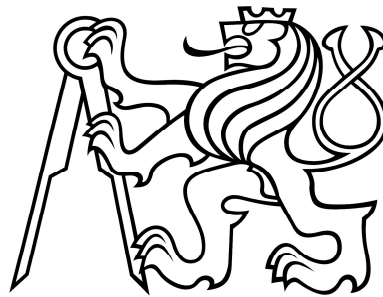


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydrotechniky



Diplomová práce

VD Újezd – optimalizace vodohospodářského provozu

Autor: Bc. Sýs Vojtěch

Vedoucí práce: doc. Dr. Ing Pavel Fošumpaur

Datum odevzdání: 6.1.2019



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Vojtěch Jméno: Sýs Osobní číslo: 424363

Zadávací katedra: 142 - Katedra hydrotechniky

Studijní program: Stavební inženýrství

Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce: VD Újezd - optimalizace vodohospodářského provozu

Název diplomové práce anglicky: Water Work Újezd - optimization of water management operation

Pokyny pro vypracování:

Vodní dílo Újezd na vodním toku Bílina bylo vybudováno jako náhradní opatření za nádrž Dřínov v souvislosti s ochranou lomů před povodněmi a zajištěním vody pro průmysl po roce 1980. Na přítoku do nádrže se podílí přirozené přítoky z povodí Bíliny a prostřednictvím Přivaděče Ohře – Bílina (PPV, PKP) také přítoky z povodí Ohře. Cílem diplomové práce je zpracování vodohospodářského řešení zásobní funkce nádrže Újezd pro variantu ukončení provozu Přivaděče. Tato varianta předpokládá zajištění odběrů z přirozeného povodí a z okolních nádrží. Součástí řešení bude očištění výchozí reálné řady přirozených přítoků do nádrže Újezd z povodí Bíliny, sestavení simulačního modelu zásobní funkce včetně manipulací na VD Jirkov v povodí Bíliny a vyhodnocení zabezpečení minimálního průtoku pod hrází VD Újezd a kompenzačního nadlepšování v toku Bílina pro zajištění dodávky vody odběratelům.

Seznam doporučené literatury:

Patera, A., Nacházal, K., Fošumpaur, P.: Nádrže a vodohospodářské soustavy. Vydavatelství ČVUT. Praha 2002.

Votruba, L., Broža, V.: Hospodaření s vodou v nádržích. SNTL/ALFA. Praha 1980.

Manipulační řád vodohospodářské soustavy náhradních opatření za nádrž Dřínov. Povodí Ohře, státní podnik. Chmutov 2017.

Jméno vedoucího diplomové práce: doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur

Datum zadání diplomové práce: 3.10.2018

Termín odevzdání diplomové práce: 6.1.2019

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v diplomové práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

10.10.2018

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

.....

Bc. Sýs Vojtěch

v Praze ledna 2019

PODĚKOVÁNÍ

V první řadě bych velice rád poděkoval své rodině za podporu, které se mi dostalo, a také za trpělivost, kterou se mnou při zpracovávání diplomové práce měla. Za odborné vedení mé práce a za rady při řešení problémů děkuji vedoucímu diplomové práce panu doc. Dr. Ing. Fošumpaurovi. Dále bych také rád poděkoval pracovníkům ze státního podniku Povodí Ohře, jmenovitě panu Ing. Pailovi za věcné konzultace.

ANOTACE

Předmětem diplomové práce je optimalizace vodohospodářského provozu VD Újezd pro případ zrušení Přivaděče průmyslové vody (PPV). Takto značný zásah do vodohospodářské soustavy Náhradních opatření za nádrž Dřínov (NOD) by výrazně ovlivnil hydrologii přítoku do důležitého profilu soustavy – VD Újezd. V rámci diplomové práce došlo k očištění reálných hydrologických řad v důležitých měrných profilech soustavy, které se staly podkladem pro modelování syntetických časových řad průměrných měsíčních průtoků v izolované i závislé stanici. Pro modelování řad v závislé stanici byla použita Metoda centrální stanice a satelitních stanic. V závěru práce byla, na podkladu výsledné syntetické řady průměrných měsíčních průtoků v profilu VD Újezd, posouzena zásobní funkce nádrže včetně vyhotovení dispečerských grafů pro vhodné varianty nadlepšení Q_n .

KLÍČOVÁ SLOVA

vodohospodářská soustava, vodní dílo, přehrada, zásobní funkce, syntetické časové řady, modelování časových řad, průměrné měsíční průtoky, zabezpečení dodávky vody podle trvání, optimalizace, dispečerský graf nádrže

ANNOTATION

The diploma's thesis is focused on the optimization of water management operation of Water Work Újezd, in case of the cancelling operation of industrial water conduit. This interference with the water management system NOD may cause significant change in the hydrology of inflow of the important profile of the system – Water Work Újezd. In the diploma's thesis, there has been performed the purification of real time series in the important control sections of the system which became the basis of the modelling of synthetic time series of the average monthly flows in the isolated and dependent station. For the modelling of time series in the dependent station there has been used the Method of central a satellite stations. In the end of the thesis there has been performed the assessment of storage function of the reservoir with construction of operation curves for each acceptable variant of a feeding flow Q_n .

KEY WORDS

water management system, water work, dam, storage function, synthetic time series, modelling of time series, average monthly flows, supply dependability to duration, optimization, operation curve.



OBSAH

Seznam užitých zkratk	3
Úvod	4
1 Vodohospodářská soustava NOD	5
2 VD Jirkov	7
2.1 Hlavní účely VS SHP a VD Jirkov	7
2.2 Hydrologické poměry	8
2.3 Rozdělení objemu nádrže	9
2.4 Monitoring přítoku a odtoku	10
2.5 Manipulace na vodním díle	10
3 Podkrušnohorský přivaděč – PKP	13
4 VD Újezd	14
4.1 Hlavní účely vodního díla	14
4.2 Hydrologické poměry	15
4.3 Technické parametry vodního díla	15
4.3.1 Vzduvací objekt	15
4.3.2 Výtokový objekt a spodní výpusti	16
4.3.3 Odpadní štola	16
4.3.4 Bezpečnostní přeliv	17
4.3.5 Malá vodní elektrárna Újezd	17
4.4 Rozdělení objemu nádrže	18
4.5 Monitoring přítoku a odtoku	20
5 Vstupní podklady	21
5.1 Údaje o evidovaných odběrech a vypouštění	21
5.2 Hydrologické údaje	22
6 Vodohospodářské řešení zásobní funkce	23
6.1 Očištění hydrologické řady na přítoku do VD Jirkov	23
6.2 Modelování průměrných měsíčních průtoků	25
6.2.1 Postup tvorby LRM v prostředí Matlab	25
6.3 Simulace odtoku z VD Jirkov	31
6.4 Stanovení přítoků z „mezipovodí“ (VD Jirkov – VD Újezd)	32



6.5	Modelování průměrných měsíčních průtoků – <i>MCSS</i>	35
6.6	Stanovení přítoku do VD Újezd	37
6.7	Režimová funkce nádrže VD Újezd	38
6.8	Dispečerské grafy nádrže VD Újezd	39
7	Posouzení zabezpečení podle trvání „pt“	41
	Závěr	43
	Seznam tabulek	45
	Seznam obrázků	46
	Seznam příloh.....	47
	Použité zdroje	48



Seznam užitých zkratk

AR (p)	..... autoregresní model časové řady řádu „p“
ARMA (p, q)	..... smíšený model časové řady řádu „q“ a „p“
B-J	..... Boxova-Jenkinsonova metodologie
BP	..... bezpečnostní přeliv
ČS	..... čerpací stanice
ČOV	..... čistírna odpadních vod
DG	..... dispečerský graf
EPR	..... Elektrárna Prunéřov
EKO	..... Ervěnický koridor
HA	..... hydrologická analogie
HFV	..... charakteristické čáry zatopených ploch a objemů
LG	..... limnigrafická stanice
LRM	..... metoda lineárního regresního modelu
MCSS	..... metoda centrální stanice a satelitních stanic
MŘ	..... manipulační řád
MVE	..... malá vodní elektrárna
MZP	..... minimální zůstatkový průtok
PKP	..... Podkrušnohorský přivaděč
PVN	..... Průmyslový vodovod Nechanice
POh	..... Povodí Ohře, státní podnik
PPV	..... Přivaděč průmyslové vody
PV	..... povrchová voda
RO	..... rozdělovací objekt
SčVK	..... Severočeské vodovody a kanalizace
SHP	..... Severočeská hnědouhelná pánev
SV	..... spodní výpust
ÚV	..... úpravna vody
Vak	..... Vodárny a kanalizace
VD	..... vodní dílo
VHD	..... vodohospodářský dispečink
VS	..... vodohospodářská soustava
VS NOD	..... vodohospodářská soustava Náhradních opatření za nádrž Dřínov
ZHU	..... Základní hydrologické údaje



Úvod

Předmětem diplomové práce je optimalizace vodohospodářského provozu VD Újezd pro případ zrušení Přivaděče průmyslové vody (PPV). Vodní dílo Újezd na vodním toku Bílina je součástí vodohospodářské soustavy Náhradních opatření za nádrž Dřínov, která byla vybudována v souvislosti s ochranou lomů před povodněmi a zajištěním vody pro průmysl po roce 1980. [1, 2] Na přítoku do nádrže se podílí přirozené přítoky z povodí Bíliny a prostřednictvím Přivaděče Ohře – Bílina (PPV, PKP) také přítoky z povodí Ohře.

Ukončením provozu Přivaděče průmyslové vody (PPV) by došlo k výraznému zásahu do podoby a funkce vodohospodářské soustavy NOD z hlediska zajištění dodávky vody pro místní odběratele povrchové vody. Výrazný dopad bude mít tento zásah do soustavy také na charakter hydrologie přítoku do profilu soustavy – VD Újezd. Přítok do vodní nádrže Újezd bude značně záviset na manipulacích na VD Jirkov.

Varianta ukončení provozu PPV představuje zrušení „západní“ větve VS NOD, tj. celého PPV od ČS Rašovice a uklidňovací nádrže „Ciboušov“ (ř. km PPV 23,984 [3]) po MVE Jirkov – skluz (ř. km PPV 0,310 [3]), která bude zachována.

Cílem diplomové práce je vyhodnocení zabezpečení minimálního průtoku pod hrází VD Újezd a kompenzačního nadlepšování v toku Bílina pro zajištění dodávky vody odběratelům. Vlastní posouzení zabezpečení vyžaduje očištění výchozích reálných řad přirozených přítoků z povodí Bíliny a sestavení simulačního modelu zásobní funkce včetně manipulací na VD Jirkov.

Zároveň se sluší zdůraznit, že zrušení PPV není navrhovaným záměrem státního podniku Povodí Ohře. Diplomová práce má pouze poskytnout informace o potenciálu VD Újezd z hlediska zabezpečení nadlepšení průtoků pod vodním dílem za předpokladu, že by došlo k uskutečnění výše zmíněného zásahu do VS NOD.



1 Vodohospodářská soustava NOD

Vodohospodářská soustava Náhradních opatření za nádrž Dřínov (VS NOD) je situovaná v severozápadních Čechách mezi městy Klášterec nad Ohří a Jirkov. V druhé polovině minulého století byly některé vodní nádrže nuceny ustoupit povrchové těžbě hnědého uhlí na Mostecké pánvi. Tento zásah se dotkl nádrží Dřínov, Kyjice a Nové Sedlo, které byly zcela zrušeny. Nádrž Jiřetín zůstala zachována, ačkoliv došlo k výrazné redukci jejího zásobního objemu (z 5,353 mil. m³ na 0,586 mil. m³). VD Dřínov, s celkovým objemem nádrže 9,387 mil. m³, zajišťovalo částečnou ochranu území před povodněmi a bylo důležitým prvkem v zásobení průmyslových velkoodběratelů. Zrušená vodní díla bylo nutné nahradit z jiných zdrojů, a proto se přistoupilo k vybudování VS NOD. [1]

Mezi hlavní účely VS NOD patří řešení odtokových poměrů po likvidaci nádrže Dřínov, a to bezpečným odvedením přítoků z Krušných hor, zajištění minimálně 100leté ochrany povrchových dolů před účinky velkých vod a více jak 10leté ochrany bezodtokového prostoru pod nádrží Újezd, a zajištění zásobování povrchovou vodou pro průmysl, energetiku, úpravu vody na vodu pitnou, zemědělství, závlahy, zatápění povrchových lomů a další odběratele. Požadované odběry povrchové vody jsou s dostatečnou rezervou pokryty Přivaděčem průmyslové vody (max. čerpané množství ČS Rašovice 0,720 m³/s) a Průmyslovým vodovodem Nechranice (max. 2,0 m³/s). Havarijní zásobování hlavních odběratelů je zajištěno ze zásobních prostorů nádrží soustavy. Jako posledním, neméně důležitým, hlavním účelem je zajišťování minimálních zůstatkových průtoků ve vybraných tocích a profilech soustavy. Z vedlejších účelů soustavy je nejdůležitější energetické využití. [2]

Funkce vodohospodářské soustavy NOD ovlivňuje a je ovlivňována i dalšími vodními díly a zařízeními. Mezi tato vodní díla a zařízení patří [2]:

- soustava Kadaň – Klášterec
- VD Nechranice
- vypouštění oteplené vody z EPR I. a II.
- VD Jirkov, VD Jiřetín II.
- VD Loupnice – nelze manipulovat, retenční nádrž,
- VD Hamr (dříve Rudý Sever) – retenční nádrž,
- VD Fláje,
- VD Přísečnice,
- VD Janov, VD Jezeří



Vodohospodářská soustava NOD zahrnuje tyto části [2]:

- nádrže
 - VD Újezd
 - VD Zaječice
 - VD Otvice
 - Březenec (vyrovnávací nádrž)
 - ukladňovací nádrž Staré Spořice pod skluzem Černovice
- čerpací stanice – Rašovice
- Přivaděč průmyslové vody (PPV)
- Podkrušnohorský přivaděč (PKP)
- Průmyslový vodovod Nechanice (PVN)
- jez Jiřetín na Bílině
- jez Stranná
- přeložky toků
 - trubní přeložka Bíliny po Ervěnickém koridoru
 - přeložka Šramnického a Černického potoka
 - přeložka Vesnického potoka
 - přeložka Březeneckého potoka (Březenecký p. z PPV)
- havarijní zásobování průmyslu vodou z VD Fláje
- síť přirozených a upravených vodních toků

Úprava VS NOD v rámci diplomové práce:

V rámci diplomové práce je uvažováno s variantou zrušení „západní“ větve VS NOD, tj. celého PPV od ČS Rašovice a ukladňovací nádrže „Ciboušov“ (ř. km PPV 23,984 [3]) po MVE Jirkov – skluz (ř. km PPV 0,310 [3]), která bude zachována. Tento zásah do současného stavu VS NOD způsobí výraznou změnu v hydrologii přítoku do VD Újezd. Rozhodující vliv na přítok do VD Újezd bude mít přítékané množství vody z VD Jirkov a PKP.

Přílohy VS NOD:

- Ortofoto mapa se zákresem jednotlivých částí VS NOD viz příloha č.1 – Mapa VS NOD.
- Názorné průtokové schéma VS NOD viz příloha č.2 – Průtokové schéma VS NOD.
- Názorné průtokové schéma ČS Rašovice, PPV a PKP viz příloha č.3 – Schéma PPV, PKP.

2 VD Jirkov

Vodní dílo Jirkov se nachází na severozápadě Čech v Ústeckém kraji v okrese Chomutov. Stavba vodního díla probíhala mezi lety 1960 – 1965. Nádrž se nachází na řece Bílině na ř. km 72,7 (dle technické evidence ISyPo k 01/2010 v ř.km 72,148). Vodnímu toku Bílina náleží hydrologické pořadí 1-14-01-0030-1-00. [4, 5]



Obr. 1 – VD Jirkov [4]

2.1 Hlavní účely VS SHP a VD Jirkov

Vodní dílo Jirkov je vodárenská nádrž, která je součástí vodohospodářské soustavy v oblasti Severočeské hnědouhelné pánve (VS SHP). Hlavními účely vodohospodářské soustavy SHP je akumulace vody pro zásobení Severočeské hnědouhelné oblasti pitnou vodou a zajištění MZP ve vybraných profilech. Mezi další nádrže této soustavy patří VD Přísečnice, VD Křímov, VD Kamenička a VD Fláje. [6]

Hlavní účely VD Jirkov jsou následující [5] :

- a) akumulace vody pro zásobení severočeské hnědouhelné oblasti pitnou vodou,
- b) zajištění MZP 10 l/s v Bílině v profilu LG Jirkov – odtok.

Mezi vedlejší účely nádrže patří využití vodní energie (MVE) a částečná ochrana před povodněmi. Neškodný odtok pod hrází dosahuje hodnoty 5,0 m³/s. [5]



2.2 Hydrologické poměry

Základní hydrologické údaje pro tok Bílina v profilu „Nad VD Jirkov“ a pro tok Lužec v profilu „Nad převodem do VD Jirkov“ byly převzaty z manipulačního řádu VD Jirkov. [5]

Tab. 1 – ZHU Bílina – Nad VD Jirkov

Tok		Profil											
Bílina		Nad VD Jirkov - ř. km 69.60											
		Průměrná dlouhodobá roční hodnota											
Plocha povodí A (km ²)		srážek Pa (mm)						průtoku Qa (m ³ /s)					
27.6		805						0,287					
M-denní průtoky (l/s)		třída IV											
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q _{Md}	680	454	347	285	247	204	181	155	126	109	92	30	15.2
N-leté průtoky (m ³ /s)		třída IV											
N	1	2	5	10	20	50	100						
Q _N	3.0	4.3	5.3	7.3	12.6	23.8	33.1						

Nivský přivaděč

Na cca 5,0 ř.km vodního toku Lužce je situován betonový vzdouvací objekt, v jehož levé části byl vybudován betonový břehový odběrný objekt, na který navazuje trubní přivaděč sloužící k převedení průtoků vodního toku Lužce (dříve Nivský potok) do povodí vodního toku Bíliny nad VD Jirkov. [4, 5]

Průběh Nivského přivaděče je zřetelně znázorněn na schématu VS (Obr. 8) a v příloze č.5.

