podmínka $V_{z,Výpočet} > V_{z,Vír}$ splněna v období

Rok 1961 – 1970, Q_a = 3.464 m^3/s, O_p = 3.395 m^3/s.

Rok 1981 – 1990, Q_a = 3.403 m^3/s, O_p = 3.170 m^3/s.

Rok 1991 – 2000, Q_a = 3.362 m^3/s, O_p = 3.000 m^3/s.



Obrázek 29. Vývoj Q_a a O_p - po 10 letech

Závěr: Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 1961 do roku 1970), Při porovnání Q_a a O_p, byl pro α = 0,1 největší v lednu roku 1964 V_z = 411398 m^3, pro α = 0,2 největší v únoru roku 1963, V_z = 1774461 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1969, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,3 (V_z = 4734986 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 9902476 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15369062 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 20835649 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 26349510 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 32727194 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 39104878 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 45638390 m^3).

Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 1981 do roku 1990), Při porovnání Q_a a O_p, byl zaznamenám v prosinci roku 1990, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,2 (V_z = 861044 m^3), pro α = 0,3 (V_z = 3632503 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 8723061 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15099334 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22114934 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 29402102 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 36689271 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 43987315 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 52185380 m^3).

Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 1991 do roku 2000), Při porovnání Q_a a O_p, byl pro α = 0,2 největší v září roku 1992, V_z = 763108 m^3, pro α = 0,3 největší v listopadu roku 1992, V_z = 4089354 m^3, pro α = 0,4 největší listopadu roku 1992, V_z = 8883141 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1992, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,5 (V_z = 14950761 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22024251 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 29097741 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 36171232 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 43244722 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 50318212 m^3).

3.5.4 POROVNÁNÍ Q_a A O_P - 5 LET

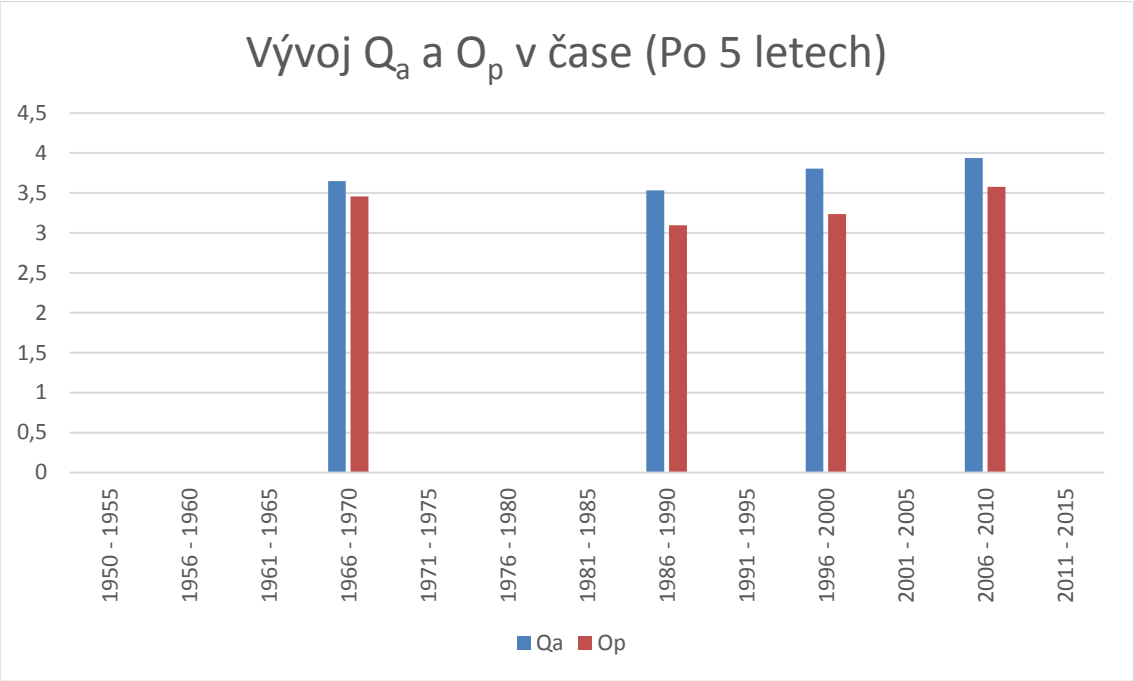
Při porovnání Q_a a O_p po 5 letech je podmínka $V_{z,Výpočet} > V_{z,Vír}$ splněna v období

Rok 1966 – 1970, Q_a = 3.650 m^3/s, O_p = 3.455 m^3/s.

Rok 1986 – 1990, Q_a = 3.533 m^3/s, O_p = 3.095 m^3/s.

Rok 1996 – 2000, Q_a = 3.804 m^3/s, O_p = 3.235 m^3/s.

Rok 2006 – 2010, Q_a = 3.937 m^3/s, O_p = 3.575 m^3/s.



Obrázek 30. Vývoj Q_a a O_p - po 5 letech

Závěr: Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1966 do roku 1970), Při porovnání Q_a a O_p, byl pro α = 0,2 největší v únoru roku 1970, V_z = 2367123 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1969, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,3 (V_z = 5468230 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 10268134 m^3, pro α = 0,5 (V_z = 16835550 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22595435 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 28744773 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 34115203 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 42184503 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 49549025 m^3).

Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1986 do roku 1990), Při porovnání Q_a a O_p, byl pro α = 0,3 největší v říjnu roku 1990, V_z = 3852634 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1990, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,4 (V_z = 9236700 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15741383 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22995458 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 30429380 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 37863303 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 45473200 m^3),), pro α = 1,0 (V_z = 53836363 m^3).

Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1996 do roku 2000), Při porovnání Q_a a O_p, byl zaznamenám v prosinci roku 2000, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,3 (V_z = 1809506 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 6811788 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15888005 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 23891656 m^3), pro α = 0,7 (V_z =

31895307 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 39898958 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 47902610 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 55906261 m^3).

Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 2006 do roku 2010), Při porovnání Q_a a O_p, byl pro α = 0,2 největší v srpnu roku 2007, V_z = 737215 m^3, pro α = 0,3 největší v srpnu roku 2007, V_z = 2416786 m^3, pro α = 0,4 největší v srpnu roku 2007, V_z = 5327012 m^3, pro α = 0,5 největší v srpnu roku 2007, V_z = 9468263 m^3, pro α = 0,6 největší v listopadu 2008, V_z = 15920731 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 2008, , při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,7 (V_z = 24103108 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 32385610 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 40668111 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 49230838 m^3).