Tab. 2 – ZHU Lužec

Tok		Profil											
Lužec		Nad převodem do VD Jirkov - ř. km 7.13											
		Průměrná dlouhodobá roční hodnota											
Plocha povodí A (km ²)		srážek Pa (mm)						průtoku Qa (l/s)					
9.4		750						81.80					
M-denní průtoky (l/s)		třída IV											
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q _{Md}	196	133	104	81.2	73.0	59.0	51.8	44.0	36.6	30.8	25.8	8.6	3.7
N-leté průtoky (m ³ /s)		třída IV											
N	1	2	5	10	20	50	100						
Q _N	0.90	1.50	3.00	4.90	7.50	12.60	18.80						



2.3 Rozdělení objemu nádrže

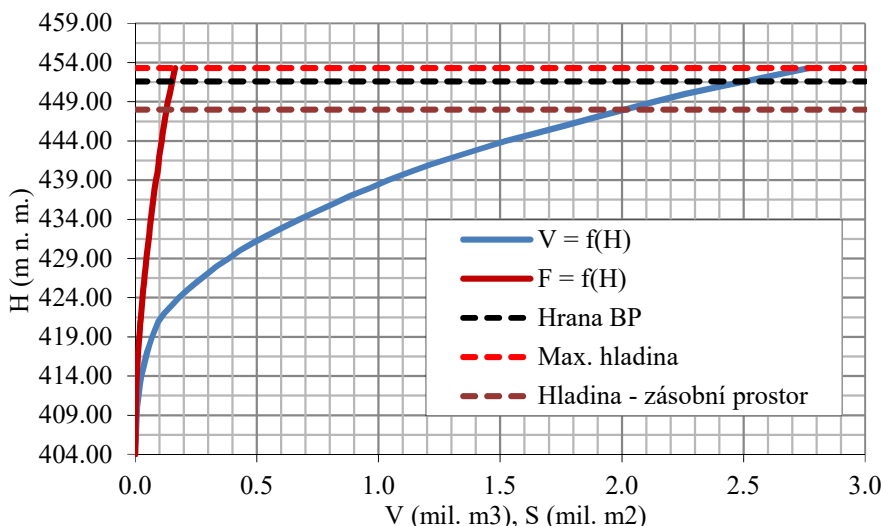
Celkový prostor nádrže dosahuje objemu 2,769 mil. m³. Celkový ovladatelný objem nádrže odpovídá hodnotě 2,506 mil. m³. Do objemu zásobního prostoru vodního díla není zahrnut objem prostoru stálého nadržení (0,094 mil. m³). [5]

Tab. 3 – Rozdělení prostoru nádrže VD Jirkov [5]

Rozdělení objemu nádrže				kóta úrovně hladiny (m n. m.)	zatopená plocha (ha)	zatopené objemy (mil. m ³)		
						V _i	ΣV _i	V _z , V _r
V _c	V _o	V _z	dno nádrže	404.00	-	-	-	-
			prostor stálého nadržení	420.90	2.13	0.094	-	-
		zásobní prostor	448.00	12.80	1.917	1.917	1.917	
	V _n	V _r	ochranný ovladatelný prostor	451.60	15.23	0.495	2.506	-
			ochranný neovladatelný prostor	453.30	16.44	0.263	2.769	0.758

Tab. 4 – Charakteristické čáry nádrže Jirkov [5]

Kóta hladiny	Plocha hladiny	Objem vody	Kóta hladiny	Plocha hladiny	Objem vody	Kóta hladiny	Plocha hladiny	Objem vody
H	F	V	H	F	V	H	F	V
(m n.m.)	(tis. m ²)	(tis. m ³)	(m n.m.)	(tis. m ²)	(tis. m ³)	(m n.m.)	(tis. m ²)	(tis. m ³)
404.00	0	0	422.00	24.3	120	441.00	96.1	1215
405.00	0.3	1.0	423.00	27.1	150	442.00	99.0	1315
406.00	0.5	2.0	424.00	30.0	180	443.00	103.4	1420
407.00	0.8	3.0	425.00	33.0	215	444.00	108.4	1525
408.00	1.2	4.5	426.00	36.1	255	445.00	113.1	1650
409.00	1.7	6.2	427.00	39.3	295	446.00	117.9	1770
410.00	2.3	7.9	428.00	42.5	335	447.00	122.9	1890
411.00	3.0	11.5	429.00	45.9	385	448.00	128.0	2011
412.00	3.9	15.0	430.00	49.5	430	449.00	134.5	2135
413.00	5.0	20.0	431.00	53.2	485	450.00	141.9	2260
414.00	6.4	25.0	432.00	57.0	545	451.00	148.5	2415
415.00	8.1	32.5	433.00	60.8	610	451.60	152.3	2506
416.00	10.0	40.0	434.00	64.7	675	452.00	154.8	2568
417.00	12.0	49.0	435.00	68.6	745	453.00	162.1	2725
418.00	14.2	59.0	436.00	72.5	815	453.30	164.4	2769
419.00	16.5	69.0	437.00	76.5	885			
420.00	19.0	82.5	438.00	80.5	965			
420.90	21.3	94.0	439.00	85.8	1040			
421.00	21.6	95.3	440.00	92.0	1125			



Obr. 2 – Graf charakteristických křivek nádrže Jirkov [5]

2.4 Monitoring přítoku a odtoku

Přítok do nádrže Jirkov je měřen na toku Bílina (LG Telš) a na toku Malá voda (LG Malá voda). Oba profily jsou vybaveny tlakovými čidly s dálkovým přenosem na VHD POh. Odtok z nádrže je monitorován tlakovým čidlem, s přenosem údajů na VHD POh, v profilu VD Jirkov – odtok (Bílina ř. km 71,877). [5]

2.5 Manipulace na vodním díle

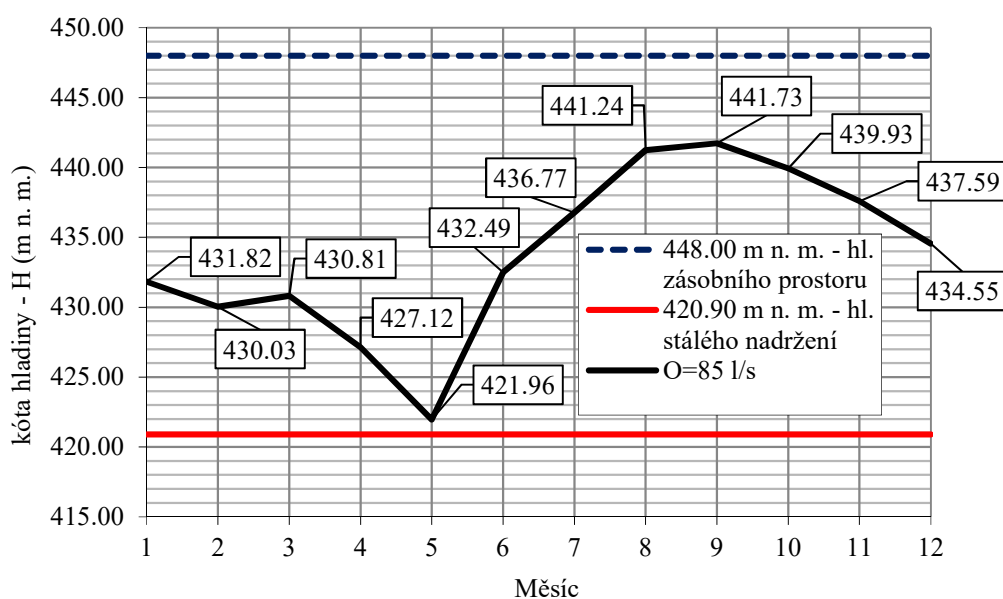
Pod hrází vodního díla Jirkov musí být zajištěn MZP = 10 l/s. Zároveň, ale nesmí být odtok z nádrže za běžného provozu větší než neškodný průtok $Q_{neš} = 5 \text{ m}^3/\text{s}$. Průtok v rozmezí hltnosti turbíny je možno využívat k výrobě elektrické energie na MVE VD Jirkov. [6]

Manipulace v prostoru stálého nadržení [6] :

- Prostor stálého nadržení nesmí sloužit k zásobení vodou a musí být trvale plný.
- Dojde-li k poklesu hladiny na kótu stálého nadržení (420,90 m n. m.), omezí se odběr z nádrže tak, aby nedošlo k dalšímu poklesu hladiny.
- Při částečném nebo úplném vyprázdnění prostoru stálého nadržení musí být provedeno jeho znovu naplnění v co nejkratší době. Pod hrází musí být zajištěn MZP v toku.

Manipulace v zásobním prostoru [6] :

- Manipulace v zásobním prostoru řídí VHD dle aktuální situace na VS SHP na základě hydrometeorologické předpovědi a monitoringu v povodí, matematických, popř. simulačních modelů, a aktuálních řídicích křivek (DG).
- Z VD Jirkov lze průběžně realizovat odběr surové vody pro ÚV Jirkov. Velikost odběru je limitována povolením k odběru vody pro ÚV (max. roční povolený odběr vody 85 l/s, s požadovanou zabezpečeností až 172 l/s).
- Klesne-li hladina v nádrži pod řídicí křivku (DG), dochází k omezení odběru pro ÚV Jirkov. Odebírat lze pouze do hodnot průměrných měsíčních plánovaných odběrů.



Obr. 3 – Řídicí křivka pro hospodaření s vodou na VD Jirkov [5]

VD Jirkov zajišťuje dlouhodobý průměrný roční odběr surové vody pro úpravnu vody Jirkov. Zabezpečení odběru je uvedena v následující tabulce. [5]

Tab. 5 – Zabezpečení odběru pro ÚV Jirkov [5]

O _{ÚV} (l/s)	Množství	
	85	172
P _o (%)	99.860	90.468
P _t (%)	99.988	98.522
P _d (%)	100.000	99.327

kde P_o ... zabezpečení podle opakování

P_t ... zabezpečení podle trvání

P_d ... zabezpečení podle dodávky (všechny v %)

O_{ÚV} .. velikost odběru pro ÚV Jirkov (l/s)

Manipulace za povodňových situacích [6] :

- Ochranný ovladatelný prostor musí být stále prázdný, tzn. nemá funkci zásobní.
- Při plném zásobním prostoru (kóta 448,00 m n. m.) dochází k otevírání spodních výpustí tak, aby byla udržena kóta zásobního prostoru, max. však do dosažení neškodného odtoku $5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Neškodný odtok se udržuje a začíná se plnit ochranný ovladatelný prostor.
- Po naplnění ovladatelného prostoru (kóta 451,60 m n. m.) se do funkce dostává BP a postupně se uzavírají spodní výpusti tak, aby odtok z nádrže nepřekročil $5 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Při dosažení maximální hladiny (kóta 453,30 m n. m.) se otevírají spodní výpusti tak, aby nedocházelo k dalšímu zvyšování hladiny.
- Ochranný neovladatelný prostor se prázdní bezpečnostním přelivem a ovladatelný ochranný prostor se prázdní spodními výpustmi až do dosažení kóty zásobního prostoru 448 m n. m.



3 Podkrušnohorský přivaděč – PKP

Podkrušnohorský přivaděč je částí VS NOD, která navazuje na Přivaděč průmyslové vody v profilu VD Březeneč. Do Přivaděče jsou sváděny přítoky z jihovýchodní části Krušných hor až po Vesnický potok, čímž plní svou hlavní ochrannou funkci. Přítoky jsou Podkrušnohorským přivaděčem svedeny do Bíliny nad vodní nádrží Újezd. Podkrušnohorský přivaděč je členěn na několik částí [3]:

- PKP II
- PKP III
- PKP IV
- Spojovací koryto od PKP IV do Bíliny

Koryto PKP II dosahuje délky 4,876 km a je vedeno od nádrže Březeneč až po zaústění Kundratického potoka, kde se PKP II rozděluje v PKP III a PKP IV. Kapacita PKP II [3]:

- | | |
|--|-------------------------|
| - ř. km: 4,824 – 3,207 (VD Březeneč – Jindřišský p.) | 38,40 m ³ /s |
| - ř. km: 3,207 – 1,450 (Jindřišský p. – Lužec) | 40,80 m ³ /s |
| - ř. km: 1,450 – 0,000 (Lužec – Kundratický p.) | 47,40 m ³ /s |

Kapacita koryta PKP III je 23 m³/s a jeho délka činí 1,539 km. Koryto PKP III je ukončena v místě bočního skluzu do „Vesnického potoka + přeložky“. Koncovým profilem PKP IV je vodní nádrž Újezd. Na trase PKP IV se nachází rozdělovací objekt se stupněm pro odlehčení do Spojovacího koryta. Spojovací koryto z PKP IV do Bíliny o kapacitě 12 m³/s a délce 1,289 km slouží k odklonění průtoků mimo vodní nádrž Újezd před vtokový objekt na Ervěnickém koridoru na Bílině. Vtok do spojovacího koryta je trvale hrazen tabulí, ovládání tabule je ruční. Kapacita koryta PKP IV po Spojovací koryto je 61 m³/s. Pod odbočením Spojovacího koryta dosahuje návrhová kapacita koryta PKP IV hodnoty 66 m³/s. [3]

V jihovýchodní části Krušných hor byla, kromě PKP, provedena přeložka Vesnického potoka o délce 1,955 km, přeložka Březeneckého potoka, a úprava a zkapacitnění koryta Bíliny v intravilánu Jirkova. Návrhová kapacita koryta dosahuje hodnoty 23,3 m³/s, což je hodnota návrhového kulminačního průtoku Q₁₀₀ po jeho snížení ze 44 m³/s účinkem vyrovnávací nádrže Březeneč. Přeložka Březeneckého potoka spojuje koryto PPV a koryto Bíliny pod vyrovnávací nádrží Březeneč. [3]

Seznam objektů PKP, včetně jejich staničení, je uveden v příloze č.4 – Objekty PKP.

4 VD Újezd

Vodní dílo Újezd se nachází na severozápadě Čech v Ústeckém kraji v okrese Chomutov. Stavba vodního díla probíhala mezi lety 1978 – 1981 a v roce 1981 bylo vodní dílo uvedeno do provozu. Nádrž se nachází na řece Bílině na 66,8 říčním km. Vodnímu toku Bílina náleží hydrologické pořadí 1-14-01-0049-1-00. [7]



Obr. 4 – VD Újezd – zátopa [7]

4.1 Hlavní účely vodního díla

Hlavním účelem vodního díla je zajištění ochrany území pod hrází před průchodem velkých vod. Akumulace vodního díla slouží pro kompenzační nadlepšování průtoků v Bílině a pro zabezpečení požadovaných odběrů. Pod hrází vodního díla Újezd musí být v Bílině zachován minimální zůstatkový průtok v hodnotě MZP = 150 l/s. Odtok z nádrže je využíván pro energetické účely MVE Ervěnický koridor a MVE Újezd. V zimním období se akumulovaná voda v nádrži využívá pro ovlivnění zimního průtokového režimu v trubní přeložce Bíliny pod Ervěnickým koridorem. Vodní nádrž Újezd slouží také pro účely rybolovu a rekreace. Neškodný průtok v Bílině pod vodním dílem je 10 m³/s. [8]

Celý objem zásobního prostoru nádrže Újezd lze využít pro nadlepšování odtokových poměrů v toku pod VD Újezd a pro nadlepšování průtoků do profilu jezu Jiřetín pro zásobení spol. Unipetrol RPA povrchovou vodou. [2]

4.2 Hydrologické poměry

Základní hydrologické údaje pro tok Bílina v profilu „hráz VD Újezd“ byly převzaty z manipulačního řádu VD Újezd. Uvedené hodnoty M-denních průtoků jsou ovlivněny antropogenní činností a byly stanoveny z měření ve vodoměrných stanicích za období mezi lety 1981-2010. Základní hydrologické údaje jsou uvedeny v následující tabulce. [8]

Tab. 6 – Základní hydrologické údaje pro tok Bílina v profilu „hráz VD Újezd“ [8]

Tok	Profil													
Bílina	hráz VD Újezd													
	Průměrná dlouhodobá roční hodnota													
Plocha povodí A (km²)	srážek Pa (mm)							průtoku Qa (m³/s)						
102,3	718							0,86						
M-denní průtoky (l/s)		třída IV												
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364	
Q _{Md}	2020	1350	1040	867	734	619	542	464	378	318	260	89	39	
N-leté průtoky (m³/s)		třída IV												
N	1	2	5	10	20	50	100							
Q _N	7.92	12.9	23.8	33.8	45.7	65.6	83.4							

4.3 Technické parametry vodního díla

4.3.1 Vzduvací objekt

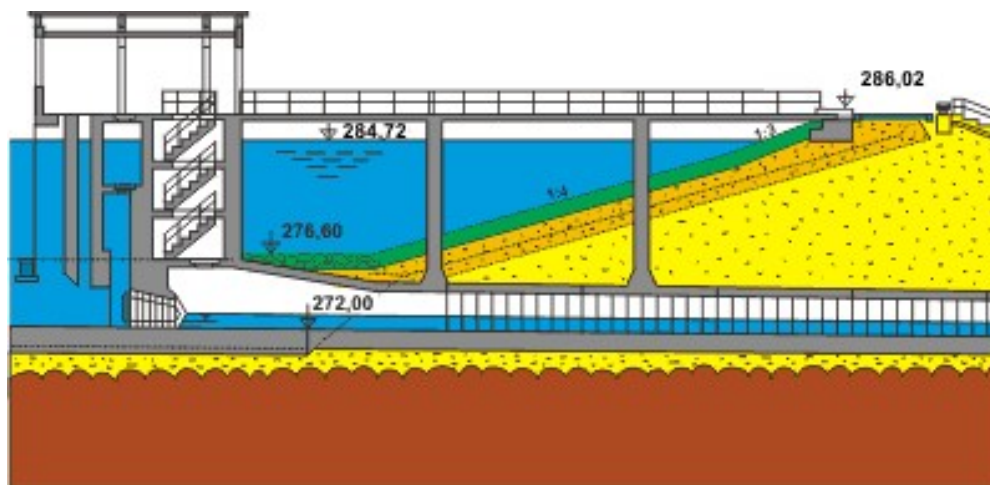
Vzdouvacím objektem vodního díla Újezd je přímá, lichoběžníková, sypaná, zemní hráz s proměnným sklonem návodního i vzdušního líce. Změna sklonu návodního líce byla provedena zalomením na kótě 283,10 m n. m. Změna sklonu vzdušního líce byla provedena návrhem přítěžovací lavice na kótě 280,60 m n. m. ve sklonu 3 %. Koruna hráze je chráněna vlnolamem s minimálním převýšením koruny hráze o 50 cm. Přes korunu hráze je vedena zpevněná komunikace o šířce 6,0 m. Pro těsnění hráze byla použita fólie z PAD PVC. Základní parametry hráze [8] :

- kóta koruny hráze 286,02 m n. m.
- výška koruny hráze nade dnem 17,5 m
- délka hráze v koruně 1768 m
- šířka koruny hráze 9,0 m
- sklon návodního/vzdušního líce 1:4; 1:3

4.3.2 Výtokový objekt a spodní výpusti

Výtokový objekt představuje čtyřpodlažní věžový objekt o výšce 22,5 m, který je předsazený před vlastní těleso hráze na návodní straně. Řízený odtok z vodního díla zabezpečují dvě spodní výpusti, které se nacházejí ve spodní části výtokového objektu. Před vtokem do potrubí jsou osazena česle a elektronické odpuzovače ryb. Vybavení spodních výpustí zahrnuje tři uzávěry. Ocelová tabule o rozměrech 1,6 x 2,1 m, která zajišťuje funkci revizního uzávěru, umožňuje zahrazení obou spodních výpustí. Spodní výpusti jsou dále opatřeny provizorními a segmentovými regulačními uzávěry. Kapacita odpadní štoly omezuje kapacitu spodních výpustí. Základní parametry spodní výpusti [8] :

- rozměr spodních výpustí 2160 x 1080 mm
- délka potrubí 8,5 m
- kapacita spodních výpustí 12,0 m³/s
- kóta dna vtoku spodních výpustí 272,10 m n. m.
- kóta osy výtoku spodních výpustí 272,84 m n. m.



Obr. 5 – VD Újezd – hráz a výtokový objekt [7]

4.3.3 Odpadní štola

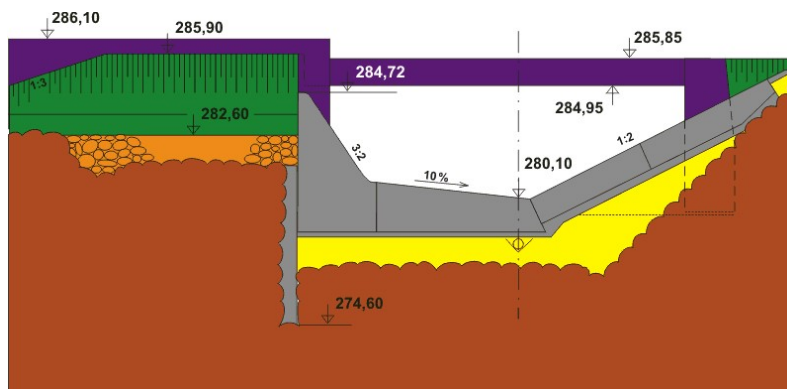
Spojení mezi odpadním korytem a spodními výpustmi zabezpečuje odpadní štola z rámových prefabrikátů. Mezi odpadním korytem a ukončením odpadní štoly se nachází vývar. Délka vývaru je 13,0 m. Základní parametry odpadní štoly [8] :

- délka odpadní štoly 159,0 m
- spád odpadní štoly 6,5 ‰
- šířka odpadní štoly 2,3 m
- výška odpadní štoly 2,1 m
- kapacita odpadní štoly (při netlakových poměrech) 12 m³/s

4.3.4 Bezpečnostní přeliv

Ochranu vodního díla před průchodem velkých vod zabezpečuje boční bezpečnostní přeliv, situovaný na pravém břehu nádrže u jižního konce hráze. V případě odtoku povodňových průtoků s četností vyšší než 10 let bezpečnostním přelivem dochází k částečnému zatopení bezodtokové oblasti pod hrází vodního díla (oblast zrušené nádrže Kyjice). Přelivná plocha je konstruována jako podtlaková. Odpadní koryto od přelivu není spojeno s vodotečí. Průtoky jsou odváděny do vzdálenosti 300 m pod hráz. Základní parametry bezpečnostního přelivu [8] :

- délka přelivné hrany 100 m
- kóta přelivné hrany 284,72 m n. m.
- šířka koruny přelivu 0,43 m
- kapacita přelivu při max. hladině v nádrži (285,90 m n. m.) 228,60 m³/s



Obr. 6 – VD Újezd – Bezpečnostní přeliv, příčný řez [7]

4.3.5 Malá vodní elektrárna Újezd

Malá vodní elektrárna se nachází na pravé větvi spodních výpustí. MVE je vybavena jednou vertikální přímoproudou Semi-Kaplanovou turbínou v „Z“ provedení, 4-lopatovou, s vertikálním synchronním generátorem. Regulace oběžného probíhá automaticky a rozváděcí kolo je pevné. Odvod vody od turbíny zabezpečuje vertikální savka. Automatický provoz soustrojí ovlivňují okamžitá výška hladiny vody v nádrži a požadavky na odtok vody z nádrže. Hlavní parametry MVE Újezd [8] :

- spád 5,6 – 10,5 m
- jmenovité otáčky turbíny 750 ot./min
- minimální hltnost turbíny 0,40 m³/s
- maximální hltnost turbíny 1,30 m³/s
- maximální výkon turbíny 105 kW
- dosažitelný výkon MVE 90 kW

4.4 Rozdělení objemu nádrže

Celkový prostor nádrže dosahuje objemu 8,400 mil. m³. Celkový ovladatelný objem nádrže odpovídá hodnotě 6,890 mil. m³. Objem zásobního prostoru vodního díla zahrnuje i objem prostoru stálého nadržení (0,081 mil. m³) a závisí na letním/zimním období. Zásobní prostor v letním období (V. – XI.) má velikost 4,562 mil. m³. Objem zásobního prostoru v zimním období (XII. – IV.) je menší než v období letním, a dosahuje hodnoty 3,418 mil. m³. Stanovená velikost zásobního prostoru v letním, resp. zimním, období přímo ovlivňuje objem ochranného ovladatelného prostoru, jehož velikost se rovněž liší v letním, resp. zimním, období. [8]

Tab. 7 – Rozdělení objemu nádrže – letní režim

Rozdělení objemu nádrže – letní režim (V. - XI.)				kóta úrovně hladiny (m n. m.)	zatopená plocha (ha)	zatopené objemy (mil. m ³)		
						V _i	ΣV _i	V _z , V _r
V _c	V _o	V _z	dno nádrže	272.00	-	-	-	-
			prostor stálého nadržení	275.60	9.5	0.081	-	-
			zásobní prostor	283,00	120.8	4.562	4.562	4.562
	V _n	V _r	ochranný ovladatelný prostor	284,72	140.5	2.328	6.890	-
			ochranný neovladatelný prostor	285,90	152.1	1.510	8.400	3.838

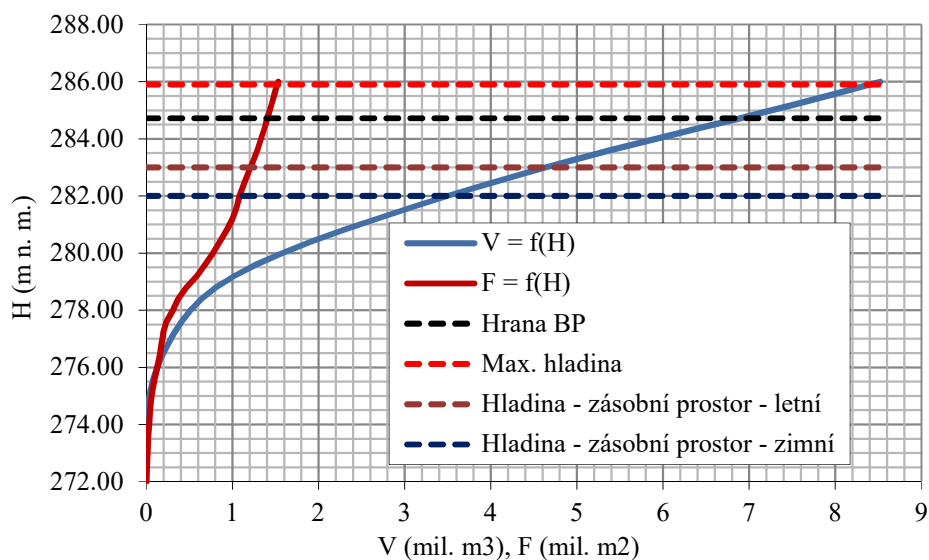
Tab. 8 – Rozdělení objemu nádrže – zimní režim

Rozdělení objemu nádrže – zimní režim (XII. - IV.)				kóta úrovně hladiny (m n. m.)	zatopená plocha (ha)	zatopené objemy (mil. m ³)		
						V _i	ΣV _i	V _z , V _r
V _c	V _o	V _z	dno nádrže	272.00	-	-	-	-
			prostor stálého nadržení	275.60	9.5	0.081	-	-
			zásobní prostor	282,00	108.2	3.418	3.418	3.418
	V _n	V _r	ochranný ovladatelný prostor	284,72	140.5	3.472	6.890	-
			ochranný neovladatelný prostor	285,90	152.1	1.510	8.400	4.982

Charakteristické křivky zatopených ploch a objemů vodního díla Újezd jsou vykresleny v následujícím grafu (Obr. 7). V číselné podobě jsou uvedeny v tabulce - Tab. 9.

Tab. 9 – Charakteristické čáry nádrže Újezd [8]

Kóta hladiny	Plocha hladiny	Objem vody	Kóta hladiny	Plocha hladiny	Objem vody
H	F	V	H	F	V
(m n.m.)	(tis. m ²)	(tis. m ³)	(m n.m.)	(tis. m ²)	(tis. m ³)
272.00	0	0	280.40	856.1	1911
273.60	20.5	1.0	280.80	934.3	2281
274.00	31.7	2.8	281.20	1000.5	2671
274.40	39.2	9.6	281.60	1048.4	3076
274.80	52.5	23.3	282.00	1082.2	3499
275.20	71.9	46.9	282.40	1130.6	3942
275.60	94.5	81.0	282.80	1181.3	4404
276.00	127.2	125.0	283.00	1207.5	4643
276.40	154.0	181.0	283.20	1238.6	4887
276.80	176.0	247.0	283.60	1290.9	5391
277.10	191.4	303.0	284.00	1330.0	5913
277.20	198.0	323.0	284.40	1373.1	6454
277.60	233.2	408.0	284.60	1393.3	6730
278.00	307.2	512.0	284.72	1404.9	6890
278.40	371.1	642.0	284.80	1412.7	6997
278.80	466.0	808.0	285.20	1451.4	7520
279.20	585.4	1021.0	285.60	1491.5	8028
279.60	682.5	1278.0	285.90	1521.4	8400
280.00	772.0	1575.0	286.00	1531.3	8522



Obr. 7 – Graf charakteristických křivek nádrže VD Újezd. [8]



4.5 Monitoring přítoku a odtoku

Měření přítoku do nádrže vodního díla Újezd se provádí ve třech stanovištích. První místo měření se nachází na Bílině v profilu Jirkov „13“, který je vybaven vodočetnou laťí a tlakovým čidlem s přenosem údajů do provozní budovy a na VHD. Rovněž s přenosem údajů na VHD a stejnou technologií je osazen také měřicí profil PKP IV – rozdělovací objekt. Na Hutním potoce I. se nachází poslední, v pořadí třetí, měřicí profil, a to na odtoku z VD Zaječice, kde je instalována vodočetná lať. [8]

Monitoring odtoku z vodního díla je prováděn v profilu „VD Újezd – odtok“. Vybavení profilu představuje instalovaná vodočetná lať a tlakové čidlo s přenosem údajů na VHD. [8]

5 Vstupní podklady

V této kapitole jsou shrnuty všechny použité podklady pro zpracování diplomové práce, které byly poskytnuty státním podnikem Povodí Ohře.

5.1 Údaje o evidovaných odběrech a vypouštění

Údaje o evidovaných odběrech a vypouštění na Bílině nad VD Újezd byly státním podnikem Povodí Ohře poskytnuty z databáze Evidence uživatelů vody.

Mezi evidované odběratele povrchové vody na Bílině nad VD Újezd patří:

- MUS Vrskmaň ř. km 66,100
- Město Jirkov – retenční nádrž (Preciosa) ř. km 67,983
- SčVK Jirkov VN pro Jirkov ÚV ř. km 72,172
- Areál Mezihoří ř. km 78,860

Na Bílině nad VD Újezd jsou v evidenci vypouštění zahrnuty tyto subjekty:

- VUAS – ČS A I. ř. km 65,039
- SčVK Jirkov ČOV ř. km 67,206
- Preciosa Jirkov ČOV ř. km 67,718

Na přítocích do PKP jsou evidovány tyto odběry povrchové vody:

- Sady a školky Jirkov Lužec (Nivský potok) ř. km 1,781
- Město Jirkov koupaliště Červený Hrádek Lužec (Nivský potok) ř. km 2,080
- Lesní školka Drmaly Lužec (Nivský potok) ř. km 2,865
- Povodí Ohře – Nivský přivaděč Lužec (Nivský potok) ř. km 5,000
- SčVK Jezeří VN pro Jezeří ÚV Vesnický potok + přeložka

V povodí PPV a PKP (včetně přítoků) jsou evidovány následující vypouštění:

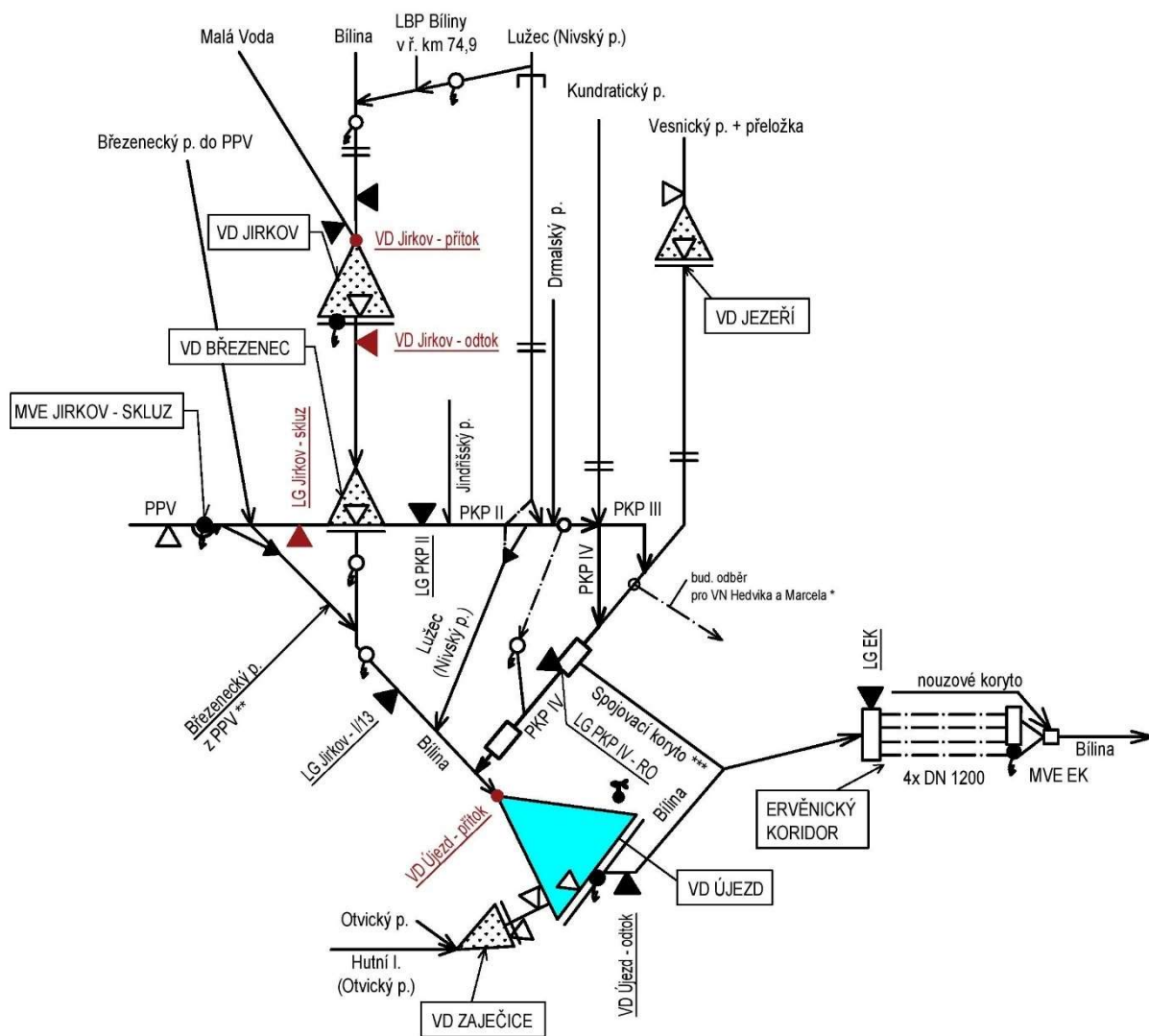
- SčVK Březeneč – Panorama ČOV Březenecký potok do PPV ř. km 0,917
- Vak Karlovy Vary – Vysoká Pec ČOV PKP ř. km 2,06
- SEVEN – ČS Kundratice Vesnický potok + přeložka ř. km 0,150
- SEVEN – ČS Jáma Jezerka Vesnický potok + přeložka ř. km 0,201
- SEVEN – ČS C Vesnický potok + přeložka ř. km 1,879

Významným odběratelem vody z povodí Bíliny pod VD Újezd je společnost *Unipetrol RPA* (dle Evidence uživatelů vody – Unipetrol RPA Dolní Jiřetín – Vodárna ČS). Odběr je realizován z toku Loupnice ze zdrže pohyblivého jezu v Dolním Jiřetíně – jez Jiřetín. [9]

5.2 Hydrologické údaje

Pro zpracování diplomové práce byly státním podnikem Povodí Ohře poskytnuty údaje o průměrných denních průtocích v následujících měrných profilech:

- VD Jirkov – přítok, Bílina ř. km 72,700 (bilancovaný přítok do VD Jirkov)
- VD Jirkov – odtok, Bílina ř. km 71,877
- LG Jirkov – skluz, PPV ř. km 0,160
- VD Újezd – přítok, Bílina ř. km 66,800 (bilancovaný přítok do VD Újezd)



Obr. 8 – Přehled výše zmíněných měřících stanic a profilů

6 Vodohospodářské řešení zásobní funkce

Kapitola podrobně charakterizuje jednotlivé kroky při konstrukci simulačního modelu navrhovaného stavu VS NOD, který zahrnuje i model zásobní funkce nádrže pro vyhodnocení zabezpečení MZP a kompenzačního nadlepšování v toku Bíliny pod VD Újezd.