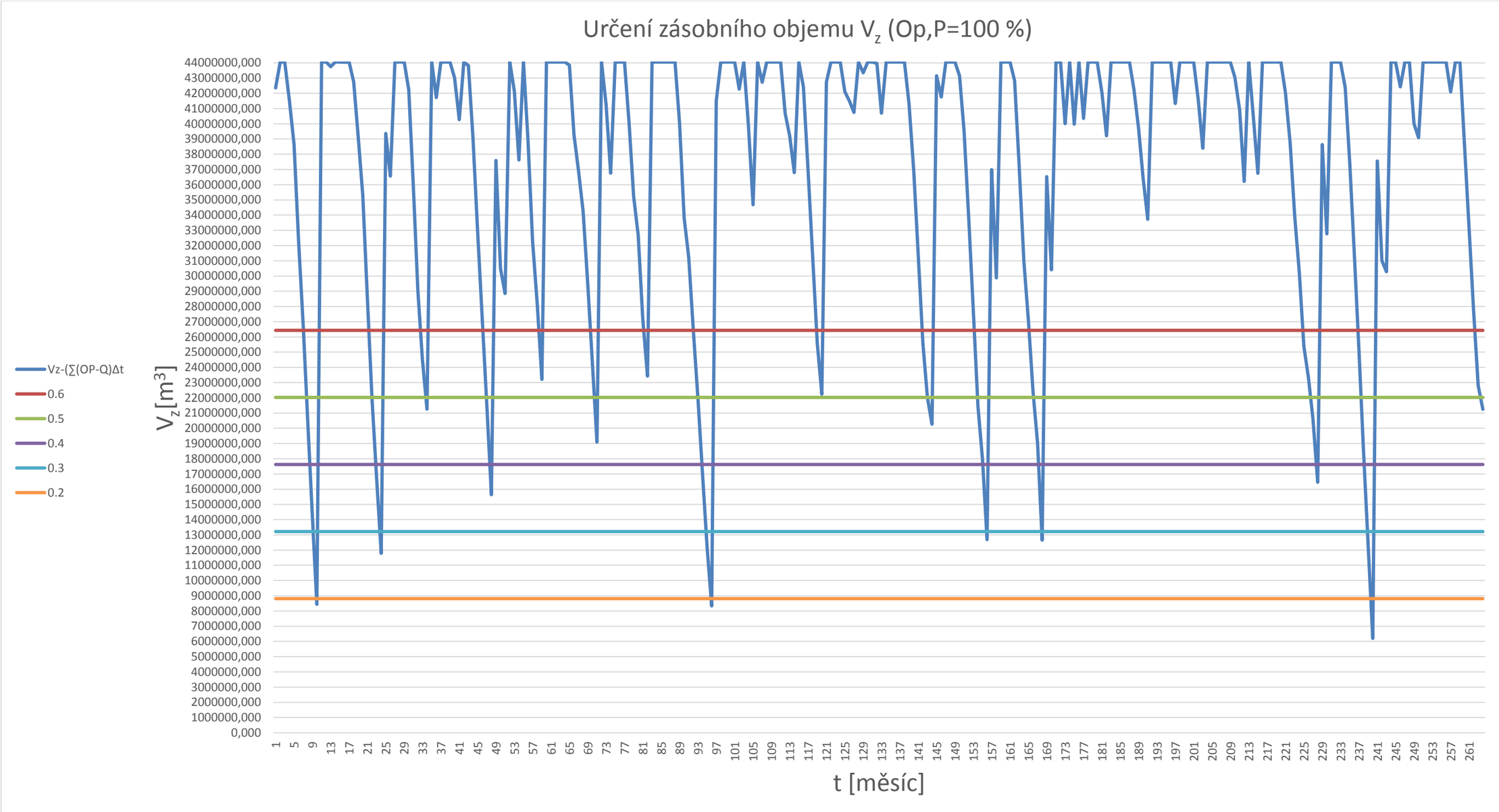
3.6 ANALÝZA ČETNOSTI PORUCHOVÝCH MĚSÍCŮ PODLE ZÁSOBNÍHO OBJEMU NÁDRŽE

Úkolem této úlohy bylo stanovení zásobního objemu, nalepšeného odtoku a stanovení zabezpečenosti nalepšeného odtoku ve vodní nádrži Vír I. Výpočet úlohy typu 1, byl provedem pro období od roku 1950 až do roku 2015, tedy pro časový úsek 65 let. Velikost zásobního objemu byl zjištěn výpočtem, $V_{z,Výpočet}$ = 43 756 685 m^3. Průměrný dlouhodobý přítok vody do nádrže Q_a = 3.280 m^3/s. Nalepšeného odtoku O_p = 3.050 m^3/s. Součinitel nalepšeného odtoku byl použit α = 0.93, pro měsíční časový úsek Δt = 2 630 000 s. Z těchto výpočtů uvidíme, ve kterých měsících je zásobní objem větší nebo menší než objem vodní nádrž Vír I, který má objem $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3. Výpočty jsou v souladu s podmínkami $\sum (O_p - Q) \cdot \Delta t$ m^3, a V_z - $(\sum (O_p - Q) \cdot \Delta t)$ m^3 . Pro objem nádrže byla stanovena simulační hranice, která určuje v jakém měsíci je málo vody v nádrži během 792 měsíců. Simulovaná hraze v tento obejmové nádrži bylo 5 simulované hrazi, 0.6 × $V_{z,Vír}$ = 26 433 600 m^3, 0.5 × $V_{z,Vír}$ = 22 088 000 m^3, 0.4 × $V_{z,Vír}$ = 17 622 400 m^3, 0.3 × $V_{z,Vír}$ = 13 216 800 m^3, 0.2 × $V_{z,Vír}$ = 8 811 200 m^3. kde $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3. Dle zásobního objemu a simulační hranice následně určíme, kdy je během 792 měsíců vody v nádrži málo a kdy dostatek.

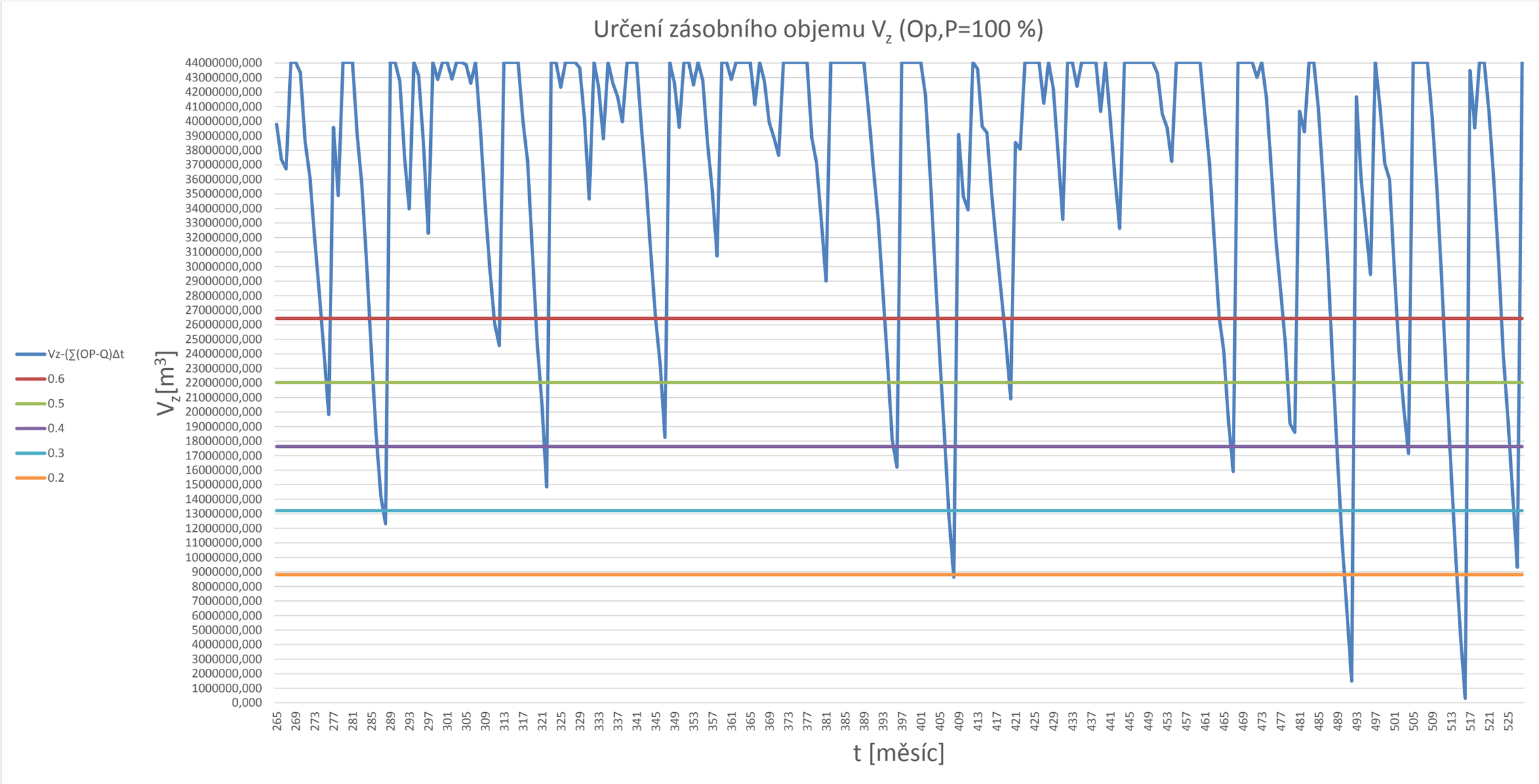
Z obrázku 31, Zjistíme podle určení zásobního objemu a hranici nádrže, kde je malo vody v nádrži pro období 1 až 264 měsíců, rok 1950 – 1971.

Z obrázku 32, Zjistíme podle určení zásobního objemu a hranici nádrže, kde je malo vody v nádrži pro období 265 až 528 měsíců, rok 1972 – 1993.