Navrhovaným stavem VS NOD se má na mysli zachování stávajícího stavu soustavy se všemi jejími částmi kromě „západní“ větve VS NOD, kterou představuje ČS Rašovice a celé koryto PPV až po MVE Jirkov – skluz, s jejímž provozem není v rámci simulace počítáno. (schéma soustavy viz příloha č. 5)

Simulační model navrhovaného stavu VS NOD byl vytvořen v softwaru Matlab. V rámci celého simulačního modelu je uvažováno s měsíčním krokem simulace. Schéma modelu viz příloha č. 6. Všechny části simulačního modelu, včetně jejich názvů, byly vytvořeny pouze pro potřeby diplomové práce. Nejedná se o skutečně existující programy, resp. funkce, softwaru Matlab. Postup tvorby simulačního modelu byl rozdělen do následujících dílčích kroků:

- 6.1 – Očištění hydrologické řady na přítoku do VD Jirkov
- 6.2 – Modelování průměrných měsíčních průtoků – *MODELm*
- 6.3 – Simulace odtoku z VD Jirkov,
- 6.4 – Stanovení přítoků z „mezipovodí“ (VD Jirkov – VD Újezd)
- 6.5 – Modelování průměrných měsíčních průtoků – *MCSS*
- 6.6 – Stanovení přítoku do VD Újezd
- 6.7 – Režimová funkce nádrže VD Újezd
- 6.8 – Dispečerské grafy nádrže VD Újezd

6.1 Očištění hydrologické řady na přítoku do VD Jirkov

Úsek: nad VD Jirkov (Bílina nad ř. km 72,7) → VD Jirkov (Bílina ř. km 72,7)

Před modelováním syntetické řady průměrných měsíčních průtoků v profilu VD Jirkov bylo nutné přistoupit k očištění výchozí reálné hydrologické řady průměrných měsíčních průtoků na přítoků do nádrže od evidovaného užívání vody. Délka výchozí měřené hydrologické řady činí 23 let (1995 – 2017). Dle databáze Evidence uživatelů vody není nad VD Jirkov evidováno žádné vypouštění do vodního toku, kromě převodu vody z vodního toku Lužec (Nivský potok).

Přítok do nádrže Jirkov je ovlivněn následujícími evidovanými odběry, resp. převody vody:

- Areál Mezihoří Bílina ř. km 78,86
- Povodí Ohře – Nivský přivaděč Lužec (Nivský potok) ř. km 5,000

Provoz Nivského přivaděče pro gravitační převod vody z vodního toku Lužec (Nivský potok) do Bíliny nad VD Jirkov je od roku 2005 dočasně zastaven. [9] V rámci diplomové práce se neuvažuje s budoucím využitím Nivského přivaděče.

V následující tabulce (Tab. 10) je uvedena očištěná reálná řada v profilu VD Jirkov – přítok (PVDJ), která je vstupem modelu pro generování syntetických průměrných měsíčních průtoků v izolované stanici, viz kapitola 6.2.

Tab. 10 – Očištěná reálná časová řada v profilu VD Jirkov – přítok (m³/s)

rok/měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
1995	0.41	0.90	0.43	1.06	0.44	0.61	0.15	0.03	0.11	0.09	0.50	0.32
1996	0.23	0.08	0.20	0.87	0.49	0.33	0.43	0.19	0.25	0.26	0.50	0.42
1997	0.20	0.70	1.04	1.14	0.29	0.23	0.21	0.12	0.08	0.10	0.10	0.13
1998	0.27	0.31	0.99	0.44	0.20	0.11	0.09	0.06	0.10	0.43	0.86	0.65
1999	0.59	0.75	1.39	0.58	0.24	0.14	0.10	0.07	0.09	0.04	0.11	0.03
2000	0.27	1.42	2.14	1.04	0.36	0.18	0.12	0.06	0.09	0.12	0.07	0.06
2001	0.04	0.28	0.98	0.73	0.40	0.23	0.11	0.06	0.15	0.14	0.20	0.41
2002	0.51	0.99	0.79	0.57	0.31	0.26	0.15	0.86	0.23	0.26	0.99	0.81
2003	1.07	0.38	0.58	0.37	0.23	0.06	0.03	0.10	0.15	0.05	0.10	0.01
2004	0.03	0.86	0.41	0.20	0.41	0.16	0.11	0.05	0.02	0.00	0.46	0.41
2005	0.73	0.74	1.47	0.70	0.32	0.13	0.09	0.21	0.14	0.07	0.05	0.15
2006	0.22	0.24	0.86	1.73	0.26	0.24	0.11	0.09	0.05	0.07	0.17	0.13
2007	0.30	0.79	0.74	0.22	0.17	0.13	0.09	0.14	0.20	0.23	0.58	0.78
2008	0.65	0.56	0.55	0.61	0.26	0.12	0.06	0.05	0.06	0.08	0.09	0.24
2009	0.15	0.12	1.31	0.76	0.26	0.21	0.13	0.10	0.05	0.16	0.28	0.27
2010	0.27	0.17	0.94	0.75	0.34	0.18	0.12	0.17	0.33	0.56	0.47	0.45
2011	1.22	0.74	0.65	0.41	0.16	0.12	0.14	0.16	0.06	0.09	0.06	0.22
2012	0.84	0.62	1.07	0.48	0.30	0.19	0.18	0.10	0.05	0.04	0.10	0.31
2013	1.08	0.53	0.37	0.52	0.46	1.24	0.12	0.15	0.11	0.28	0.19	0.38
2014	0.20	0.18	0.28	0.28	0.18	0.07	0.16	0.30	0.43	0.43	0.44	0.47
2015	0.82	0.32	0.46	0.70	0.28	0.18	0.08	0.11	0.06	0.11	0.22	0.43
2016	0.31	0.81	0.39	0.21	0.12	0.13	0.08	0.05	0.07	0.10	0.12	0.32
2017	0.32	0.62	0.76	0.40	0.28	0.10	0.07	0.07	0.07	0.12	0.30	0.42

6.2 Modelování průměrných měsíčních průtoků

Modely průtokových řad vycházejí ze dvou základních vlastností náhodných procesů, tj. periodicitu vlastností náhodných proměnných a regresní vztahy mezi nimi. [10]

Podkladem pro vytvoření syntetických (umělých) časových řad jsou reálné historické řady, a platí, že s rostoucí délkou historické řady, stoupá věrohodnost modelu. [11]

K modelování syntetických časových řad průměrných měsíčních průtoků můžeme přistoupit dvěma způsoby. První způsobem je použití tzv. disagregačních modelů. Tento postup spočívá v modelování průměrných ročních průtoků a v jejich následném rozdělení do jednotlivých měsíců. Vlastní rozdělení se provádí speciálním disagregačním schématem, tj. např. metoda fragmentů. Druhou variantu představuje využití modelů založených na B-J metodologii, které vycházejí z tzv. korelační analýzy. Mezi tyto B-J modely zahrnujeme např. ARMA (p, q), AR (p), LRM a další. [12]

Pro modelování syntetické řady průměrných měsíčních průtoků v izolované stanici, byla v rámci diplomové práce použita metoda lineárního regresního modelu (LRM), která vychází z modelování ročních průtoků. Vlastní modelování probíhá analogicky a příslušné postupy se opakují pro každý měsíc. Modelování se provádí v cyklu s krokem 12, což má za následek vytvoření pseudochronologické posloupnosti. [11]

6.2.1 Postup tvorby LRM v prostředí Matlab

Model pro modelování průměrných měsíčních průtoků v izolované stanici metodou LRM, byl konstruován v softwaru *Matlab* ve třech dílčích funkcích. Páteří funkcí je funkce *MODELm*, ve kterém figurují odkazy na ostatní dvě funkce *TTRP* a *REG_LOGNORM*.

Funkce *TTRP* obsahuje cyklus s postupným načítáním zdrojových reálných posloupností průtoků jednotlivých kalendářních měsíců. Tato funkce zajišťuje posouzení vhodnosti teoretického rozdělení pravděpodobnosti pro posloupnosti všech kalendářních měsíců.

Funkce *REG_LOGNORM* provádí stanovení regresních koeficientů zdrojové řady průtoků v libovolném kalendářním měsíci s uvažováním logaritmicko-normálního rozdělení pravděpodobnosti jakožto vhodného teoretického rozdělení.

Hlavní funkce *MODELm* obsahuje pseudochronologický cyklus (c, m). Jde o cyklus s postupným načítáním modelovaných roků „ c “ a měsíců „ m “. Po namodelování dvanácti měsíců v prvním roce dochází k načtení druhého roku a k modelování měsíců v tomto roce. Celý postup se opakuje až do dosažení všech měsíců posledního roku „ T “ (délka modelované řady – počet let). Jako dostačující délka modelované řady byla, z důvodu závěrečného posouzení zásobní fce nádrže, zvolena délka $T = 500$ let. [13]



Funkce *REG_LOGNORM* je začleněna do pseudochronologické posloupnosti hlavní funkce uvnitř měsíčního cyklu. Všechny funkční vztahy v této funkci jsou proto uvedeny ve tvaru, který odpovídá výpočtu pro jeden konkrétní měsíc. Funkce *TTRP* předchází pseudochronologickému cyklu.

Popis postupu:

1. Volba vhodného teoretického rozdělení pravděpodobnosti a normalizace dat

1.1 Volba vhodného teoretického rozdělení pravděpodobnosti (*TTPR*)

Vstupní data modelu představuje očištěná řada průměrných měsíčních průtoků v profilu VD Jirkov – přítok, která je uvedena v tabulce – Tab. 10. Pro každý z měsíců (leden, únor, ..., prosinec) se provedlo posouzení shody empirického a teoretického rozdělení pravděpodobnosti. Test vhodnosti zahrnoval tato tři teoretická rozdělení pravděpodobnosti:

- gama-rozdělení pravděpodobnosti,
- 3 – parametrické logaritnicko-normální rozdělení pravděpodobnosti,
- logaritnicko-normální rozdělení pravděpodobnosti.

Průběh empirické distribuční funkce a všech tří zvolených teoretických distribučních funkcí, byl pro každý jednotlivý měsíc graficky znázorněn, viz příloha č. 7.

Pro testování shody mezi empirickým a jednotlivými teoretickými rozděleními, byl zvolen neparametrický test Kolmogorova a Smirnova, který je založen na pravděpodobnosti [11] :

$$P \{ \max |F_n(x_i) - F(x_i)| > D_\alpha(n) \} = \alpha$$

kde výraz $\max |F_n(x_i) - F(x_i)|$ je definován jako rozdíl empirické relativní kumulativní četnosti $F_n(x_i)$ a distribuční funkce $F(x_i)$ v právě takovém třídícím intervalu, v němž je absolutní hodnota rozdílu maximální. $D_\alpha(n)$ představuje hodnotu testovacího kritéria. Hodnota testovacího kritéria je podmíněna počtem prvků „ n “ a zvolenou pravděpodobností „ α “. Při počtu prvků $n = 23$ a pravděpodobnosti $\alpha = 5 \%$ odpovídá hodnota $D_\alpha(n) = 0,275$. [11]

Na základě výsledků neparametrického testu Kolmogorova-Smirnova je zřejmé, že všechna posuzovaná teoretická rozdělení vhodně vystihují empirická rozdělení zkoumaných posloupností průměrných měsíčních průtoků. V rámci diplomové práce bylo pro všechny kalendářní měsíce zvoleno dvouparametrické logaritnicko-normální rozdělení pravděpodobnosti, které je určeno pouze dvěma parametry. Prvním parametrem je střední hodnota – μ . Druhý parametr představuje směrodatná odchylka – σ . V případě tohoto typu logaritnicko-normálního rozdělení pravděpodobnosti je parametr $x_0 = 0$ a šikmost $C_s(x)$ vždy kladná. [11]



1.2 Normalizace dat (REG_LOGNORM)

K vlastní transformaci reálných posloupností průtoků na normální rozdělení pravděpodobnosti byl využit vzorec [11] :

$$y_m = \ln(x_m)$$

kde x_m – výchozí reálná řada měsíčních průtoků s logaritmicko-normálním rozdělením,
 y_m – transformovaná řada s normálním rozdělením pravděpodobnosti.

Tento krok podtrhuje skutečnost, že na rozdíl od ročních průtoků se empirická rozdělení pravděpodobnosti průtokových řad v jednotlivých měsících vyznačují podstatně vyšší šikmostí, a proto se doporučuje provést před vlastním modelováním transformaci reálné výchozí řady na normální rozdělení. [11]

2. Standardizace dat

Standardizace transformovaných průtoků y_m na řadu $z_m(0,1)$ byla provedena na základě vztahu [14]:

$$z_m = \frac{y_m - \mu_m(y_m)}{\sigma_m(y_m)}$$

kde y_m – transformovaná řada s normálním rozdělením pravděpodobnosti,
 z_m – standardizovaná řada průtoků; $\mu(z_m) = 0$; $\sigma(z_m) = 1$
 $\sigma_m(y_m)$ – směrodatná odchylka řady y_m ,
 $\mu_m(y_m)$ – střední hodnota řady y_m .

K určení střední hodnoty μ_m a směrodatné odchylky σ_m řady y_m byly využity funkce z knihovny programu Matlab. Konkrétně funkce „MEAN“ a „STD“.

3. Stanovení řádu Markovova řetězce

Markovův řetězec představuje obdobu Markovova procesu, ve kterém se pracuje v diskrétním čase. Ve vodním hospodářství se zpravidla využívá tzv. Markovova procesu prvního řádu, který předpokládá korelační vazbu pouze mezi dvěma sousedními členy posloupnosti. [11]

V rámci diplomové práce byl při tvorbě modelu průměrných měsíčních průtoků zvolen Markovův řetězec prvního řádu.

4. Určení normovaných koeficientů korelační funkce $r(i)$

Korelační koeficient nultého řádu $r(0)$ představuje kvalitu korelace mezi dvěma stejnými členy posloupnosti, proto platí $r(0) = 1$. Ostatní koeficienty korelační funkce vyššího řádu se stanovují ze vzorce [11]:

$$r(i) = \frac{1}{p} \sum_{m=M+1}^T z_{m-1} \cdot z_m \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, M$$

kde $r(i)$ – koeficient korelační funkce pro $i = 1, 2, \dots, M$,

z_m, z_{m-1} – sousední členy standardizované řady průtoků,

$p = T - M - 1$; p – pomocná hodnota, [11]

T – počet let pozorování ($T = 23$), M – řád Markovova řetězce ($M = 1$).

Jelikož byl pro tvorbu model zvolen první řád Markovova řetězce, zajímá nás pouze hodnota normovaného koeficientu korelační funkce $r(1)$. Vzorec je uveden ve tvaru, který odpovídá výpočtu normovaných korelačních koeficientů pro libovolný měsíc. Tyto vzorce se opakují pro každý kalendářní měsíc

5. Stanovení regresních koeficientů pomocí soustavy lineárních rovnic

Po stanovení normovaných koeficientů $r(i)$ se přistupuje ke konstrukci soustavy lineárních rovnic a určení regresních koeficientů b_i . V obecném tvaru lze soustavu lineárních rovnic pro jeden kalendářní měsíc zapsat v následující podobě [11]:

$$r(1) = b_1 \cdot 1 + b_2 \cdot r(1) + \dots + b_k \cdot r(k-1)$$

$$r(k) = b_1 \cdot r(k-1) + b_2 \cdot r(k-2) + \dots + b_k \cdot 1$$

S uvážením Markovova řetězce prvního řádu, byla soustava lineárních rovnic upravena do tvaru pro jeden kalendářní měsíc:

$$r(1) = b_1 \cdot r(0) + b_2 \cdot r(1)$$

Výpočet regresních koeficientů byl proveden pomocí determinantů matice sestavených z normovaných koeficientů korelace $r(i)$. Tento postup spadá pod metodu nejmenších čtverců. Vzorce pro stanovení regresních koeficientů pomocí determinantů mají následující podobu [11]:

$$b_1 = \frac{D_1}{D}, \quad b_2 = \frac{D_2}{D} \quad \dots \quad b_k = \frac{D_k}{D}$$

kde b_i – regresní koeficienty,

D – determinant soustavy, sestavený z normovaných koeficientů korelace $r(i)$,

D_i – determinanty vzniklé z determinantu D výměnou i -tého sloupce za levou stranu soustavy lineárních rovnic v bodě č. 5.

6. Stanovení reziduální směrodatné odchylky

Reziduální směrodatná odchylka s byla pro libovolný kalendářní měsíc určena ze vztahu [11]:

$$s = \sqrt{1 - \sum_{i=1}^M b_i \cdot r(i)}$$

kde b_i – regresní koeficienty,

$r(i)$ – koeficient korelační funkce pro $i = 1, 2, \dots, M$,

M – řád Markovova řetězce ($M = 1$),

s – reziduální směrodatná odchylka.

7. Modelování náhodných průtoků $z_{c,m}$ (MODEL m)

Generování transformovaných a normovaných hodnot náhodných měsíčních průtoků $z_{c,m}$ v libovolném měsíci vychází z následující rovnice [11]:

$$z_{c,m} = b_{1,m} \cdot z_{c,m-1} + b_{2,m} \cdot z_{c,m-2} + \dots + b_{k,m} \cdot z_{c,m-k} + e_m$$

kde $m = 1, 2, \dots, 12$ – příslušný měsíc,

$c = 1, 2, \dots, \frac{T}{12}$ (počet cyklů – roků),

T – celkový počet všech měsíců,

$b_{i,m}$ – regresní koeficienty,

$z_{c,m}$ – modelovaná řada náhodných průtoků,

e_m – náhodná odchylka v měsíci m .

Náhodná odchylka e_m byla vypočtena ze vztahu [11]:

$$e_m = s \cdot d_m$$

kde e_m – náhodná odchylka v měsíci m ,

s – reziduální směrodatná odchylka,

d_m – standartní náhodná proměnná.

K určení standardní náhodné proměnné d_m byla využita funkce „RANDN“ z knihovny programu Matlab. Vzhledem k délce Markova řetězce ($M = 1$) byl pro modelování průtoků $z_{c,m}$ použit zjednodušený tvar výše uvedeného výrazu:

$$z_{c,m} = b_{1,m} \cdot z_{c,m-1} + e_m$$

8. Zpětná transformace

Z důvodu počáteční transformace zdrojové řady měsíčních průtoků x_m na řadu y_m s normálním rozdělení pravděpodobnosti, byla na závěr celého výpočtu provedena zpětná transformace náhodných měsíčních průtoků $z_{c,m}$ podle vztahu [11]:

$$x_m = \exp(z_{c,m} \cdot \sigma_m + \mu_m(y_m))$$

kde x_m – syntetická řada průměrných měsíčních průtoků (výstup modelu),

y_m – transformovaná řada s normálním rozdělením pravděpodobnosti,

$z_{c,m}$ – modelovaná řada náhodných průtoků,

σ_m – směrodatná odchylka řady y_m ,

$\mu_m(y_m)$ – střední hodnota řady y_m .

- Výstupy modelu:

SYNTm ... syntetická řada prům. měsíčních průtoků v profilu VD Jirkov – přítok (m³/s)

- Přílohy:

Příloha č. 8 – SYNTm

V následující tabulce jsou porovnány základní popisné statistiky reálné a syntetické řady pro každý z kalendářních měsíců. Relativní chyba (dx) ve středních hodnotách celých statistických souborů činí 3,26 %. ($\bar{x}_{PVDJ} = 0,352$; $\bar{x}_{SYNTm} = 0,364$)

Tab. 11 – Základní popisné statistiky a první autokorelační koef. reálné a syntetické řady

Znak	řada	Kalendářní měsíc											
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
\bar{x}	PVDJ	0.47	0.57	0.82	0.64	0.29	0.23	0.13	0.14	0.13	0.16	0.30	0.34
	SYNTm	0.48	0.56	0.80	0.71	0.29	0.22	0.13	0.14	0.13	0.19	0.32	0.40
	dx (%)	2.7	1.2	1.8	9.0	2.4	3.9	1.7	4.3	2.2	15.4	6.5	14.6
s	PVDJ	0.34	0.33	0.46	0.36	0.10	0.25	0.08	0.17	0.10	0.14	0.26	0.21
	SYNTm	0.49	0.46	0.46	0.43	0.10	0.15	0.06	0.12	0.11	0.33	0.45	0.56
	dx (%)	30.4	28.1	1.8	15.7	3.3	39.3	16.8	29.6	9.8	56.0	42.1	61.7
Cv	PVDJ	0.74	0.58	0.56	0.56	0.34	1.06	0.61	1.18	0.77	0.87	0.85	0.63
	SYNTm	1.03	0.82	0.58	0.60	0.36	0.67	0.51	0.87	0.84	1.67	1.38	1.40
	dx (%)	28.5	28.9	3.6	7.3	5.6	36.8	15.4	26.4	7.8	48.0	38.0	55.1
Cs	PVDJ	0.80	0.46	1.05	1.22	0.29	3.28	2.68	3.53	1.61	1.38	1.21	0.53
	SYNTm	2.85	2.67	1.35	1.95	0.97	1.70	1.35	2.97	3.55	7.89	6.52	4.64
	dx (%)	71.8	82.9	21.9	37.4	69.8	48.2	49.8	16.0	54.7	82.5	81.5	88.6
τ_1	PVDJ	-0.07	-0.23	0.32	0.00	0.10	-0.06	0.28	-0.12	-0.24	-0.12	-0.33	-0.37
	SYNTm	0.00	-0.03	0.01	-0.01	0.05	0.03	-0.01	-0.06	0.03	-0.03	0.02	0.01

6.3 Simulace odtoku z VD Jirkov

Úsek: VD Jirkov (Bílina ř. km 72,7) → VD Jirkov – odtok (Bílina ř. km 71,877)

Simulace odtoku z vodního díla Jirkov byla zpracován v softwaru Matlab – simulační model *OVDJ*. Simulační model, včetně jeho názvu, byl vytvořen pouze pro potřeby diplomové práce. Nejedná se o skutečně existující program softwaru Matlab.

Simulační model OVDJ

Model respektuje požadavky na průtoky pod vodním dílem, rozdělení prostorů (objemů) v nádrži a manipulační pravidla popsané v MŘ VD Jirkov, viz [kapitola 2.5](#). Simulační model *OVDJ* je založen na bilanci objemu vody v nádrži (přítok-odtok) v měsíčním časovém kroku. Do bilance vody v nádrži byly zahrnuty i průměrné měsíční ztráty vody výparem z volné vodní hladiny, které byly přibližně stanoveny z průměrných měsíčních ztrátových výšek H_v určených na základě nadmořské výšky (kóta koruny hráze – 454,8 m n. m. [5]) vodního díla podle ČSN 75 2405. [15]

Tab. 12 – Ztrátové výšky H_v dle ČSN – VD Jirkov [15]

Roční výpar (mm)	700											
Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
% z ročního úhrnu výparu	1	2	6	9	12	14	16	15	11	7	5	2
H_v – ČSN (mm)	7	14	42	63	84	98	112	105	77	49	35	14

V rámci simulace odtoku z VD Jirkov bylo uvažováno se zajištěním max. ročního povoleného odběru pod VD pro ÚV Jirkov – $O_{úv} = 85 \text{ l/s}$. Velikost odběru byla převzata z povolení k odběru vody pro ÚV dle v současné době platného MŘ VD Jirkov (01/2010). [5]

Níže je přehledně uvedena charakteristika zvolené varianty včetně odpovídající hodnoty požadovaného odběru pro ÚV Jirkov – $O_{úv}$, minimálního zůstatkového průtoku - MZP a výsledné hodnoty požadovaného nadlepení $Q_n = MZP + O_{úv}$ [13]:

- $O_{úv} = 0,085 \text{ m}^3/\text{s}$
- $MZP = 0,010 \text{ m}^3/\text{s}$
- $Q_n = 0,095 \text{ m}^3/\text{s}$

ÚV Jirkov zásobuje pitnou vodu především město Jirkov a jeho okolí, a obec Vysoká Pec. Výrazná část odebíraného množství vody pro ÚV Jirkov se do povodí Bíliny navrácí přes ČOV Jirkov společnosti SčVK a přes ČOV Vysoká Pec společnosti Vak Karlovy Vary, a. s. [6]

Dle údajů z databáze Evidence uživatelů vody za období let 1994 – 2017 jde o 70,9 % vody, o které můžeme jednoznačně říci, že se do povodí Bíliny zpět navrácí.



Ačkoli lze předpokládat, že se zpět do povodí dostává ještě větší množství vody, např. prostřednictvím drobných vodních toků, bylo v rámci diplomové práce uvažováno se ztrátou vody 29,1 %. Při simulaci manipulace s vodou na VD Jirkov bylo počítáno s požadovanou hodnotou nadlepení $Qn = 0,095 \text{ m}^3/\text{s}$. Ztráta vody byla zahrnuta až u výsledné hydrologické řady na odtoku z VD Jirkov (*RVDJ*), kde došlo k procentuálnímu snížení odběrové části (*Oúv*) požadovaného nadlepení Qn .

- Vstupy modelu:

SYNTm – syntetická řada prům. měsíčních průtoků v profilu VD Jirkov (m^3/s)

HFVVDJ – charakteristické čáry zatopených ploch a objemů nádrže Jirkov (Tab. 4)

- Výstupy modelu:

RVDJ – syntetická řada prům. měsíčních průtoků pod VD Jirkov (m^3/s),
(výsledek manipulace na VD Jirkov)

- Přílohy:

Příloha č. 9 – Výsledek manipulace na VD Jirkov – RVDJ

6.4 Stanovení přítoků z „mezipovodí“ (VD Jirkov – VD Újezd)

Přirozený přítok z tzv. „mezipovodí“ mezi VD Jirkov a VD Újezd byl stanoven z bilance údajů o evidovaných odběrech a vypouštění (databáze Evidence uživatelů vody), a z reálných časových řad měřených průměrných denních průtoků za období 13 let (2005-2017) v následujících měrných profilech:

- VD Jirkov – odtok, Bílina ř. km 71,877
- LG Jirkov – skluz, PPV ř. km 0,160
- VD Újezd – přítok, Bílina ř. km 66,800 (bilancovaný přítok do VD Újezd)

Výše zmíněná bilance průtoků vychází z následujícího funkčního vztahu:

$$QM = VDÚ + PB - LGJS - LGJO + O - V$$

kde QM ... řada prům. měsíčních přirozených přítoků z celého „mezipovodí“

PB ... řada prům. měsíčních přítoků z Březeneckého potoka (z hydrologické analogie)

LGJS ... reálná řada prům. měsíčních průtoků v profilu *LG Jirkov – skluz*

LGJO ... reálná řada prům. měsíčních průtoků v profilu *LG Jirkov – odtok*

VDÚ ... prům. měsíční bilancovaný přítok do VD Újezd, historická řada

O ... evidované odběry

V ... evidované vypouštění (všechny řady v m^3/s)

VD Jirkov – odtok (Bílina ř. km 71,877) → VD Újezd (Bílina ř. km 66,800)

V úseku mezi měrnými profily LG PKP II (PKP II ř. km 4,754) a LG PKP IV – RO (PKP IV ř. km 1,931) se nachází spojovací koryto, které slouží pro odlehčení mimo nádrž Újezd přímo do Bíliny před vtokový objekt na Ervěnickém koridoru a umožňuje tak přímý převod vody z PKP IV do trubní přeložky Bíliny. Vtok do spojovacího koryta je hrazen tabulí, ovládání tabule je ruční. [3]

Spojovací koryto je trvale zahrazeno, tzn. že korytem nejsou průtoky převáděny. Trvale zahrazené spojovací koryto bylo ve funkci v období od 09/2003 - 10/2004, kdy probíhala rekonstrukce na trase pod rozdělovacím objektem. Použité hydrologické řady mají počátek v 01/2005, což znamená, že rekonstrukcí (převodem vody) ovlivněny nejsou. [9]

V rámci diplomové práce není uvažováno s budoucím odběrem vody z PKP III pro vodní nádrže Marcela a Hedvika.

Evidované odběry z vodního toku – „O“

Povodí Bíliny mezi nádržemi Jirkov a Újezd je zatíženo následujícími evidovanými odběry povrchové vody:

- | | |
|--|----------------------------------|
| - SčVK Jirkov VN pro Jirkov ÚV | Bílina ř. km 72,172 |
| - Město Jirkov – retenční nádrž (Preciosa) | Bílina ř. km 67,983 |
| - MUS Vrskmaň | Bílina ř. km 66,100 |
| - Sady a školky Jirkov, s r. o. | Lužec (Nivský potok) ř. km 1,781 |
| - Město Jirkov koupaliště Červený Hrádek | Lužec (Nivský potok) ř. km 2,080 |
| - Lesní školka Drmalý | Lužec (Nivský potok) ř. km 2,865 |
| - Povodí Ohře – Nivský přivaděč | Lužec (Nivský potok) ř. km 5,000 |
| - SčVK Jezeří VN pro Jezeří ÚV | Vesnický potok + přeložka |

Evidované vypouštění do vodního toku – „V“

V povodí Bíliny mezi nádržemi Jirkov a Újezd dochází k následujícím evidovaným vypouštěním do vodních toků:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| - Preciosa Jirkov ČOV | Bílina ř. km 67,718 |
| - SčVK Jirkov ČOV | Bílina ř. km 67,206 |
| - VUAS – ČS A I. | Bílina ř. km 65,039 |
| - Vak Karlovy Vary – Vysoká Pec ČOV | PKP IV ř. km 2,060 |
| - SEVEN – ČS Kundratice | Vesnický potok + přeložka ř. km 0,150 |
| - SEVEN – ČS Jáma Jezerka | Vesnický potok + přeložka ř. km 0,201 |
| - SEVEN – ČS C | Vesnický potok + přeložka ř. km 1,879 |

Tab. 13 – Očištěná reálná řada prům. měsíčních přítoku z mezipovodí „QM“ (m³/s)

rok/měsíc	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
2005	1.67	2.03	3.45	2.06	0.85	0.49	0.29	0.40	0.30	0.24	0.28	0.42
2006	0.12	0.26	1.49	3.24	1.36	0.92	0.26	0.22	0.10	0.24	0.13	0.26
2007	0.34	1.01	1.46	0.51	0.58	0.42	0.24	0.40	0.41	0.24	1.01	1.38
2008	1.06	1.02	1.15	1.18	0.76	0.47	0.19	0.14	0.14	0.24	0.10	0.45
2009	0.39	0.33	2.37	0.91	0.25	0.33	0.43	0.17	0.10	0.02	0.03	0.17
2010	0.20	0.19	1.54	0.73	0.96	0.41	0.26	0.28	0.46	0.62	1.25	1.56
2011	3.05	1.80	1.10	0.27	0.77	0.39	0.49	0.34	0.38	0.19	0.17	0.24
2012	1.07	0.91	1.71	1.06	0.61	0.27	0.77	0.28	0.06	0.09	0.15	0.31
2013	1.83	0.91	0.62	1.38	0.79	2.62	0.42	0.73	0.29	0.35	0.14	0.10
2014	0.11	0.26	0.47	0.38	0.35	0.10	0.26	0.43	0.99	0.78	0.80	0.96
2015	1.84	0.73	0.53	1.04	0.51	0.09	0.03	0.09	0.21	0.43	0.57	0.46
2016	0.40	1.06	0.50	0.24	0.19	0.40	0.29	0.10	0.45	0.22	0.20	0.52
2017	0.51	0.86	1.21	0.44	0.19	0.35	0.22	0.14	0.12	0.33	0.35	0.43

6.5 Modelování průměrných měsíčních průtoků – MCSS

Model *MCSS* slouží k namodelování závislé časové řady průměrných měsíčních průtoků v „mezipovodí“ mezi nádržemi Jirkov a Újezd. Model byl zpracován v softwaru Matlab a nejedná se o skutečně existující program softwaru Matlab. Závislé časové řady lze ve vodním hospodářství modelovat pomocí následujících metod [13]:

- Metoda centrální stanice a satelitních stanic,
- Metoda ortogonální transformace (metoda principiální komponenty).

V rámci diplomové práce byla pro modelování závislé časové řady využita Metoda centrální stanice a satelitních stanic. Centrální stanicí je profil VD Jirkov – přítok, ve kterém bylo v [kapitole 6.2](#) provedeno modelování syntetické časové řady v izolované stanici metodou LRM. [Kapitola 6.2](#) tedy představuje první krok zvolené metody. Druhým krokem metody je odvození časově odpovídajících průtoků v závislé stanici (profilu) z lineární regrese. [13, 14] Závislou stanicí představuje již zmiňované „mezipovodí“ mezi VD Jirkov a VD Újezd.

- Vstupy modelu:

SYNTm – syntetická řada prům. měsíčních průtoků v profilu VD Jirkov – přítok

PVDJ – očištěná reálná řada prům. měsíčních průtoků v profilu VD Jirkov – přítok ([Tab. 10](#))

QM – očištěná reálná řada prům. měsíčních přítoků z „mezipovodí“ ([Tab. 13](#))

(všechny časové řady v m³/s)



K odvození průtoků byly použity normalizované vstupní hydrologické řady (*SYNTm*, *PVDJ*, *QM*). Normalizace všech vstupních hydrologických řad byla provedena podle vztahu pro logaritmicke-normální rozdělení uvedeného v části 1.2 v kapitole 6.2.1. Pro vlastní odvození platí následující vztah [14]:

$$y_{i,j,k} = \bar{y}_{j,k} + b_{j,k} \cdot (x_{i,j} - \bar{x}_j) + u_i \cdot d_{j,k}$$

- kde $y_{i,j,k}$... průtok v satelitní stanici v roce i , v měsíci j , v profilu k (m³/s)
 $\bar{y}_{j,k}$... průměrný měsíční průtok v měsíci j , v profilu k (m³/s)
 $b_{j,k}$... regresní koef. v měsíci j pro průtoky mezi centrální a satelitní stanicí k (-)
 $x_{i,j}$... průtok v centrální stanici v roce i a v měsíci j (m³/s)
 \bar{x}_j ... průměrný měsíční průtok v centrální stanici v měsíci j (m³/s)
 u_i ... standartní náhodná proměnná (-)

Parametr $d_{j,k}$ byl stanoven z následující rovnice [14]:

$$d_{j,k} = s_{j,k} \sqrt{(1 - r_{j,k}^2)} \quad (-)$$

- kde $r_{j,k}$... koef. lineární korelace mezi průtoky v centrální a satelitní stanici k , v měsíci j
 $s_{j,k}$... směrodatná odchylka průtoků v měsíci j , v profilu k (vše (-))

Výsledné průtoky v závislé stanici $y_{i,j,k}$ byly po odvození následně zpětně transformovány (zpětná normalizace) na původní rozdělení pravděpodobnosti podle vztahu uvedeného v části 8. v kapitole 6.2.1.