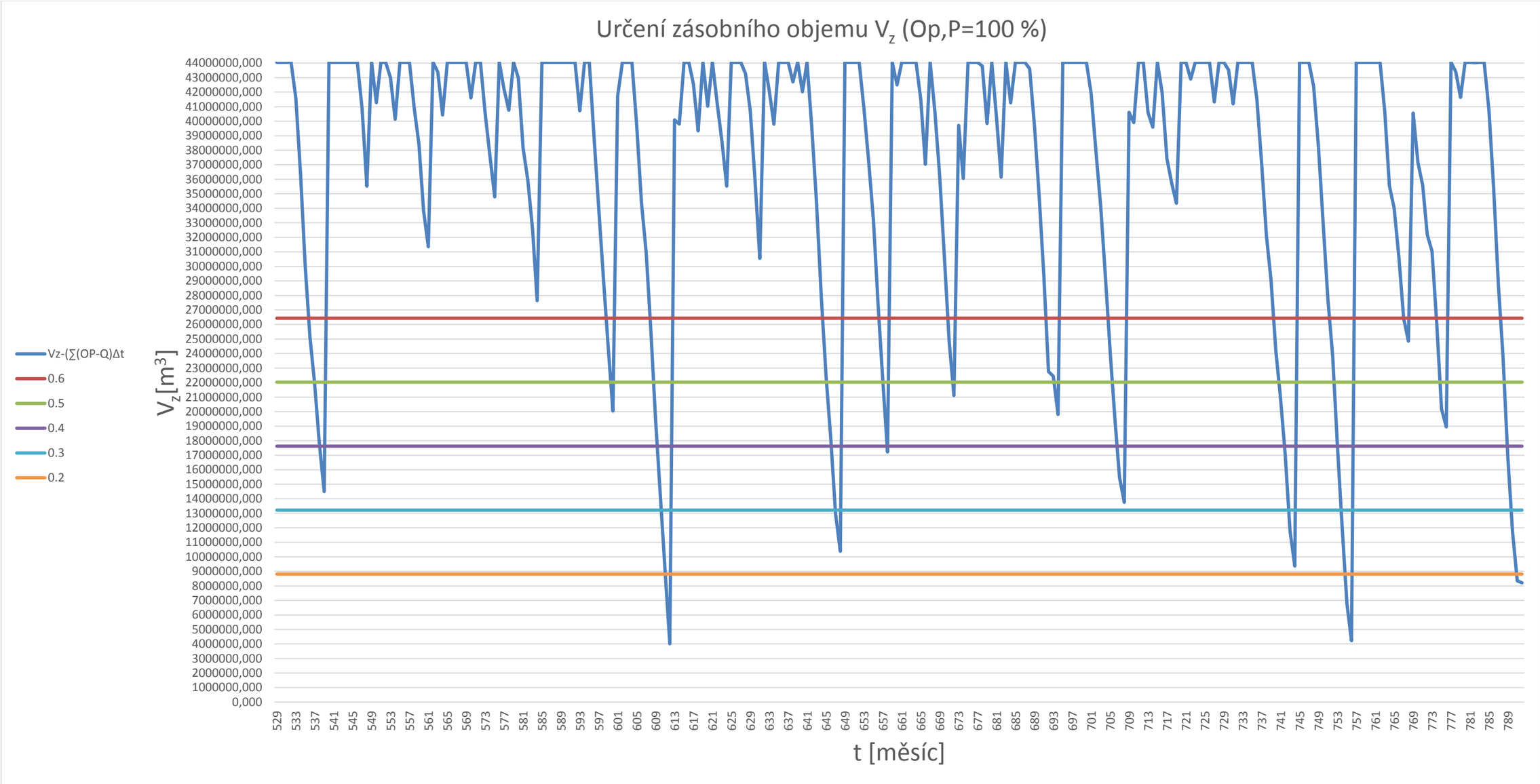
Z obrázku 33, Zjistíme podle určení zásobního objemu a hranici nádrže, kde je malo vody v nádrži pro období 529 až 792 měsíců, rok 1994 – 2015.



Obrázek 31. Určení zásobního objemu V_z, Rok 1950 – 1971



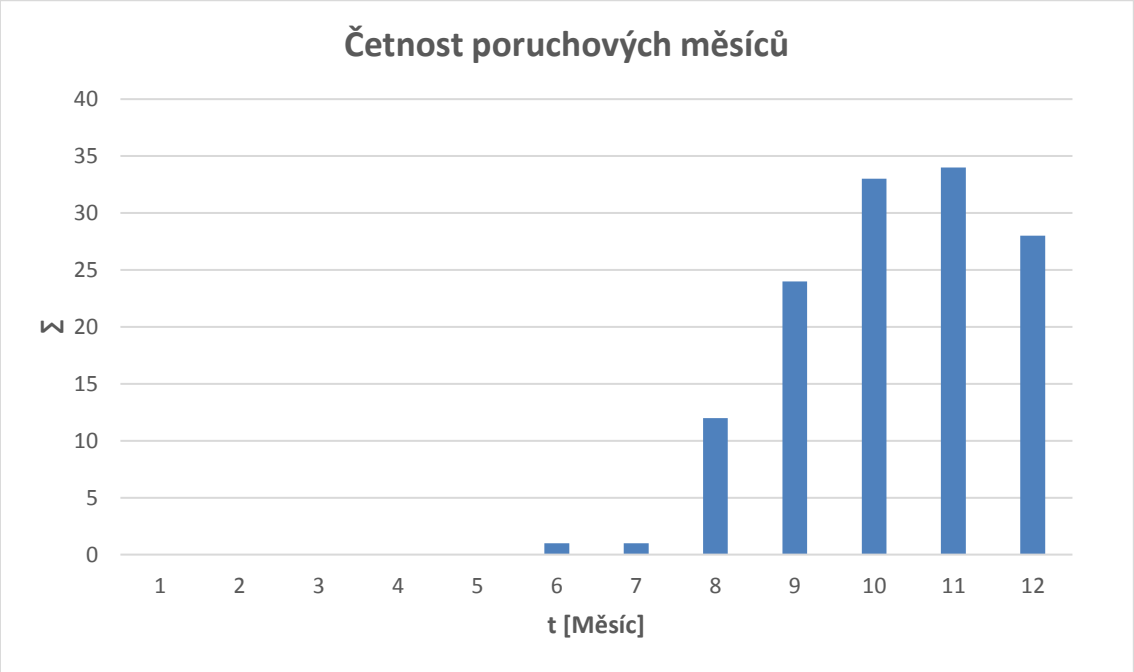
Obrázek 32. Určení zásobního objemu V_z, Rok 1972 – 1993



Obrázek 33. Určení zásobního objemu V_z, Rok 1994 – 2015

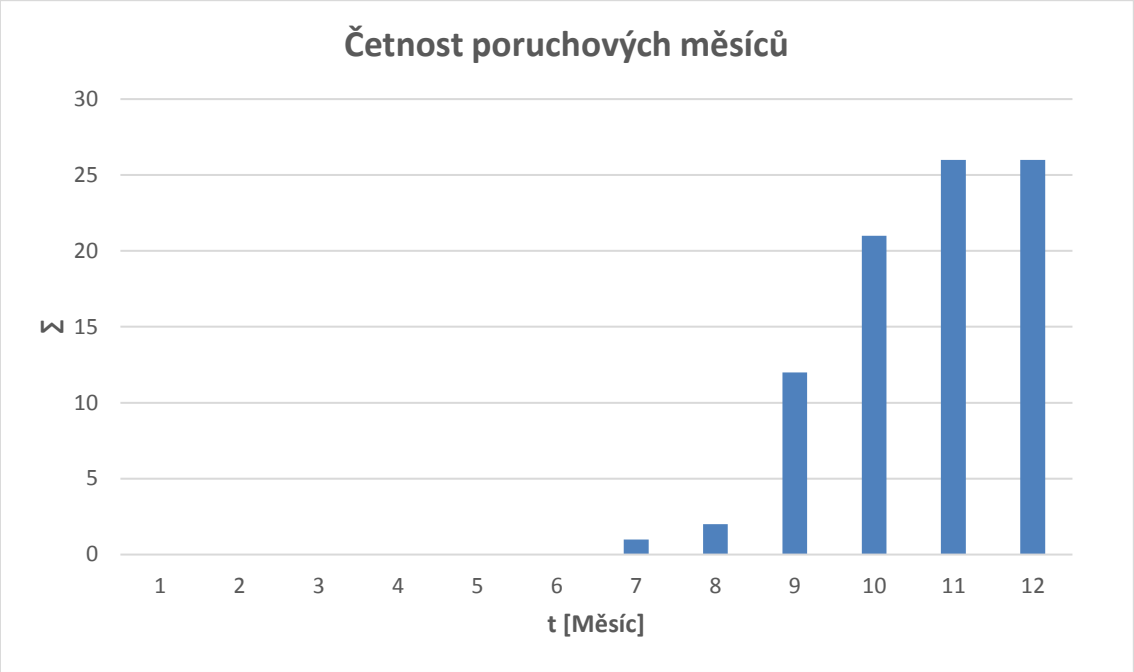
3.6.1 ČETNOST PORUCHOVÝVH MĚSÍCŮ

Četnost poruchových měsíců je součtem všech měsíců během 65 let, v období od roku 1950 – 2015.



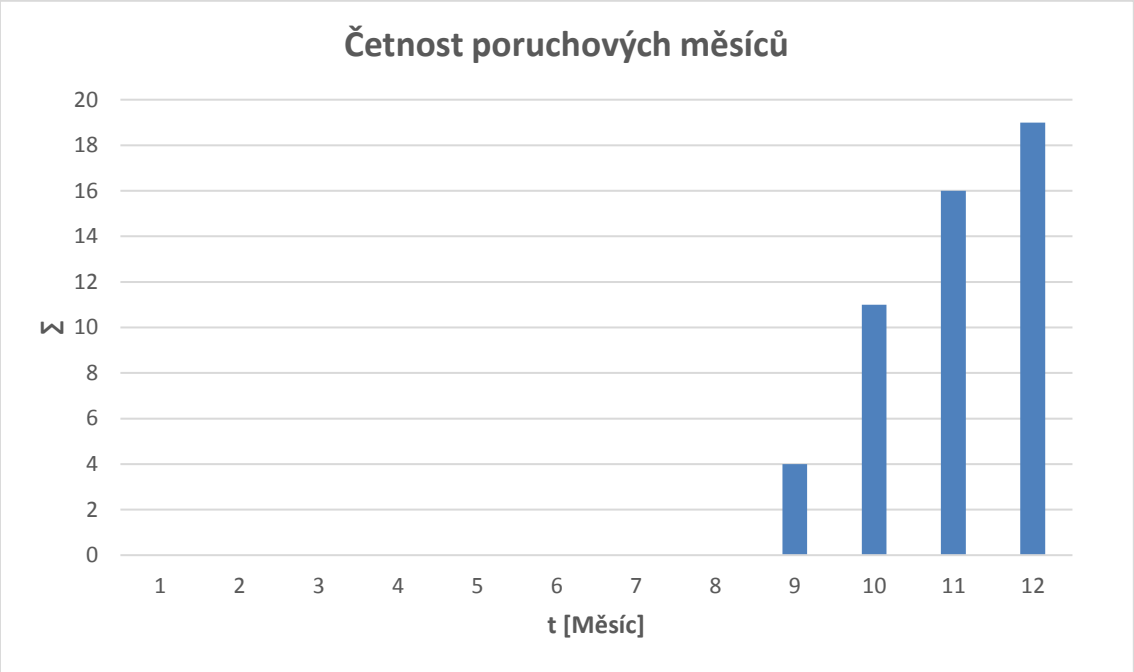
Obrázek 34. Četnost poruchových měsíců, pro 0,6 × $V_{z,Vir}$

Závěr: Při simulační hranici poruchy 0,6 × $V_{z,Vir}$ jsou neporuchovější měsíce říjen a listopad.