Součástí modelu *MCSS* je funkce *LIN_REGNORM*, která slouží pro stanovení všech členů výše uvedených rovnic pomocí funkcí, které patří do knihovny funkcí softwaru Matlab.

Pro určení koeficientu lineární regrese $b_{j,k}$ bylo využito funkce *POLYFIT*, která umožňuje aproximaci dat polynomem libovolného stupně. V tomto případě se jedná o aproximaci polynomem 1. stupně. Výpis funkcí pro stanovení dalších parametrů:

- Směrodatná odchylka $s_{j,k}$ → fce STD
- Střední hodnoty $\bar{y}_{j,k}$, \bar{x}_j → fce MEAN
- Standartní náhodná proměnná u_i → fce RAND
- Koeficient lineární korelace $r_{j,k}$ → fce CORRCOEF



V následující tabulce jsou uvedeny koeficienty lineární korelace mezi průtoky v centrální a satelitní stanici v jednotlivých kalendářních měsících. Z hodnot korelačních koeficientů je zřejmé, že velice silné vazby dosahují měsíce leden, březen a červen. Na druhé straně nejslabší vazba mezi průtoky je v měsíci květnu.

Tab. 14 – Koeficienty lineární korelace mezi průtoky v centrální a satelitní stanici

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
r	0.94	0.82	0.96	0.88	0.38	0.96	0.75	0.62	0.86	0.78	0.83	0.71

- Výstupy modelu:

SATm – syntetická řada prům. měsíčních přirozených přítoků z „mezipovodí“ (m³/s)

- Přílohy:

Příloha č. 10 – SATm

6.6 Stanovení přítoku do VD Újezd

Výsledná syntetická časová řada průměrných měsíčních průtoků v profilu „VD Újezd – přítok“ byla stanovena na základě následujícího vztahu:

$$QVDU = RVDJ + SATm$$

kde *QVDU* ... syntetická řada prům. měsíčních přítoků do VD Újezd

RVDJ ... syntetická řada prům. měsíčních průtoků v profilu „VD Jirkov – odtok“,
výsledek manipulace na VD Jirkov

SATm ... syntetická řada prům. měsíčních přirozených přítoků z „mezipovodí“

(všechny časové řady v m³/s)

Výsledná syntetická řada *QVDU* byla následně použita jako vstup modelu pro posouzení zásobní funkce nádrže viz kapitola 6.7, resp. 6.8.

- Přílohy:

Příloha č. 11 – QVDU

6.7 Režimová funkce nádrže VD Újezd

Stěžejními podklady při řešení zásobní funkce vodní nádrže jsou průtokové řady a požadavky spotřebitelů na vodu. Ve vodním hospodářství se často přistupuje ke statistickému a pravděpodobnostnímu zpracování průtokových řad, jehož výsledkem jsou syntetické časové řady. Modelované posloupnosti průtoků zajišťují spolehlivé vyjádření dodávky vody, a mají tak široké využití při řešení optimalizačních úloh. [10, 11]

K posouzení zásobní funkce nádrže VD Újezd byla v softwaru Matlab připravena funkce *REZIM*, která slouží k vyhodnocení zabezpečení dodávky vody podle trvání pt na základě požadované hodnoty nadlepšeného odtoku Qn pod VD Újezd.

Funkce REZIM

Vyhodnocení zabezpečení dodávky vody podle trvání pt se v rámci funkce provádí na podkladu celé syntetické řady průměrných měsíčních průtoků ($QVDU$) v profilu „VD Újezd – přítok“. Zabezpečení pt je stanovena ze vzorce pro Čegodajeva [17, 18] :

$$p_t = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100 \text{ (\%)}$$

kde p_t ... zabezpečení podle trvání (%)

m ... počet bezporuchových měsíců v posuzovaném intervalu (-)

n ... celkový počet měsíců, délka posuzovaného intervalu (-)

Požadovaná hodnota nadlepšení byla stanovena ze vztahu [13]:

$$Qn = MZP + Op$$

kde Qn ... požadovaná hodnota nadlepšení (m^3/s)

MZP ... hodnota minimálního zůstatkového průtoku (m^3/s)

Op ... požadovaná hodnota odběru pod vodním dílem (m^3/s)

V rámci funkce dochází také k separaci výparu z volné vodní hladiny. Pro určení průměrné měsíční ztráty vody výparem z volné vodní hladiny byl použit stejný postup jako u nádrže VD Jirkov v kapitole 6.3 (podle ČSN 75 2405). V následující tabulce jsou uvedeny průměrné měsíční ztrátové výšky Hv stanovené přibližně podle nadmořské výšky (kóta koruny hráze – 286,02 m n. m. [8]) podle ČSN 75 2405. [15]

Tab. 15 – Ztrátové výšky Hv dle ČSN – VD Újezd [15]

Roční výpar (mm)	760											
Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
% z ročního úhrnu výparu	1	2	6	9	12	14	16	15	11	7	5	2
Hv – ČSN (mm)	8	15	46	68	91	106	122	114	84	53	38	15



- Vstupy funkce:

$QVDU$... syntetická časová řada průměrných měsíčních přítoků do VD Újezd

$HFVVDU$... charakteristické čáry zatopených ploch a objemů VD Újezd (Tab. 9)

Op ... požadovaný odběr pod VD Újezd (m^3/s)

- Výstupy funkce:

pt ... zabezpečení dodávky vody podle trvání (%)

6.8 Dispečerské grafy nádrže VD Újezd

Dispečerský graf je považován za základní manipulační prostředek při hospodaření s vodou v nádrži. Určuje nutné hodnoty objemů vody v nádrži na počátku každého kalendářního měsíce pro zajištění požadované zásobní funkce nádrže, tzn., že poskytuje informaci, jestli je možné v daném čase přejít ke zvýšeným odběrům bez ohrožení zásobní funkce. [11, 13]

Model pro vytvoření dispečerských grafů VD Újezd byl zpracován v softwaru Matlab ve dvou dílčích funkcích. Hlavní funkce modelu je funkce DG . Vedlejší funkcí je $ZASOB_FCE_DG$, která slouží k okamžitému vyhodnocení zabezpečení podle trvání pro aktuálně testovaný zásobní objem nádrže Vz z funkce DG .

Funkce DG

Funkce DG slouží k vyhodnocení tzv. nutných náplní (velikosti zásobního objemu) na počátku jednotlivých měsíců potřebných pro zajištění požadované zabezpečení dodávky vody podle trvání pt_{poz} . Princip spočívá v postupném snižování velikosti zásobního objemu o dílčí krok dV a v okamžitém vyhodnocení zabezpečení podle trvání pt pro takto snížený objem v zásobním prostoru pomocí funkce $ZASOB_FCE_DG$. Postup snižování objemu se opakuje až do okamžiku, kdy platí, že $pt < pt_{poz}$. Při platnosti této podmínky dochází k zafixování objemu v předchozím kroku, který ještě danou podmínku $pt \geq pt_{poz}$ splňoval. Obdobně pokračuje výpočet pro zbylé měsíce a výsledkem je dispečerský graf, resp. řídicí křivka pro hospodaření s vodou v nádrži, pro danou požadovanou zabezpečení podle trvání pt_{poz} a hodnotu nadlepšení Qn .

V rámci modelu byla uvažována hodnota požadované zabezpečení $pt_{poz} = 99,5 \%$, která odpovídá zabezpečení podle trvání plné dodávky dle třídy významnosti „A“ [18], která je v rámci diplomové práce požadována státním podnikem Povodí Ohře.



- Vstupy funkce:

QVDU ... syntetická časová řada průměrných měsíčních průtoků v profilu VD Újezd

HFVVDU ... charakteristické čáry zatopených ploch a objemů VD Újezd (Tab. 9)

Op ... požadovaný odběr pod VD Újezd (m³/s)

- Výstupy funkce:

DG ... dispečerský graf pro požadovanou zabezpečení *pt_poz* a nadlepšený odtok *Qn*

Funkce ZASOB_FCE_DG

Funkce *ZASOB_FCE_DG* má obdobnou funkci, jako funkce *REZIM*. Slouží tedy k určení zabezpečení dodávky vody podle trvání *pt* pro aktuální objem vody v nádrži *Vz* dle funkce *DG*. Stanovení hodnoty zabezpečení se provádí na podkladu celé syntetické řady průměrných měsíčních průtoků. Zabezpečení *pt* je stanovena ze stejného vzorce jako v kapitole 6.7.

Ve funkci jsou zahrnuty i ztráty výparem z volné vodní hladiny. Uvažované průměrné měsíční ztrátové výšky *Hv* jsou shodné s hodnotami uvedenými v tabulce – Tab. 15.

- Vstupy funkce:

QVDU ... syntetická časová řada průměrných měsíčních průtoků v profilu VD Újezd

HFVVDU ... charakteristické čáry zatopených ploch a objemů VD Újezd (Tab. 9)

Qn ... požadovaná hodnota nadlepšení (m³/s)

Vz ... zásobní objem nádrže (m³)

- Výstupy funkce:

pt ... zabezpečení dodávky vody podle trvání (%)

7 Posouzení zabezpečení podle trvání „pt“

Výstupem diplomové práce je variantní řešení zajištění MZP a kompenzačního nadlepšování pod VD Újezd. Hodnota kompenzačního nadlepšení Q_n je uvažována do profilu pod hrází vodního díla → „VD Újezd – odtok“.

Požadované kompenzační nadlepšení Q_n bylo v rámci diplomové práce uvažováno do profilu pod hrází VD Újezd z několika důvodů. Prvním důvodem je skutečnost, že pod vodním dílem dochází k zatrubnění vodního toku Bíliny v úseku Ervěnického koridoru, což logicky neumožňuje přítok z mezipovodí. Další překážkou, která ztěžuje vyhodnocení kompenzačního nadlepšení do jiného profilu níže po toku, je výrazné antropogenní ovlivnění průtoků v povodí Bíliny pod Ervěnickým koridorem prostřednictvím Průmyslového vodovodu Nechranice (PVN). [2, 3]

V rámci posouzení zásobní fce nádrže bylo vyhodnoceno osm dílčích variant nadlepšení (I, II... VIII). Pro každou variantu nadlepšení je uvažována stejná hodnota $MZP = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$, která byla převzata z aktuálně platného MŘ VD Újezd. [8] Jednotlivé dílčí varianty se vzájemně odlišují hodnotou požadovaného odběru pod VD Újezd O_p , a pracují s hodnotou nadlepšeného odtoku $Q_n = MZP + O_p \text{ (m}^3/\text{s)}$. [13] Zvolené varianty požadovaného nadlepšení Q_n jsou uvedeny v následující tabulce – Tab. 16.

Tab. 16 – Přehled zvolených variant požadovaného nadlepšení „ Q_n “

Varianta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
MZP (m ³ /s)	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
O_p (m ³ /s)	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.550	0.575	0.600
Q_n (m ³ /s)	0.250	0.350	0.450	0.550	0.650	0.700	0.725	0.750

Dílčí varianta „VII“ představuje velikost odběru vody pro společnost *Unipetrol RPA*, jehož průměrná hodnota v roce 2017 (dle Evidence uživatelů vody) činila $O_p = 0,575 \text{ m}^3/\text{s}$. Vlastní odběr vody je realizovaný pod Ervěnickým koridorem z vodního toku Loupnice na ř.km 0,8 – jezero Jiřetín II. Odběrný objekt pro ČS *Unipetrol RPA* se nachází v hrází mezi VD Jiřetín I. a VD Jiřetín II. Povrchová voda z řeky Bíliny je v souladu s manipulačním řádem správce toku převáděna do jezera Jiřetín II. ze vzduší pohyblivého jezu v Dolním Jiřetíně – jez Jiřetín. Požadovaná hodnota MZP pod jezem Jiřetín je shodná s MZP pod VD Újezd. Cílem diplomové práce nebylo vyhodnocení kompenzačního nadlepšení do profilu na soutoku vodních toků Bíliny a Loupnice, které by bylo podstatně složitější z důvodů uvedených výše na počátku kapitoly. Vzhledem k velikosti odběru je ale zřejmé, že bez soutoku Loupnice s Bílinou by odběr v takové míře možný nebyl. [2, 9, 19, 20]



K vyhodnocení zabezpečení podle trvání pt pro jednotlivé varianty nadlepšení Qn byla použita funkce *REZIM*. Výsledné hodnoty zabezpečení podle trvání jsou uvedeny v tabulce – Tab. 17.

Tab. 17 – Přehled hodnot zabezpečení podle trvání „ pt “

Varianta	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
MZP (m ³ /s)	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150	0.150
Op (m ³ /s)	0.100	0.200	0.300	0.400	0.500	0.550	0.575	0.600
Qn (m ³ /s)	0.250	0.350	0.450	0.550	0.650	0.700	0.725	0.750
pt (%)	99.99	99.99	99.99	99.54	95.64	91.36	89.16	86.79

Z vyhodnocení zabezpečení podle trvání pt (Tab. 17) je zřejmé, že ne všechny ze zvolených variant požadovaného nadlepšení Qn splňují požadovanou hodnotu zabezpečení podle trvání 99,5% pro plnou dodávku dle třídy významnosti „A“ [18], která je v rámci diplomové práce požadována státním podnikem Povodí Ohře. Maximální hodnotu nadlepšení Qn pod vodním dílem, kterou lze zajistit při splnění požadované zabezpečení podle trvání, představuje dílčí variant „IV“ – $Qn = 0,550$ m³/s.

Na závěr diplomové práce byly funkcí *DG* vyhotoveny dispečerské grafy pro všechny vyhovující varianty zabezpečení, včetně varianty maximální hodnoty nadlepšení Qn . Nutné náplně zásobního prostoru nádrže Újezd na počátku každého kalendářního měsíce byly stanoveny s přesností na 10 000 m³. Tabelované hodnoty nutných náplní jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 18 – Tabelované hodnoty DG

Nutný zásobní objem na počátku měsíce "Vz" (mil. m ³)												
Varianta / Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
I	0.288	0	0.018	0.058	0	0.352	0.532	0.572	0.642	0.402	0.362	0.218
II	0.598	0.248	0.288	0.308	0.292	1.562	1.442	1.462	1.322	1.192	0.842	0.618
III	0.988	0.718	0.548	0.928	1.962	2.632	2.652	2.512	2.552	2.122	1.932	1.438
IV	2.428	2.618	2.398	2.888	3.982	4.342	4.432	4.172	3.952	3.442	3.442	2.668

Grafické znázornění výpočtu zabezpečení pro maximální hodnotu požadovaného nadlepšení Qn prezentuje příloha č.12. Dispečerské grafy jsou uvedeny v příloze č.13.

- Přílohy:

Příloha č. 12 – Maximální možné nadlepšení Qn – Varianta IV

Příloha č. 13 – Dispečerské grafy

Závěr

Předmětem diplomové práce byla optimalizace zásobní funkce VD Újezd, což zahrnovalo vyhodnocení zabezpečení minimálního průtoku pod hrází VD Újezd a kompenzačního nadlepšování v toku Bílina pro zajištění dodávky vody odběratelům. Vyhodnocení bylo provedeno pro případ ukončení provozu Přivaděče průmyslové vody (PPV).

Posouzení zabezpečení vyžadovalo očištění výchozích reálných řad přirozených přítoků z povodí Bíliny, konstrukci modelů pro generování syntetických časových řad průměrných měsíčních průtoků v izolované stanici (LRM) a stanici satelitní (MCSS), a sestavení simulačního modelu zásobní funkce včetně simulačního modelu manipulací na VD Jirkov.

Simulační model odtoku z VD Jirkov respektuje manipulační pravidla uvedená v aktuálně platném manipulačním řádu VD Jirkov (01/2010). V rámci simulace odtoku z VD Jirkov bylo uvažováno se zajištěním max. ročního povoleného odběru pod vodním dílem pro ÚV Jirkov – $O_{úv} = 85 \text{ l/s}$. Velikost odběru byla převzata z povolení k odběru vody pro ÚV dle platného MŘ VD Jirkov (01/2010). [5] Do simulace odtoku byla uvažována ztráta vody 29,1 % (výsledek bilance z databáze Evidence uživatelů vody). Ztráta vody byla zahrnuta u výsledné hydrologické řady na odtoku z VD Jirkov (*RVDJ*), kde došlo k procentuálnímu snížení odběrové části ($O_{úv}$) požadovaného nadlepšení Q_n .

Výstupem diplomové práce je variantní řešení zajištění MZP a kompenzačního nadlepšování pod VD Újezd. V rámci posouzení zásobní fce nádrže bylo vyhodnoceno osm dílčích variant nadlepšení (I, II... VIII). Pro každou variantu nadlepšení je uvažována stejná hodnota $MZP = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$, která byla převzata z aktuálně platného MŘ VD Újezd. [8] Jednotlivé dílčí varianty se vzájemně odlišují hodnotou požadovaného odběru pod VD Újezd O_p , a pracují s hodnotou nadlepšeného odtoku $Q_n = MZP + O_p \text{ (m}^3/\text{s)}$. [13] U každé z dílčích variant byla vyhodnocena hodnota zabezpečení podle trvání dle vzorce podle Čegodajeva. [17, 18] V rámci diplomové práce byla uvažována maximální zabezpečení podle trvání 99,5 %, která odpovídá zabezpečení podle trvání plné dodávky dle třídy významnosti „A“. [18] Tato hodnota zabezpečení byla požadována státním podnikem Povodí Ohře. Do výpočtu zabezpečení podle trvání byly zahrnuty i průměrné měsíční ztráty vody výparem z volné vodní hladiny dle ČSN 75 2405. Hodnota kompenzačního nadlepšení Q_n byla uvažována do profilu pod hrází vodního díla → „VD Újezd – odtok“.

Požadované kompenzační nadlepšení Q_n bylo v rámci diplomové práce uvažováno právě do profilu pod hrází VD Újezd z několika důvodů. Prvním důvodem je skutečnost, že pod vodním dílem dochází k zatrubnění vodního toku Bíliny v úseku Ervěnického koridoru,

což logicky neumožňuje přítok z mezipovodí. Další překážkou, která ztěžuje vyhodnocení kompenzačního nadlepšení do jiného profilu níže po toku, je výrazné antropogenní ovlivnění průtoků v povodí Bíliny pod Ervěnickým koridorem prostřednictvím Průmyslového vodovodu Nechranice (PNV). [2, 3] Možnost kompenzace průtoků do níže po toku ležících profilů není vyloučena, ale její posouzení je nad rámec této diplomové práce.

Z vyhodnocení zabezpečení pro jednotlivé varianty nadlepšení je zřejmé, že VD Újezd je ze svého zásobního prostoru nádrže schopno zabezpečit maximální nadlepšený odtok Q_n pod hrází vodního díla v celkové hodnotě $0,55 \text{ m}^3/\text{s}$. (Varianta „IV“)

Mezi významné odběratele vody v povodí Bíliny pod VD Újezd patří *Unipetrol RPA*. Velikost průměrného odběru vody pro tento subjekt za rok 2017 reprezentuje dílčí varianta „VII“. Vlastní odběr vody je realizovaný pod Ervěnickým koridorem z vodního toku Loupnice na ř.km 0,8 – jezero Jiřetín II. Odběrný objekt pro ČS *Unipetrol RPA* se nachází v hrázi mezi VD Jiřetín I. a VD Jiřetín II. Povrchová voda z řeky Bíliny je v souladu s manipulačním řádem správce toku převáděna do jezera Jiřetín II. ze vzdutí pohyblivého jezu v Dolním Jiřetíně – jez Jiřetín. Požadovaná hodnota MZP pod jezem Jiřetín je shodná s MZP pod VD Újezd. Cílem diplomové práce nebylo vyhodnocení kompenzačního nadlepšení do profilu na soutoku vodních toků Bíliny a Loupnice, které by bylo podstatně složitější z důvodu výrazného antropogenního ovlivnění průtoků v povodí Bíliny pod Ervěnickým koridorem. Vzhledem k velikosti odběru je ale zřejmé, že bez soutoku Loupnice s Bílinou by odběr v takové míře možný nebyl. [2, 9, 19, 20]

Z vyhodnocení zabezpečení pro tuto variantu „VII“ je zřejmé, že VD Újezd není schopné zajistit současně MZP a odběr $O_p = 0,575 \text{ m}^3/\text{s}$ ($Q_n = 0,725 \text{ m}^3/\text{s}$) pod VD s maximální požadovanou zabezpečností podle trvání 99,5 %. Při požadavku na zajištění nadlepšeného odtoku $Q_n = 0,575 \text{ m}^3/\text{s}$ z vodního díla, by bylo dosaženo vyšší zabezpečení, ale stále nižší než požadované hodnoty 99,5 %.

Hodnota průměrného ročního odběru pro společnost *Unipetrol RPA* podle platného povolení k odběru povrchové vody činí $0,800 \text{ m}^3/\text{s}$. [9, 19, 20] Při uvážení dílčí varianty „IV“ s maximální hodnotou nadlepšení $Q_n = 0,550 \text{ m}^3/\text{s}$ a požadovaným $MZP = 0,150 \text{ m}^3/\text{s}$ pod jezem Jiřetín, je VD Újezd schopno zabezpečit, ze zbývajících množství povrchové vody pro odběr $O_p = 0,400 \text{ m}^3/\text{s}$, 50 % povoleného průměrného ročního odběru povrchové vody s požadovanou zabezpečností 99,5 %.

Na závěr byly vyhotoveny dispečerské grafy pro všechny vyhovující varianty nadlepšení z hlediska požadované zabezpečení.

**Seznam tabulek**

Tab. 1 – ZHU Bílina – Nad VD Jirkov	8
Tab. 2 – ZHU Lužec	8
Tab. 3 – Rozdělení prostoru nádrže VD Jirkov [5].....	9
Tab. 4 – Charakteristické čáry nádrže Jirkov [5].....	9
Tab. 5 – Zabezpečení odběru pro ÚV Jirkov [5].....	11
Tab. 6 – Základní hydrologické údaje pro tok Bílina v profilu „hráz VD Újezd“ [8].....	15
Tab. 7 – Rozdělení objemu nádrže – letní režim	18
Tab. 8 – Rozdělení objemu nádrže – zimní režim	18
Tab. 9 – Charakteristické čáry nádrže Újezd [8]	19
Tab. 10 – Očištěná reálná časová řada v profilu VD Jirkov – přítok (m^3/s).....	24
Tab. 11 – Základní popisné statistiky a první autokorelační koef. reálné a syntetické řady	30
Tab. 12 – Ztrátové výšky H_v dle ČSN – VD Jirkov [15]	31
Tab. 13 – Očištěná reálná řada prům. měsíčních přítoku z mezipovodí „QM“ (m^3/s).....	35
Tab. 14 – Koeficienty lineární korelace mezi průtoky v centrální a satelitní stanici.....	37
Tab. 15 – Ztrátové výšky H_v dle ČSN – VD Újezd [15].....	38
Tab. 16 – Přehled zvolených variant požadovaného nadlepšení „ Q_n “	41
Tab. 17 – Přehled hodnot zabezpečení podle trvání „ pt “	42
Tab. 18 – Tabelované hodnoty DG	42

Seznam obrázků

Obr. 1 – VD Jirkov [4]	7
Obr. 2 – Graf charakteristických křivek nádrže Jirkov [5]	10
Obr. 3 – Řídící křivka pro hospodaření s vodou na VD Jirkov [5].....	11
Obr. 4 – VD Újezd – zátopa [7]	14
Obr. 5 – VD Újezd – hráz a výtokový objekt [7].....	16
Obr. 6 – VD Újezd – Bezpečnostní přeliv, příčný řez [7]	17
Obr. 7 – Graf charakteristických křivek nádrže VD Újezd. [8].....	19
Obr. 8 – Přehled výše zmíněných měřících stanic a profilů	22
Obr. 9 – Vyobrazení „mezipovodí“ [8].....	33



Seznam příloh

Příloha č.1 – Mapa VS NOD

Příloha č.2 – Průtokové schéma VS NOD

Příloha č.3 – Schéma PPV, PKP

Příloha č.4 – Objekty PKP

Příloha č.5 – Průtokové schéma navrhovaného stavu VS NOD

Příloha č.6 – Schéma simulačního modelu navrhovaného stavu VS NOD

Příloha č.7 – Vhodnost teoretického rozdělení pravděpodobnosti

Příloha č. 8 – SYNT_m

Příloha č. 9 – Výsledek manipulace na VD Jirkov – RVDJ

Příloha č. 10 – SAT_m

Příloha č. 11 – QVDJ

Příloha č. 12 – Maximální možné nadlepšení Q_n – Varianta IV

Příloha č. 13 – Dispečerské grafy

Použité zdroje

- [1] Povodí Ohře, s. p. [online]. *Nádrž Dřínov*. [vid. 28. 9. 2018];
Dostupné z: <http://www.poh.cz/vd/drinov.htm>.
- [2] Povodí Ohře, s. p., *II.1. MANIPULAČNÍ ŘÁD vodohospodářské soustavy NOD*.
Chomutov, 2017.
- [3] Povodí Ohře, s. p., *II.2. MANIPULAČNÍ ŘÁD Čerpací stanice Rašovice,
Přivaděče průmyslové vody a Podkrušnohorského přivaděče*. Chomutov, 2017.
- [4] Povodí Ohře, s. p. [online]. *Vodní dílo Jirkov*. [vid. 28. 10. 2018];
Dostupné z: <http://www.poh.cz/vd/jirkov.htm>.
- [5] Povodí Ohře, s. p., *I.5 MANIPULAČNÍ ŘÁD vodního díla Jirkov*. Chomutov, 2010.
- [6] Povodí Ohře, s. p., *I.1 MANIPULAČNÍ ŘÁD vodohospodářské soustavy SHP*.
Chomutov, 2010.
- [7] Povodí Ohře, s. p. [online]. *Vodní dílo Újezd*. [vid. 29. 9. 2018];
Dostupné z: <http://www.poh.cz/vd/ujezd.htm>.
- [8] Povodí Ohře, s. p., *II.5. MANIPULAČNÍ ŘÁD vodního díla ÚJEZD a MVE Ervěnický
koridor - trubní přeložky Biliny po Ervěnickém koridoru*. Chomutov, 2017.
- [9] Povodí Ohře, s. p. - Ing. Pail Tomáš, *Konzultace*. Chomutov, 11/2018.
- [10] VOTRUBA Ladislav a KOLEKTIV: *Vodohospodářské soustavy*. SNTL Praha, 1979.
1. vyd. 472 s. 04-715-79
- [11] VOTRUBA Ladislav, BROŽA Vojtěch: *Hospodaření s vodou v nádržích*.
SNTL Praha, 1980. 2. vyd. 448 s. 04-704-80
- [12] PROCHÁZKA Miroslav, VV: *Matematické modelování průměrných měsíčních
průtoků*. SZN Praha, 1989. 1. vyd. 52 s. 80-209-0045-4
- [13] PATERA Adolf, NACHÁZEL Karel, FOŠUMPAUR Pavel:
Nádrže a vodohospodářské soustavy 10. Vydavatelství ČVUT, 2002. 1. vyd. 217 s.
80-01-02620-5
- [14] VOTRUBA Ladislav, NACHÁZEL Karel: *Základy teorie stochastických procesů
a jejich aplikace ve vodním hospodářství*. České vysoké učení technické v Praze, 1980.
2. vyd. 183 s.

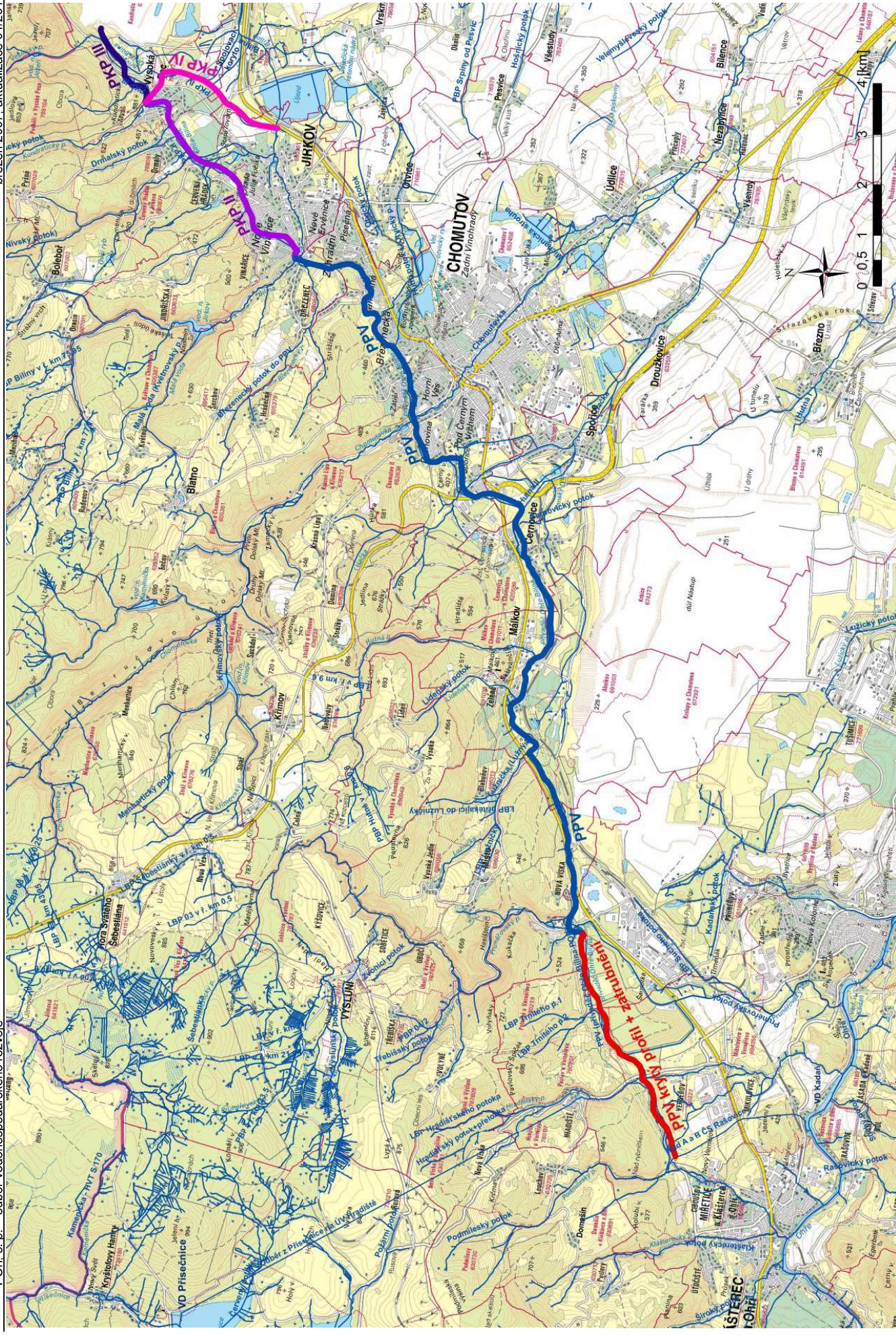


- [15] ČSN 75 2405, *Vodohospodářská řešení vodních nádrží*. ÚNMZ, Praha, 05/2017.
- [16] ČHMÚ [online]. *Rozvodnice*. [vid. 28. 10. 2018]; Dostupné z:
<http://hydro.chmi.cz/hydro/index.php?wmapp=WEBAPP&wmap=rozvodnice>.
- [17] STARÝ Miloš: *HYDROLOGIE, Modul 02*. VUT v Brně, 2005.
- [18] VOTRUBA Ladislav - HEŘMAN Jiří a KOL.: *Spolehlivost vodohospodářských děl*. Česká matice technická, 1993. 1. vyd. 496 s. 07-014-93
- [19] Ministerstvo životního prostředí [online]. *Změna č. 9 integrovaného povolení pro zařízení „Výrobny T 200, T 700 a výrobní vody a odpady“ společnosti UNIPETROL RPA, s.r.o., Litvínov*. [vid. 1. 1. 2019];
Dostupné z:
[http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/3C0E5D9A2AF18666C1257958004140D9/\\$file/T200-%20NZ9-%20IP.doc](http://www.mzp.cz/www/ippc.nsf/3C0E5D9A2AF18666C1257958004140D9/$file/T200-%20NZ9-%20IP.doc).
- [20] Registr smluv [online]. *INTEGROVANÉ POVOLENÍ pro zařízení „Jednotka Energetické služby“* [vid. 1. 1. 2019];
Dostupné z: <https://smlouvy.gov.cz/smlouva/soubor/5107012/Povolen%C3%AD%20Unipetrol.docx>.