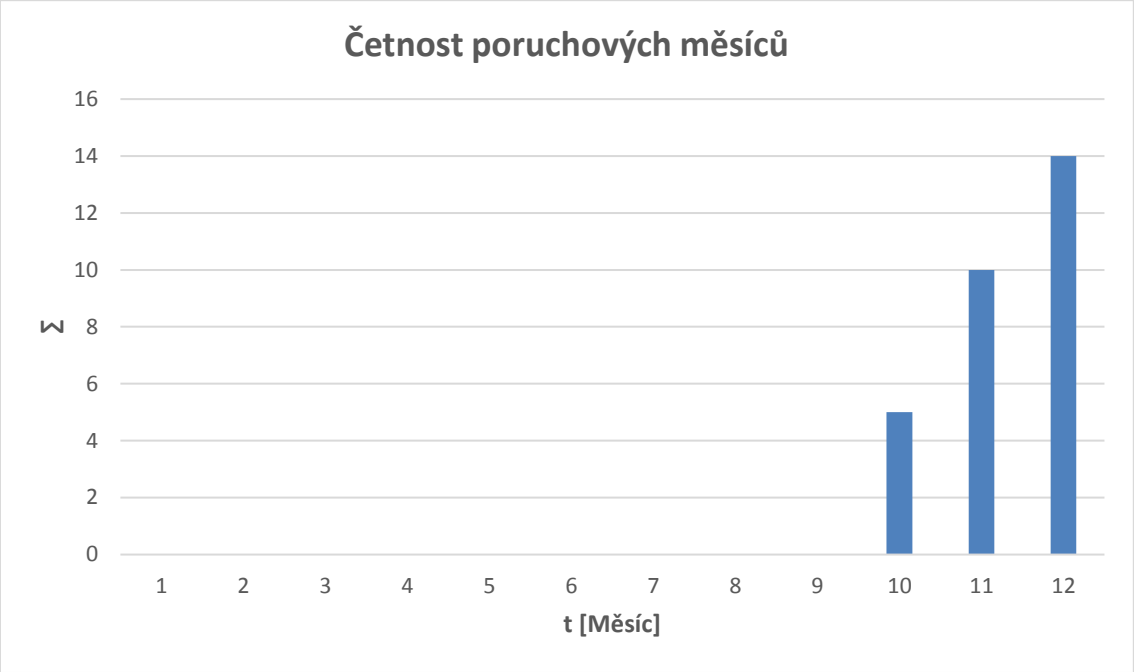
Obrázek 35. Četnost poruchových měsíců, pro 0,5 × $V_{z,Vír}$

Závěr: Při simulační hranici poruchy 0,5 × $V_{z,Vír}$ jsou neporuchovější měsíce listopad a prosinec.



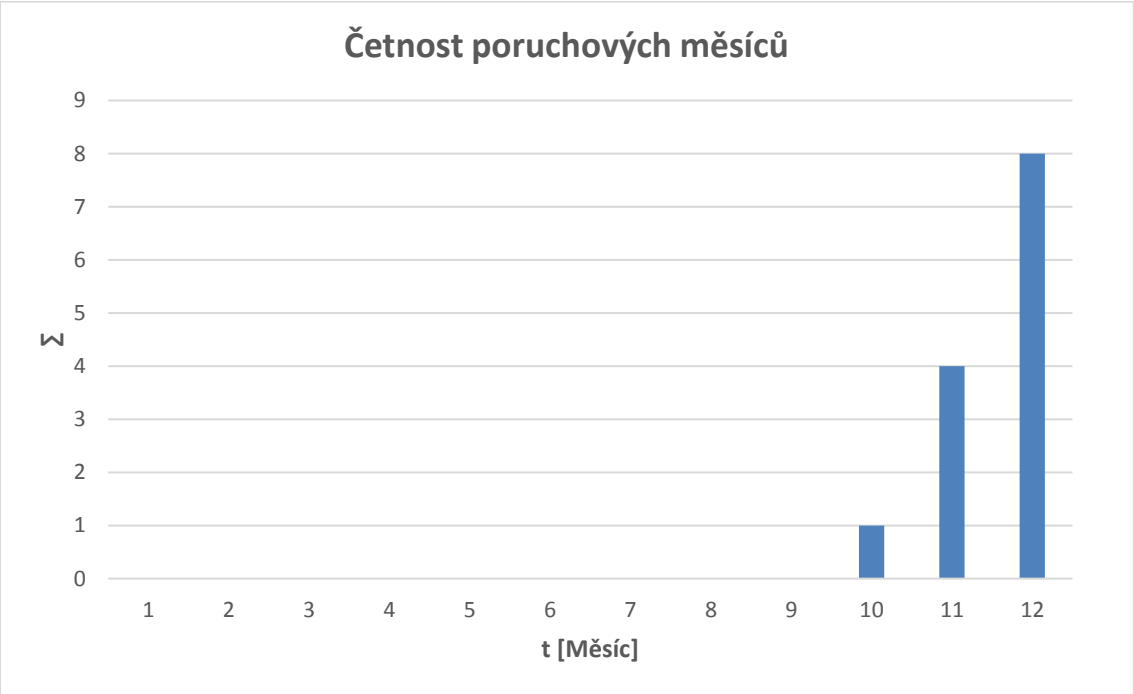
Obrázek 36. Četnost poruchových měsíců, pro 0,4 × $V_{z,Vír}$

Závěr: Při simulační hranici poruchy 0,4 × $V_{z,Vír}$ jsou neporuchovější měsíce prosinec.



Obrázek 37. Četnost poruchových měsíců, pro 0,3 × $V_{z,Vír}$

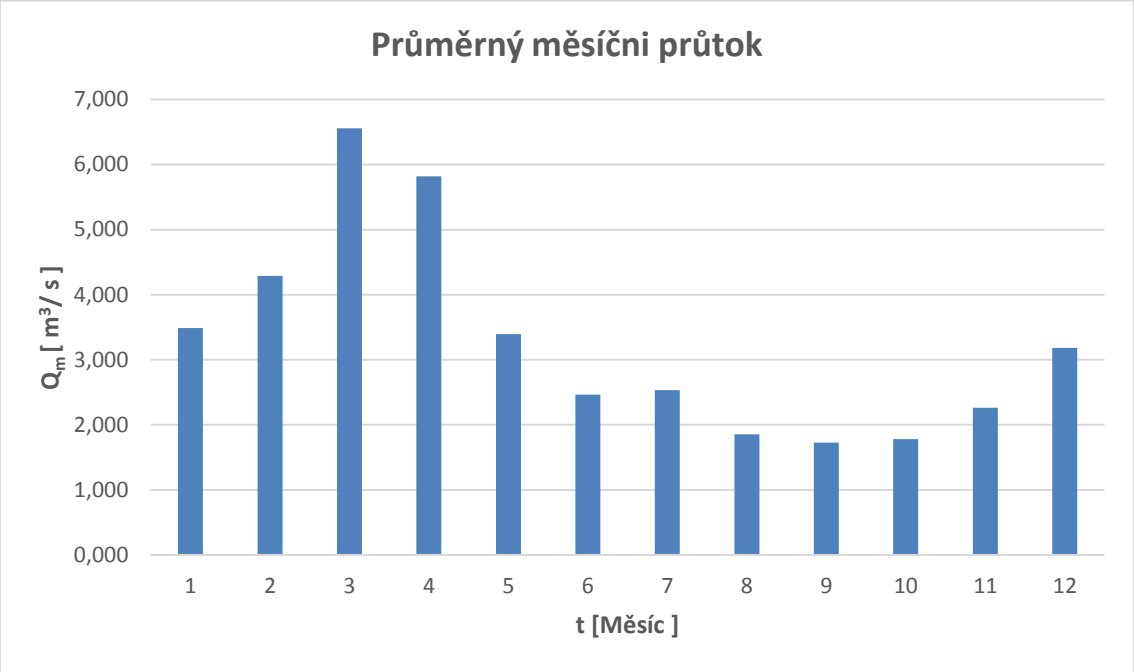
Závěr: Při simulační hranici poruchy 0,3 × $V_{z,Vír}$ jsou neporuchovější měsíce prosinec.



Obrázek 38. Četnost poruchových měsíců, pro 0,2 × $V_{z,Vír}$

Závěr: Při simulační hranici poruchy 0,2 × $V_{z,Vír}$ jsou neporuchovější měsíce prosinec.

Měsíční průměrný průtok během 65 let v období 1950 – 2015.



Obrázek 39. Průměrný měsíčni průtok, Rok 1950 – 2015

4 SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ

Úloha č. 1

Z výsledných hodnot v tabulkách 5 až 27, kde je znázorněna závislost O_p na V_z zjistíme, že hodnoty zásobních objemů se zvětšují postupně podle hodnoty $\sum(O_P\text{-}Q) \cdot \Delta t$, to znamená, že pokud je měsíční přítok vody do nádrže menší než nalepšený odtok, tak velikost zásobního objemu zvětšuje. Průměrný dlouhodobý průtok vody do nádrže nemá žadný vliv na velikost zásobního objemu. Nalepšený odtok z nádrže se začne zvětšovat postupně. Maximální zásobní objem za časový úsek 65 let (v období od roku 1950 do roku 2015) byl pro α = 0,1 největší v lednu roku 1964 V_z = 362845 m^3, pro α = 0,2 největší v únoru roku 1963 V_z = 1580251 m^3, pro α = 0,3 největší v prosinci roku 1964 V_z = 4006700 m^3 a pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1992 V_z = 8363759 m^3. Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1992, při součinitelích nalepšených odtoků α = 0,5 (V_z = 14085124 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 20985487 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 27885850 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 34786213 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 41686576 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 48586939 m^3).

Po 20 letech, v období 1950 – 1973, Maximální zásobní objem za časový úsek 20 let (v období od roku 1950 do roku 1973) byl pro α = 0,1 největší v lednu roku 1964, V_z = 313044 m^3, pro α = 0,2 největší v lednu roku 1964, V_z = 1381046 m^3, pro α = 0,3 největší únoru roku 1963, V_z = 3259679 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1969, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,4 (V_z = 7541985 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 12418449 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 17294913 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 22171377 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 27219382 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 32908590 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 38597798 m^3).

Po 20 letech, v období 1974 – 2015, Maximální zásobní objem za časový úsek 20 let (v období od roku 1974 do roku 2015) byl pro α = 0,2 největší v září roku 1990, V_z = 781473 m^3, pro α = 0,3 největší v listopadu roku 1992, V_z = 4191609 m^3, pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1992, V_z = 9046749 m^3, pro α = 0,5 největší v listopadu roku 1992, V_z = 15223442 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1992, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,6 (V_z = 22351468 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 29479495 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 36607521 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 43735547 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 50863574 m^3).

Po 10 letech, v období 1950 – 1960, Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 1950 do roku 1960) byl pro α = 0,2 největší v únoru roku 1954, V_z = 615237 m^3, pro α = 0,3 největší v únoru roku 1954, V_z = 2150790 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v říjnu roku 1950, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,4 (V_z = 5531687 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 9390754 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 13249820 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 17417271 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 22686571 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 28089201 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 33491894 m^3).

Po 10 letech, v období 1961 – 1970, Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 1961 do roku 1970) byl pro α = 0,1 největší v lednu roku 1964 V_z = 411398 m^3, pro α = 0,2 největší v únoru roku 1963, V_z = 1774461 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1969, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,3 (V_z = 4734986 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 9902476 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15369062 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 20835649 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 26349510 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 32727194 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 39104878 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 45638390 m^3).

Po 10 letech, v období 1971 – 1980, Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 1961 do roku 1970) byl pro α = 0,3 největší v srpnu roku 1976 V_z = 1482781 m^3, pro α = 0,4 největší v říjnu roku 1973, V_z = 3254861 m^3, pro α = 0,5 největší v říjnu roku 1976, V_z = 7220183 m^3, pro α = 0,6 největší v listopadu roku 1973, V_z = 12252565 m^3, pro α = 0,7 největší v listopadu roku 1973, V_z = 17341076 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1973, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,8 (V_z = 23086368 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 29022964 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 34959560 m^3).

Po 10 letech, v období 1981 – 1990, byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1990, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,2 (V_z = 861044 m^3), pro α = 0,3 (V_z = 3632503 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 8723061 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15099334 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22114934 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 29402102 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 36689271 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 43987315 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 52185380 m^3).

Po 10 letech, v období 1991 – 2000, Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 1991 do roku 2000) byl pro α = 0,2 největší v září roku 1992, V_z = 763108 m^3, pro α = 0,3 největší v listopadu roku 1992, V_z = 4089354 m^3, pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1992, V_z = 8883141 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1992, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,5 (V_z = 14950761

m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22024251 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 29097741 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 36171232 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 43244722 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 50318212 m^3).

Po 10 letech, v období 2001 – 2010, Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 2001 do roku 2010) byl pro α = 0,2 největší v srpnu roku 2007, V_z = 523111 m^3, pro α = 0,3 největší v srpnu roku 2007, V_z = 1774474 m^3, pro α = 0,4 největší v listopadu roku 2003, V_z = 5246377 m^3, pro α = 0,5 největší v listopadu roku 2003, V_z = 10815941 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 2003, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,6 (V_z = 16500449 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 22998274 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 29496098 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 35993923 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 42491748 m^3).

Po 10 letech, v období 2011 – 2015, Maximální zásobní objem za časový úsek 10 let (v období od roku 2011 do roku 2015) byl pro α = 0,2 největší v září roku 2015, V_z = 287915 m^3, pro α = 0,3 největší v září roku 2015, V_z = 1010472 m^3, pro α = 0,4 největší v července roku 2015, V_z = 1851239 m^3, pro α = 0,5 největší v říjnu roku 2015, V_z = 7007416 m^3, pro α = 0,6 největší v říjnu roce 2015, V_z = 10620203 m^3, pro α = 0,7 největší v listopadu roku 2015, (V_z = 14959694 m^3), $\sum(O_p - Q) \cdot \Delta t$ = 5.688 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 2012, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,8 (V_z = 20246126 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 26165002 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 32668019 m^3).

Po 5 letech, v období 1950 – 1955, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1950 do roku 1955) byl pro α = 0,2 největší v únoru roku 1954 V_z = 491817 m^3, pro α = 0,3 největší v únoru roku 1954 V_z = 1780532 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v říjnu roku 1950, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,4 (V_z = 4297493 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 7848011 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 11398529 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 149499048 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 19230764 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 24201490 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 29172216 m^3).

Po 5 letech, v období 1956 – 1960, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1956 do roku 1960) byl pro α = 0,3 největší v červnu roku 1957 V_z = 696595 m^3, pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1959, V_z = 2912620 m^3, pro α = 0,5 největší v prosinci roku 1959, V_z = 5450215 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1957, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,6 (V_z = 8381600 m^3),

pro α = 0,7 (V_z = 18914469 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 25681389 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 32448309 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 39215229 m^3).

Po 5 letech, v období 1961 – 1965, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1961 do roku 1965) byl pro α = 0,1 největší v lednu roku 1964, V_z = 362515 m^3, pro α = 0,2 největší v únoru roku 1963, V_z = 1578929 m^3, pro α = 0,3 největší v únoru roku 1963, V_z = 3303359 m^3, byl pro α = 0,4 největší v únoru roku 1963, V_z = 5027788 m^3, pro α = 0,5 největší v říjnu roku 1962, V_z = 6923672 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1962, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,6 (V_z = 13379283 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 18552572 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 23725861 m^3), pro α = 0,9 největší v prosicni roku 1963, V_z = 29568603 m^3, pro α = 1,0 největší v prosinci roku 1963, V_z = 35604107 m^3.

Po 5 letech, v období 1966 – 1970, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1966 do roku 1970) byl pro α = 0,2 největší v únoru roku 1970, V_z = 2367123 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1969, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,3 (V_z = 5468230 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 10268134 m^3, pro α = 0,5 (V_z = 16835550 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22595435 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 28744773 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 34115203 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 42184503 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 49549025 m^3).

Po 5 letech, v období 1971 – 1975, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1971 do roku 1975) byl pro α = 0,3 největší v září roku 1974, V_z = 384466 m^3, pro α = 0,4 největší v říjnu v roku 1973, V_z = 1937626 m^3, pro α = 0,5 největší v říjnu v roku 1973, V_z = 4152573 m^3, pro α = 0,6 největší v listopadu roku 1973, V_z = 7068072 m^3, pro α = 0,7 největší v listopadu roku 1973, V_z = 12730752 m^3, pro α = 0,8 největší v listopadu roku 1973, V_z = 17160645 m^3, pro α = 0,9 největší v prosinci roku 1973, V_z = 22107477 m^3, pro α = 1,0 největší v prosinci roku 1973, V_z = 27275686 m^3.

Po 5 letech, v období 1976 – 1980, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1976 do roku 1980) byl pro α = 0,2 největší v srpnu roku 1976, V_z = 225689 m^3, pro α = 0,3 největší v srpnu roku 1976, V_z = 2141399 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v říjnu roku 1976, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,4 (V_z = 5584156 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 9415575 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 15557292 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 21304420 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 27051549 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 32798677 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 39445354 m^3).

Po 5 letech, v období 1981 – 1985, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1981 do roku 1985) byl pro α = 0,3 největší v listopadu roku 1983, V_z = 2352798 m^3, pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1983, , V_z = 6815557 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1983, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,5 (V_z = 11777666 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 17132977 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 23000212 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 29247984 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 35495848 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 41743711 m^3).

Po 5 letech, v období 1986 – 1990, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1986 do roku 1990) byl pro α = 0,3 největší v říjnu roku 1990, V_z = 3852634 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1990, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,4 (V_z = 9236700 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15741383 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 22995458 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 30429380 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 37863303 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 45473200 m^3),), pro α = 1,0 (V_z = 53836363 m^3).

Po 5 letech, v období 1991 – 1995, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 1991 do roku 1995) byl pro α = 0,2 největší v srpnu roku 1992, V_z = 239155 m^3, pro α = 0,3 největší v říjnu roku 1992, V_z = 2674184 m^3, pro α = 0,4 největší v listopadu roku 1992, V_z = 6184883 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 1992, , při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,5 (V_z = 10710456 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 16443286 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 22586615 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 28729945 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 34873274 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 41016603 m^3).

Po 5 letech, v období 1996 – 2000, byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 2000, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,3 (V_z = 1809506 m^3), pro α = 0,4 (V_z = 6811788 m^3), pro α = 0,5 (V_z = 15888005 m^3), pro α = 0,6 (V_z = 23891656 m^3), pro α = 0,7 (V_z = 31895307 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 39898958 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 47902610 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 55906261 m^3).

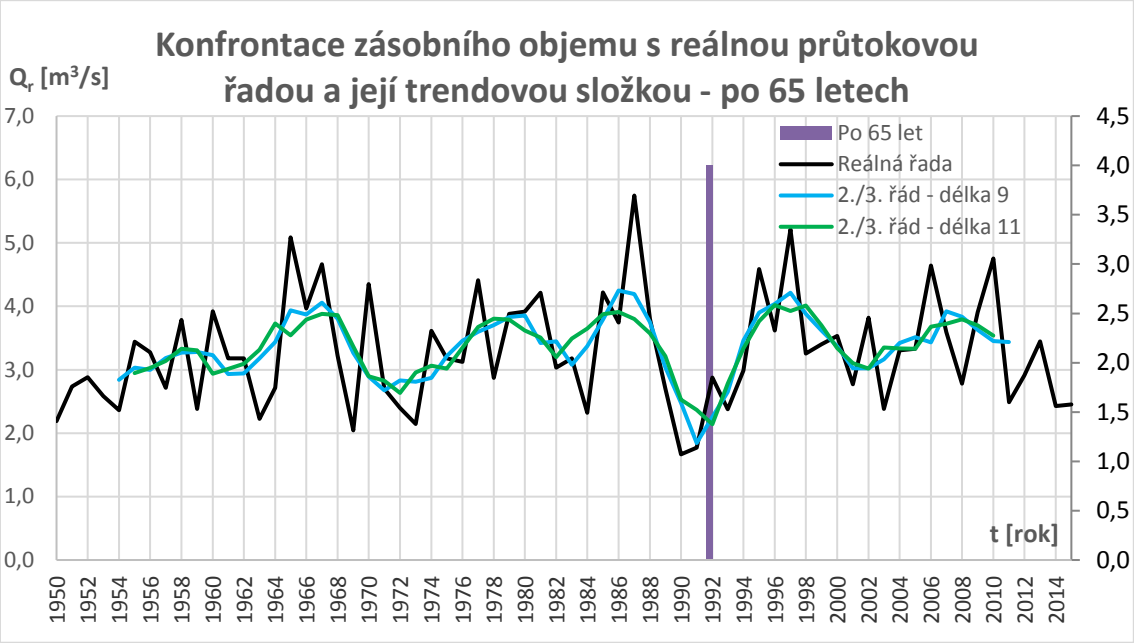
Po 5 letech, v období 2001 – 2005, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 2001 do roku 2005) byl pro α = 0,2 největší v srpnu roku 2003, V_z = 95977 m^3, pro α = 0,3 největší v srpnu roku 2003, V_z = 917186 m^3, pro α = 0,4 největší v září roku 2003, V_z = 2908675 m^3, pro α = 0,5 největší v listopadu roku 2003, V_z = 7604382 m^3, pro α = 0,6 největší v listopadu roku 2003, V_z = 12531634 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 2003, při součinitelích nalepšených

odtoků pro α = 0,7 (V_z = 17752728 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 23501189 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 29249650 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 34998111 m^3).

Po 5 letech, v období 2006 – 2010, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 2006 do roku 2010) byl pro α = 0,2 největší v srpnu roku 2007, V_z = 737215 m^3, pro α = 0,3 největší v srpnu roku 2007, V_z = 2416786 m^3, pro α = 0,4 největší v srpnu roku 2007, V_z = 5327012 m^3, pro α = 0,5 největší v srpnu roku 2007, V_z = 9468263 m^3, pro α = 0,6 největší v listopadu 2008, V_z = 15920731 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 2008, , při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,7 (V_z = 24103108 m^3), pro α = 0,8 (V_z = 32385610 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 40668111 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 49230838 m^3).

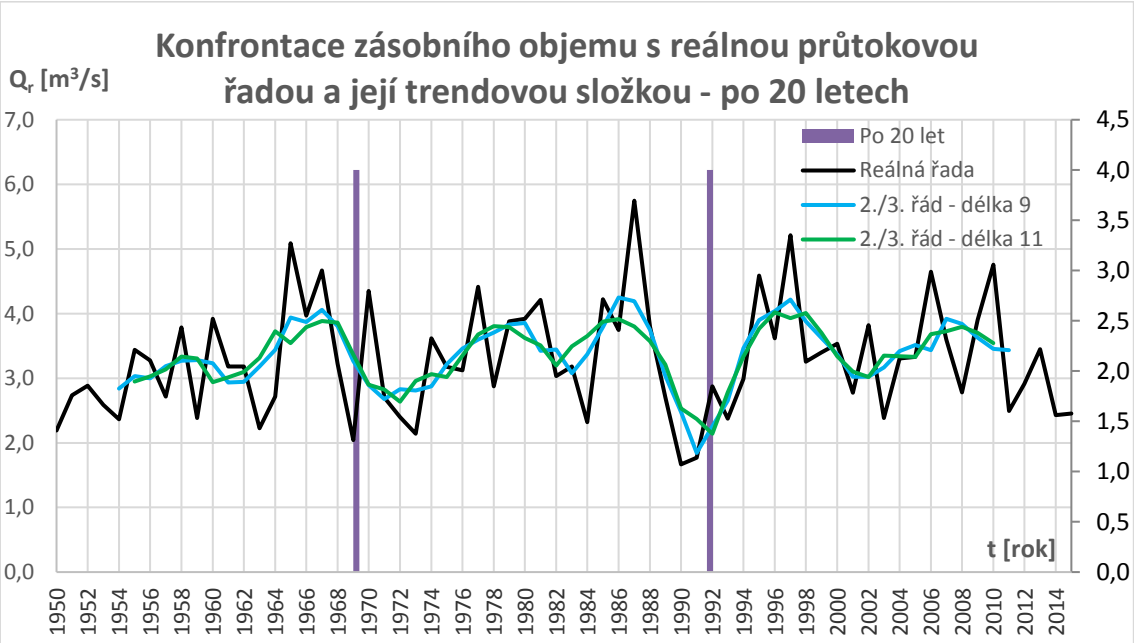
Po 5 letech, v období 2011 – 2015, Maximální zásobní objem za časový úsek 5 let (v období od roku 2011 do roku 2015) byl pro α = 0,2 největší v září roku 2015, V_z = 287915 m^3, pro α = 0,3 největší v září roku 2015, V_z = 1010472 m^3, pro α = 0,4 největší v července roku 2015, V_z = 1851239 m^3, pro α = 0,5 největší v říjnu roku 2015, V_z = 7007416 m^3, pro α = 0,6 největší v říjnu 2015, V_z = 10620203 m^3, pro α = 0,7 největší v listopadu roku 2015, V_z = 14959694 m^3, Dále byl maximální objem zaznamenám v prosinci roku 2012, při součinitelích nalepšených odtoků pro α = 0,8 (V_z = 20246126 m^3), pro α = 0,9 (V_z = 26165002 m^3), pro α = 1,0 (V_z = 32668019 m^3).

Maximální zásobní objemy v různých obdobích s řadou průměrných ročních průtoku, trendová složka, analýza trendové složky a zpracování průměrných ročních průtoků byly převzatí ze souběžně řešené bakalářské práce zpracované Vojtěchem Černým.



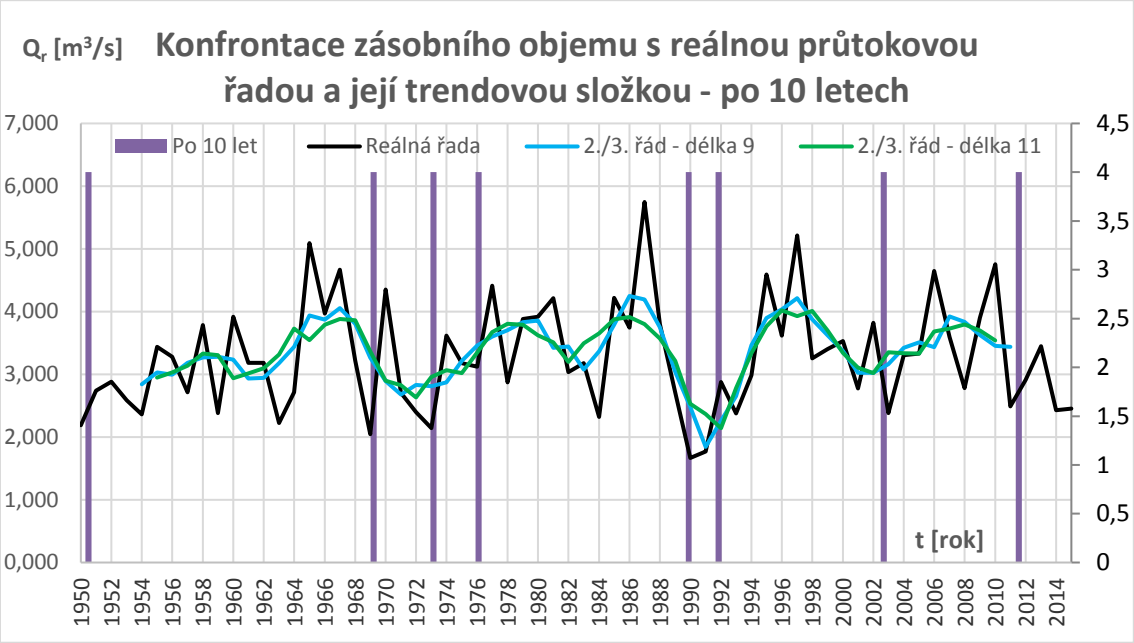
Obrázek 40. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složkou – po 65 letech

Závěr: Maximální zásobní objem během 65 let pro období 1950 - 2015, byl v roce 1992.



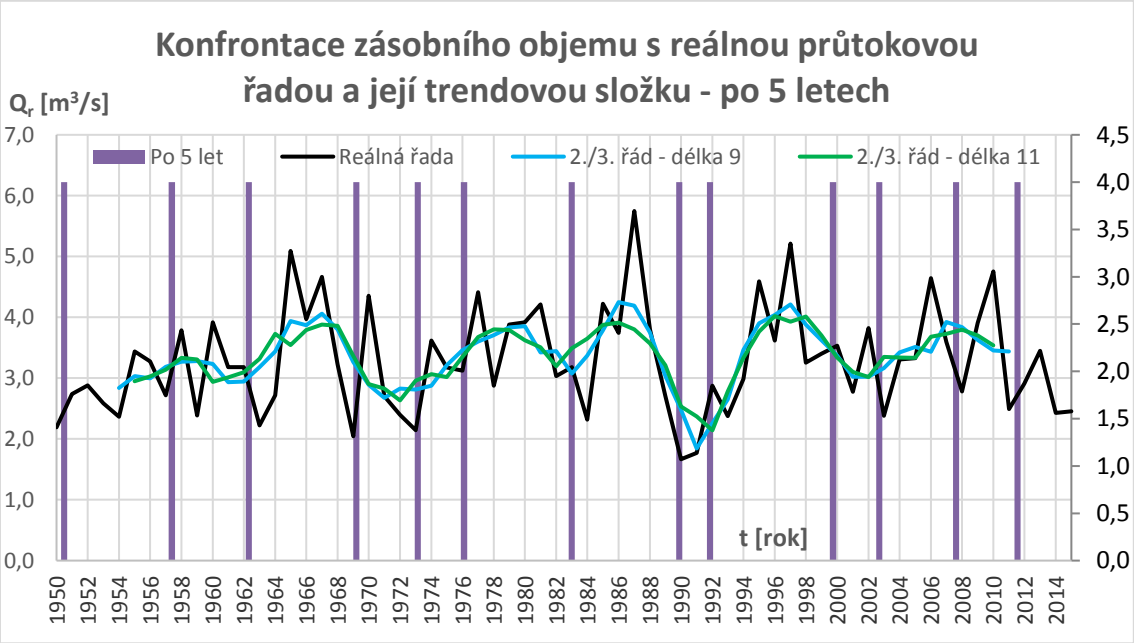
Obrázek 41. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složkou - po 20 letech

Závěr: Maximální zásobní objem během 20 let pro období 1950 – 2015, byl v roce 1969, 1992.



Obrázek 42. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složkou - po 10 letech

Závěr: Maximální zásobní objem během 10 let pro období 1950 – 2015, byl v roce 1950, 1976, 1969, 1973, 1990, 1992, 2003, 2012.



Obrázek 43. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složku - po 5 letech

Závěr: Maximální zásobní objem během 5 let pro období 1950 – 2015, byl v roce 1950, 1950, 1957, 1962, 1969, 1973, 1976, 1986, 1990, 1992, 2000, 2003, 2012.

Porovnání Q_a a O_p

Při porovnání Q_a a O_p, je podmínka $V_{z,Výpočet} > V_{z,Vír}$, splněna pro celou dobu trvání 65 let a následně po časový úsek po 20, 10 a 5 letech, kdy $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3. U porovnání mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je podmínka že, $O_p = Q_a$, aby byl nalezen nalepšený odtok odpovídající zásobnímu objemu. V období mezi lety 1950 – 2015 (viz obrázek č. 27) pro dobu trvání 65 let, byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 48 586 938 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.280 m^3/s, nalepšený odtok O_p = 3.120 m^3/s pro $V_{z,Vír}$. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 95.13 %. V období mezi lety 1974 – 2015 (viz obrázek č. 28) pro dobu trvání 20 let, byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 50 863 573 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.388 m^3/s, nalepšený odtok O_p = 3.111 m^3/s pro $V_{z,Vír}$. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 91.83 %. V období mezi lety 1961 – 1970 (viz obrázek č. 29) pro dobu trvání 10 let, byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 45 638 390 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.464 m^3 / s, nalepšený odtok O_p = 3.395 m^3/s pro $V_{z,Vír}$. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 98 %.

V období mezi lety 1981 – 1990 (viz obrázek č. 29) pro dobu trvání 10 let, byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 52 185 380 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.463 m^3/s, nalepšený odtok O_p = 3.170 m^3/s pro $V_{z,Vír}$. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 91.53 %.

V období mezi lety 1991 – 2000 (viz obrázek č. 29) pro dobu trvání 10 let, byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 50 318 212 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3, splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.362 m^3/s, nalepšený odtok O_p = 3.000 m^3/s pro $V_{z,Vír}$. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 89.23 %.

Pro časový úsek 5 let mezi lety 1966 – 1970 (viz obrázek č. 30), byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 49 549 024 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.650 m^3/s, nalepšený odtok O_p = 3.455 m^3/s pro $V_{z,Vír}$. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 94.65 %. Pro časový úsek 5 let mezi lety 1986 – 1990 (viz obrázek č. 30), byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 45 473 199 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný

přítok Q_a = 3.533 m^3/s, nalepšený odtok pro $V_{z,Vír}$ O_p = 3.095 m^3/s. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 87.88 %. Pro časový úsek 5 let mezi lety 1996 – 1990 (viz obrázek č. 30), byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 55 906 260 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.804 m^3/s, nalepšený odtok pro $V_{z,Vír}$ O_p = 3.235 m^3/s. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 85.04 %. Pro časový úsek 5 let mezi lety 2006 – 2010 (viz obrázek č. 30), byla podmínka $V_{z,Výpočet}$ = 49 230 838 m^3 > $V_{z,Vír}$ = 44 056 000 m^3 splněna při hodnotách: dlouhodobý průměrný přítok Q_a = 3.937 m^3/s, nalepšený odtok pro $V_{z,Vír}$ O_p = 3.575 m^3/s. Podíl mezi dlouhodobým průměrným průtokem a nalepšeným odtokem je v tomto období 90.82 %.

ČETNOST PORUCHOVÝVH MĚSÍCŮ

Četnost poruchovývh měsíců během 65 let v období mezi lety 1950 – 2015 byla provedena pro simulované hranice 0,6 – 0,2 (viz obrázek č. 31, 32, 33). Pro první simulovanou hranici 0.6 × $V_{z,Vír}$, (viz obrázek č. 34). byl neporuchovějším měsícem říjen a listopad. Pro druhou simulovanou hranici 0.5 × $V_{z,Vír}$, (viz obrázek č. 35). byly neporuchovějšími měsíci listopad a prosinec, pro simulovanou hranici 0.4 × $V_{z,Vír}$, 0.3 × $V_{z,Vír}$ a 0.2 × $V_{z,Vír}$ (viz obrázek č. 36, 37, 38). byl neporuchovějším měsícem prosinec.

Nejporuchovějším měsícem je tedy prosinec, protože průtok prezentovaný chronologickou měsíční průtokovou řadou klesá a V_z zásobní objem stoupá.

5 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo provést přehled metod stanovení zásobního objemu a nalepšeného odtoku a na základě zjištěných poznatků provést detailní analýzu vývoje zásobního objemu v čase s vazbou na analýzu časové řady průměrných ročních průtoků. K výpočtům byl použit simulační model nádrže a analýza časové řady převzatá ze souběžně řešené bakalářské práce zpravované Vojtěchem Černým. Praktická aplikace byla provedena na nádrži Vír I provozované podnikem Povodí Moravy na řece Svratce.

V práci byly nejprve popsány postupy stanovení dlouhodobého průměrného průtoku a nalepšeného odtoku, dále byla popsána základní rovnice nádrže a úloha typu číslo 1. Dále následovala další teoretická kapitola, která se věnovala četnosti poruchových měsíců. Ve třetí kapitole, praktické aplikaci, bakalářské práce se zabývám detailní analýzou vývoje zásobního objemu na nádrži Vír I na řece Svratce. Shrnutí všech dosažených výsledků je uvedeno v poslední kapitole bakalářské práce.

Z porovnání průtokové řady a její trendové složky s hodnotou maximálního zásobního objemu nádrže bylo zjištěno, že maximální zásobní objemy se téměř vždy nachází na sestupné větvy trendové složky. Roky 1969 a 1992 patřily z hydrologického hlediska k rokům suchým. Potvrzují to i výskyty maximálního zásobního objemu nádrže, který se v rozborech po časových úsecích vyskytl v každém z nich.

Při porovnání četnosti poruchových měsícu, bylo zjištěno, že nejporuchovějším měsícem je tedy prosinec.

Práce prokázala závislosti mezi chováním hydrologické řady a výskytem maximálních hodnot zásobních objemů nádrže. Naznačila možný směr kombinace analýzy hydrologické řady průtoků a vodohospodářského řešení zásobního objemu nádrže, který je z pohledu výskytu suchých period v řadě užitečný sledovat a snažit se vystihnout jejich dobu opakování. Tyto informace pak z pohledu provozovatele nádrže napomůžou k lepšímu provozu nádrže.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

n	Počet prvků řadou
O_p	Nalepšený odtok
Q	Prezentován chronologicou měsíční průtoků řadou
Q_a	Průměrný dlouhodobý přítok vody do nádrže
Q_d	Průměrný denních průtoků
Q_{355}	Ekologický průtok tvořící hránici sucha
V_z	Velikost zásobního objemů
$V_{z,vír}$	Velikost zásobního objemů víru
Δt	Měsíční časový úsek
α	součinitel nalepšený odtok

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] **MILOŠ Starý,** Hydrologie: Modul 02**.** Vysoké učení technické v Brně**.** Brno, 2005.

[2] **MILOŠ Starý,** *Nádrže a vodohospodářské soustavy: Modul 01*. Vysoké učení technické v Brně. Brno, 2006.

[3] **Pmo.cz.** [Online] 21.01.2019. [2019-01-21]
Dostupné z: http://www.pmo.cz/pop/2009/Dyje/end/a-popis/a-1.html#a_1

[4] **Wikipedia.org.** [Online] 15.1.2019. [2019-01-15]
Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Svratka

[5] **Vtei.cz.** [Online] 15.1.2019. [2019-01-15]
Dostupné z: https://www.vtei.cz/

[6] **Vyletnik.cz.** [Online] 15.1.2019. [2019-01-15].
Dostupné z: http://mapy.vyletnik.cz/svratka-7452/#x=49.21866230176583@y=16.5714168548584@z=14

[7] **Infocesko.cz.** [Online] 15.1.2019. [2019-01-15].
Dostupné z: https://www.infocesko.cz/content/clanek.aspx?clanekid=8372#

[8] **Virvudolisvratky.cz.** [Online] 15.1.2019. [2019-01-15]
Dostupné z: http://www.virvudolisvratky.cz/virska-prehrada/

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1. Znázornění výpočtu úlohy číslo 1. V_z (O_P, P), Pro P = 100 %.....13
Tabulka 2. Znázornění výpočtu určení zásobního objemu. V_z (O_p, P), Pro P = 100 %.....14
Tabulka 3. Prostor stálého nadržní (Pmo.cz).....18
Tabulka 4. Technické parametrické tělesa hráze (Pmo.cz).....18
Tabulka 5. Ůloha č 1, hledané V_z a O_p, v období 1950 – 2015.....20
Tabulka 6. Ůloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1950 – 1973.....21
Tabulka 7. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1974 – 2015.....22
Tabulka 8. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1950 – 1960.....23
Tabulka 9. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1961 – 1970.....24
Tabulka 10. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1971 – 1980.....25
Tabulka 11. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1981 – 1990.....26
Tabulka 12. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1991 – 2000.....27
Tabulka 13. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 2001 – 2010.....28
Tabulka 14. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 2011 – 2015.....29
Tabulka 15. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1950 – 1955.....30
Tabulka 16. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1956 – 1960.....31
Tabulka 17. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1961 – 1965.....32
Tabulka 18. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1966 – 1970.....33
Tabulka 19. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1971 – 1975.....34
Tabulka 20. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1976 – 1980.....35
Tabulka 21. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1981 – 1985.....36
Tabulka 22. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1986 – 1990.....37
Tabulka 23. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1991 – 1995.....38
Tabulka 24. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 1996 – 2000.....39
Tabulka 25. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 2001 – 2005.....40
Tabulka 26. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 2006 – 2010.....41
Tabulka 27. Úloha č 1, hledané V_z a O_p, v období, Rok 2011 – 2015.....42

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 - Povodí Dyje (*www.pmo.cz*).....15
Obrázek 2 - Prohled na hráz vodní nádrže Vír I (www.prehradavir.cz).....17
Obrázek 3 - Příčný řez hrází vodní nádrže Vír I (www.virvudolisvratky.cz).....18
Obrázek 4. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 2015.....20
Obrázek 5. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 1973.....21
Obrázek 6. Vztah mezi V_z a α, Rok 1974 – 2015.....22
Obrázek 7. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 1960.....23
Obrázek 8. Vztah mezi V_z a α, Rok 1961 – 1970.....24
Obrázek 9. Vztah mezi V_z a α, Rok 1971 – 1980.....25
Obrázek 10. Vztah mezi V_z a α, Rok 1981 – 1990.....26
Obrázek 11. Vztah mezi V_z a α, Rok 1991 – 2000.....27
Obrázek 12. Vztah mezi V_z a α, Rok 2001 – 2010.....28
Obrázek 13. Vztah mezi V_z a α, Rok 2011 – 2015.....29
Obrázek 14. Vztah mezi V_z a α, Rok 1950 – 1955.....30
Obrázek 16. Vztah mezi V_z a α, Rok 1961 – 1965.....31
Obrázek 15. Vztah mezi V_z a α, Rok 1956 – 1960.....31
Obrázek 16. Vztah mezi V_z a α, Rok 1961 – 1965.....32
Obrázek 17. Vztah mezi V_z a α, Rok 1966 – 1970.....33
Obrázek 18. Vztah mezi V_z a α, Rok 1971 – 1975.....34
Obrázek 19. Vztah mezi V_z a α, Rok 1976 – 1980.....35
Obrázek 20. Vztah mezi V_z a α, Rok 1981 – 1985.....36
Obrázek 21. Vztah mezi V_z a α, Rok 1986 – 1990.....37
Obrázek 22. Vztah mezi V_z a α, Rok 1991 – 1995.....38
Obrázek 23. Vztah mezi V_z a α, Rok 1996 – 2000.....39
Obrázek 24. Vztah mezi V_z a α, Rok 2001 – 2005.....40
Obrázek 25. Vztah mezi V_z a α, Rok 2006 – 2010.....41
Obrázek 26. Vztah mezi V_z a α, Rok 2011 – 2015.....42
Obrázek 27. Vývoj Q_a a O_p - po 65 letech.....43
Obrázek 28. Vývoj Q_a a O_p - po 20 letech.....44
Obrázek 29. Vývoj Q_a a O_p - po 10 letech.....45
Obrázek 30. Vývoj Q_a a O_p - po 5 letech.....47

Obrázek 31. Určení zásobního objemu V_z, Rok 1950 – 1971.....50
Obrázek 32. Určení zásobního objemu V_z, Rok 1972 – 1993.....51
Obrázek 33. Určení zásobního objemu V_z, Rok 1994 – 2015.....52
Obrázek 34. Četnost poruchových měsíců, pro 0,6 × $V_{z,Vír}$.....53
Obrázek 35. Četnost poruchových měsíců, pro 0,5 × $V_{z,Vír}$.....54
Obrázek 36. Četnost poruchových měsíců, pro 0,4 × $V_{z,Vír}$.....54
Obrázek 37. Četnost poruchových měsíců, pro 0,3 × $V_{z,Vír}$.....55
Obrázek 38. Četnost poruchových měsíců, pro 0,2 × $V_{z,Vír}$.....55
Obrázek 39. Průměrný měsíčni průtok, Rok 1950 – 2015.....56
Obrázek 40. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složkou – po 65 letech.....63
Obrázek 41. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složkou - po 20 letech.....63
Obrázek 42. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složkou - po 10 letech.....64
Obrázek 43. Konfrontace zásobního objemu s reálnou průtokovou řadou a její trendovou složku - po 5 letech.....64