Příloha č.1 - Mapa VS NOD

PŮH. s. p. – odbor vodohospodářského rozvoje

březen 2007, aktualizace 01/2017



Příloha č.3 - Průtokové schéma PPV, PKP

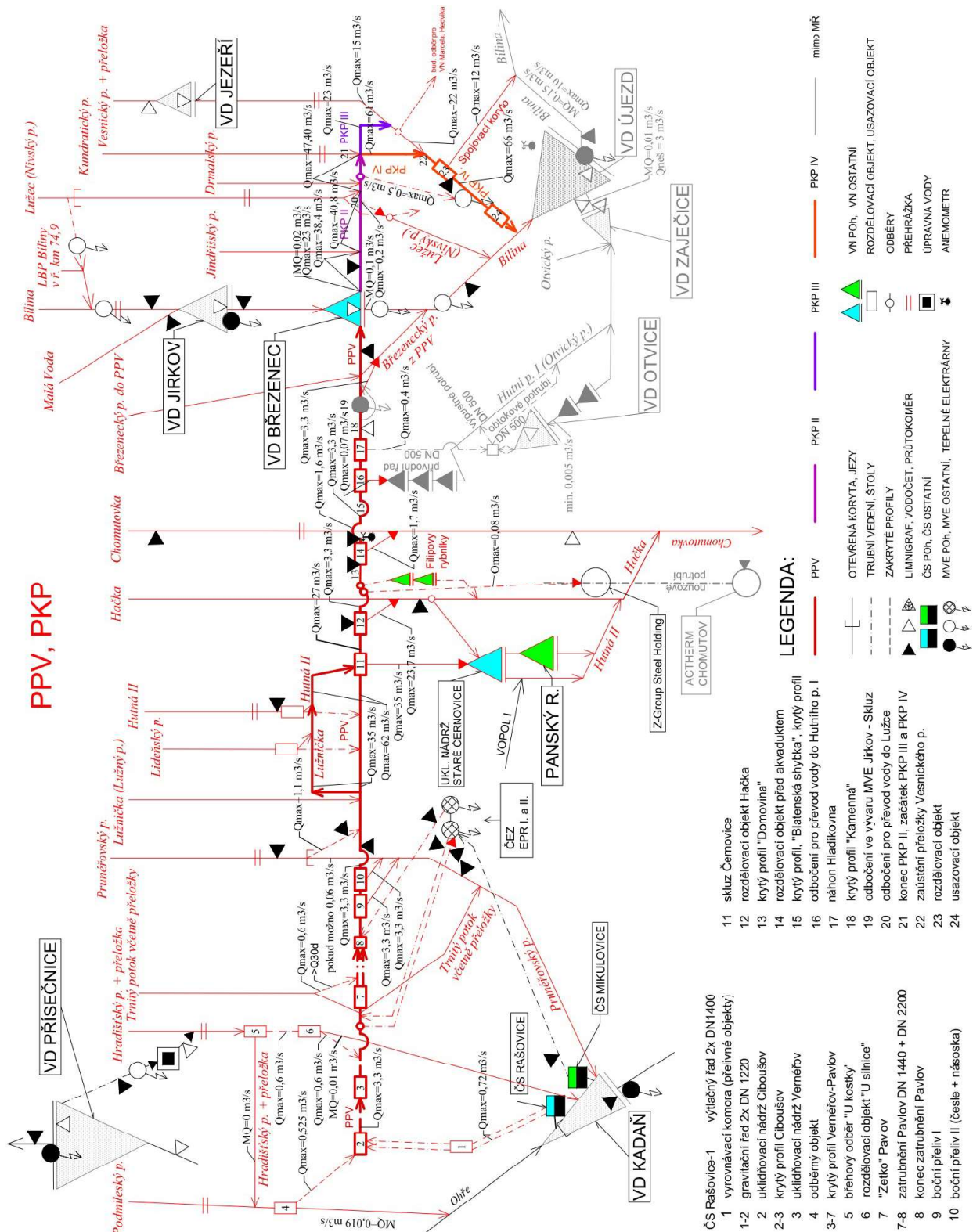


MŘ VS NOD

II.2. MŘ ČS Rašovice, Přivaděče průmyslové vody a Podkrušnohorského přivaděče

POH, s. p. – odbor vodohospodářského rozvoje

březen 2007, aktualizace 01/2017



- ČS Rašovice-1** výtlačný řad 2x DN1400
- 1 vyrovnávací komora (přelivné objekty)
 - 1-2 gravitační řad 2x DN 1220
 - 2 uklidňovací nádrž Ciboušov
 - 2-3 krytý profil Ciboušov
 - 3 uklidňovací nádrž Verněřov
 - 4 odběrný objekt
 - 3-7 krytý profil Verněřov-Pavlov
 - 5 břehový odběr "U kostky"
 - 6 rozdělovací objekt "U silnice"
 - 7 "Zetko" Pavlov
 - 7-8 zatrubnění Pavlov/DN 1440 + DN 2200
 - 8 konec zatrubnění Pavlov
 - 9 boční přítliv
 - 10 boční přítliv II (česle + násoska)
- 11** skluz Černovice
- 12 rozdělovací objekt Hačka
 - 13 krytý profil "Domovina"
 - 14 rozdělovací objekt před akvaduktem
 - 15 krytý profil, "Biatenská shyčka", krytý profil
 - 16 odbočení pro převod vody do Hutního p. I
 - 17 náhon Hladkovna
 - 18 krytý profil "Kamenná"
 - 19 odbočení ve vývaru MVE Jirkov - Skluz
 - 20 odbočení pro převod vody do Lužce
 - 21 konec PKP II, začátek PKP III a PKP IV
 - 22 zausnění přelivky Vesnického p.
 - 23 rozdělovací objekt
 - 24 usazovací objekt

LEGENDA:

- PKP I (red line)
- PKP II (purple line)
- PKP III (green line)
- PKP IV (orange line)
- mimo MŘ (grey line)
- OTEVŘENÁ KORYTA, JEZY
- TRUBNÍ VEDENÍ, ŠTOLY
- ZAKRYTÉ PROFILY
- LIMNIGRAF, VODOČET, PRŮTOKOMĚR
- ČS POH, ČS OSTATNÍ
- MVE POH, MVE OSTATNÍ, TEPELNÉ ELEKTRÁRNY
- VN POH, VN OSTATNÍ
- ROZDĚLOVACÍ OBJEKT, USAZOVACÍ OBJEKT
- ODBĚRY
- PŘEHRAŽKA
- ÚPRAVNA VODY
- ANEMOMETR



Příloha č.4 – Objekty PKP

PKP II:

ř. km: 4,876 – 4,824	– vodní hladina vyrovnávací nádrže Březeneč
4,824	– pevný přeliv z nádrže Březeneč
3,211	– zaústění Jindřišského potoka
2,425	– zaústění z požární nádrže Č. Hrádek, DN 300
1,532	– mimoúrovňové křížení Lužce (Nivského potoka)
1,523	– pravobřežní odbočení z PKP II pro nadlepšování průtoků v Lužci, odběr Sady a školky Jirkov spol. s r.o.
1,460	– zaústění Lužce (Nivského potoka)
0,782	– zaústění Drmalského potoka
0,619	– odběr pro MVE Moravec
0,001	– zaústění Kundratického potoka
0,000	– rozdělení přivaděče na PKP III a PKP IV s možností oddělení průtoků pomocí betonových hradících kazet

PKP III:

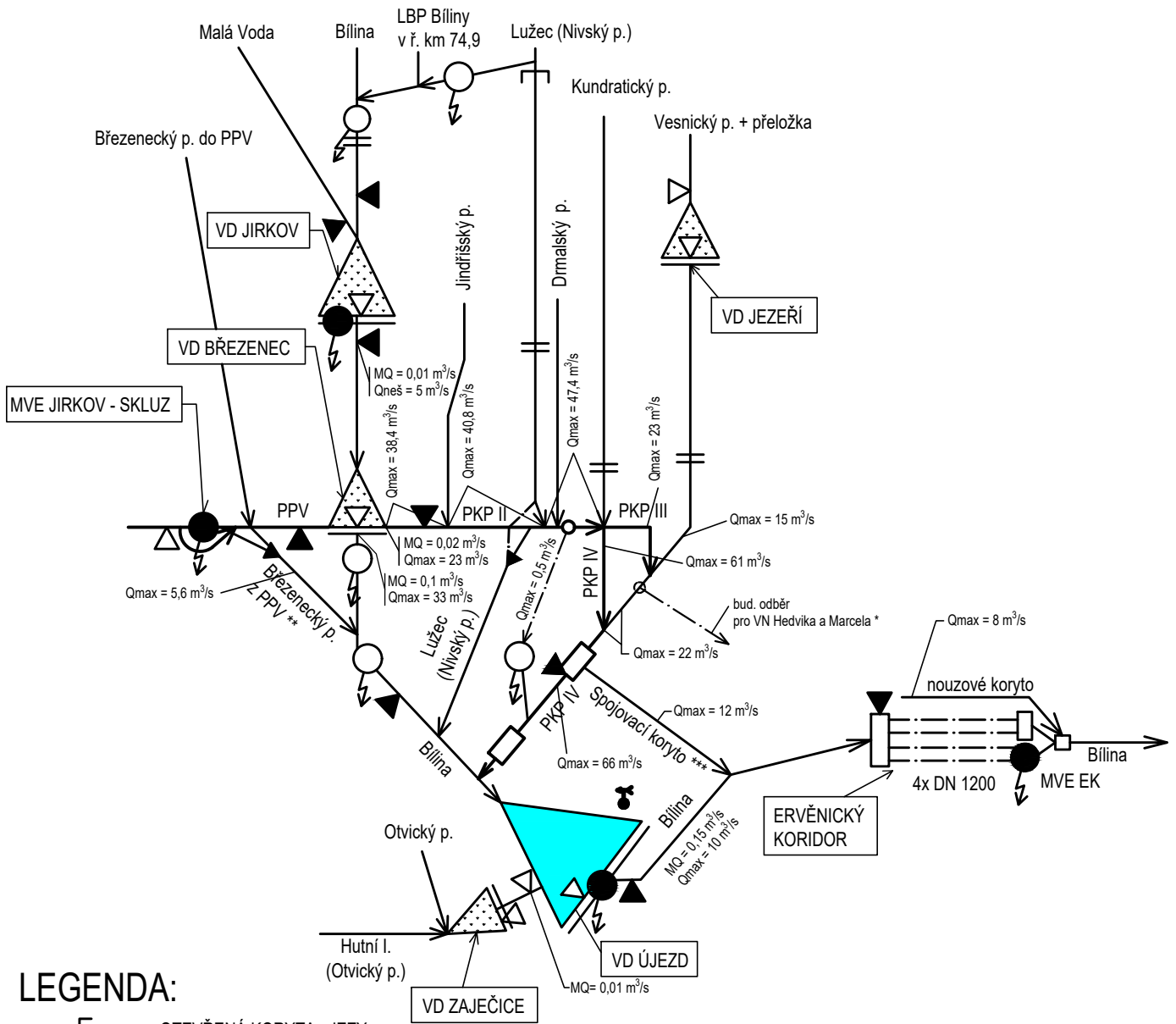
ř. km: 1,539	– napojení PKP III na koryto PKP II
0,905	– mimoúrovňové křížení pravobřežního přítoku Vesnického p.
0,864	– zaústění potoka z Podhůří
0,008 – 0,000	– boční skluz do Vesnického potoka + přeložky

PKP IV:

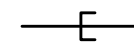
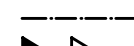





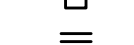

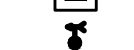
ř. km: 3,383	– napojení PKP IV na koryto PKP II
3,114	– most silniční komunikace ve Vysoké Peci odlehčení ze stoky
2,871	– křížení s bývalou silnicí I/13
2,679	– zaústění Vesnického potoka + přeložky
2,452	– silniční most pod Vysokou Pecí
2,077	– silniční most nad rozdělovacím objektem
2,074	– odběr vody pro ČOV Vysoká Pec
2,063	– výtok z ČOV Vysoká Pec
1,991 – 1,974	– rozdělovací objekt, stupeň s vývarem
1,937	– nátok do Spojovacího koryta od PKP IV do Bíliny



ř. km: 1,931	– LG PKP IV s obslužnou lávkou přes koryto PKP IV
1,591	– výtok z MVE Moravec
1,235	– silniční most na Jirkov
0,162 – 0,473	– skluz s vývarem
0,000	– zaústění do Bíliny



LEGENDA:

-  OTEVŘENÁ KORYTA, JEZY
-  TRUBNÍ VEDENÍ, ŠTOLY
-  LIMNIGRAF, VODOČET
-  MVE POH, MVE OSTATNÍ
-  VN POH PATŘÍCÍ DO MŘ, POH MIMO MŘ
-  ROZDĚLOVACÍ OBJEKT, USAZOVACÍ OBJEKT
-  VÝTOKOVÝ OBJEKT
-  PŘEHRÁŽKA
-  ÚPRAVA VODY
-  ANEMOMETR

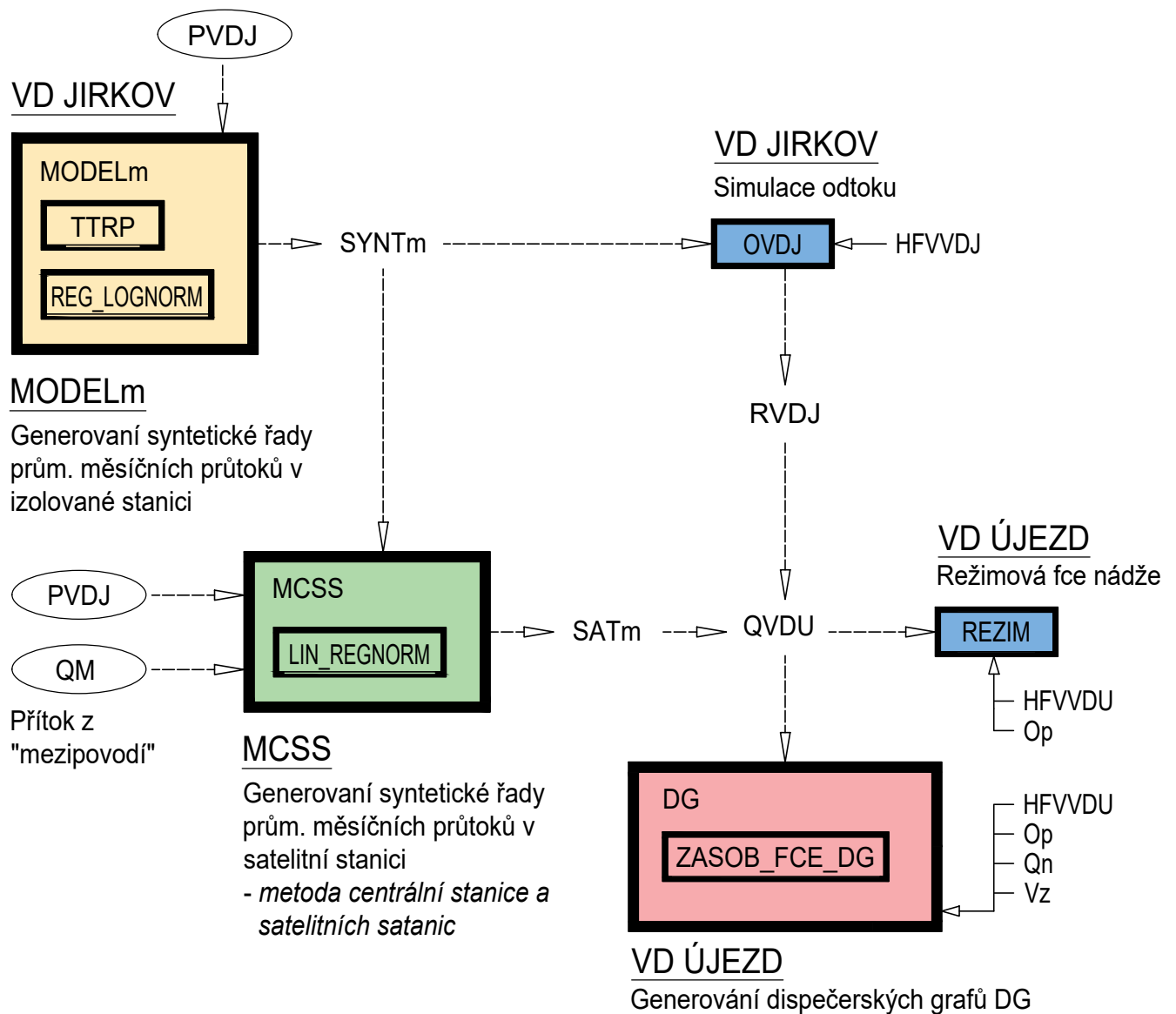
Poznámky a předpoklady pro simulaci:

- Není uvažováno s provozem MVE Jirkov - skluz.
- * S budoucím odběrem vody z PKP III do vodních nádrží Hedvika a Marcela není v rámci diplomové práce uvažováno.
- ** Koryto Březenec p. (Březenec p. z PPV do Bíliny) zachováno z důvodů případného odklonění západních přítoků do nádrže Březenelec mimo nádrž. V rámci simulace je uvažováno s trvalým zahrazením koryta stavidlem, tzn. žádné průtoky z Březenec p. neodtékají do Bíliny pod nádrž Březenelec.
- *** Spojovací koryto, které slouží v případě potřeby k odklonění průtoků z PKP IV mimo nádrž Újezd, je trvale zahrazeno tabulí s ručním ovládáním.

souřadnicový systém S-JTSK, výškový systém Bpv

OBOR	Vodní hospodářství a vodní stavby	ČVUT v Praze Fakulta stavební	
KATEDRA	K142 - Katedra hydrotechniky		
VYPRACOVAL	Bc. Sýs Vojtěch		
VEDOUCÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur		
NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE:		MĚŘÍTKO	
VD ÚJEZD - OPTIMALIZACE VODOHOSPODÁŘSKÉHO PROVOZU		DATUM	01/2019
NÁZEV VÝKRESU:		Č. PŘÍLOHY	
PRŮTOKOVÉ SCHÉMA NAVRHOVANÉHO STAVU VS NOD			5

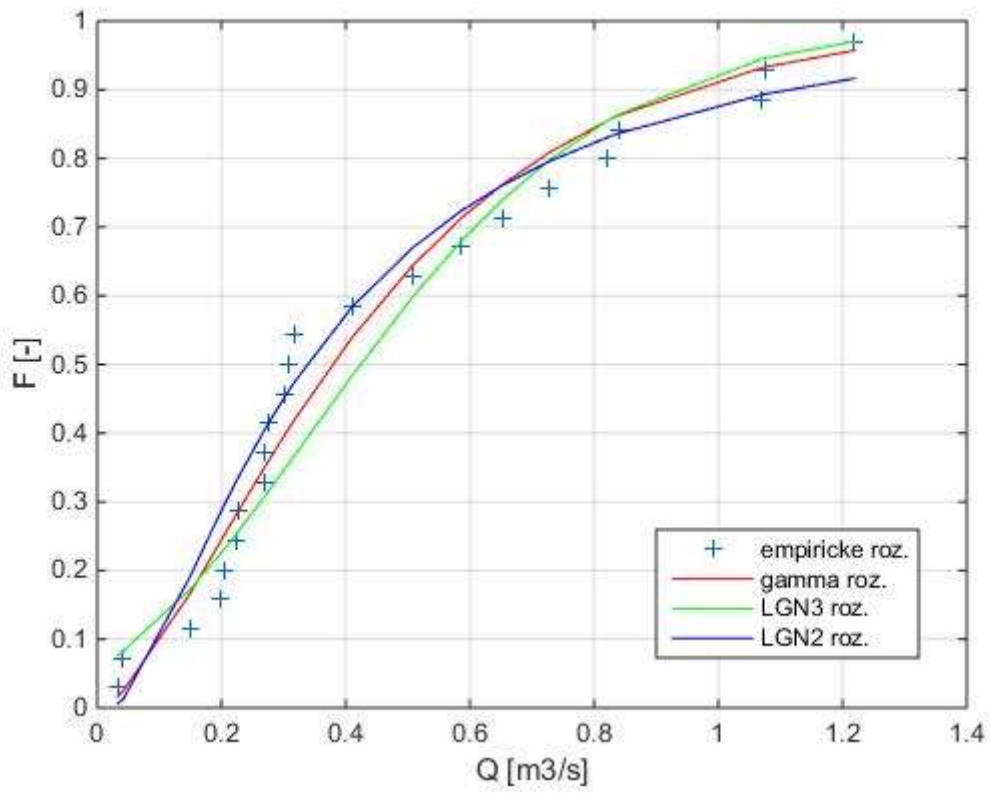
Schéma simulačního modelu navrhovaného stavu VS NOD



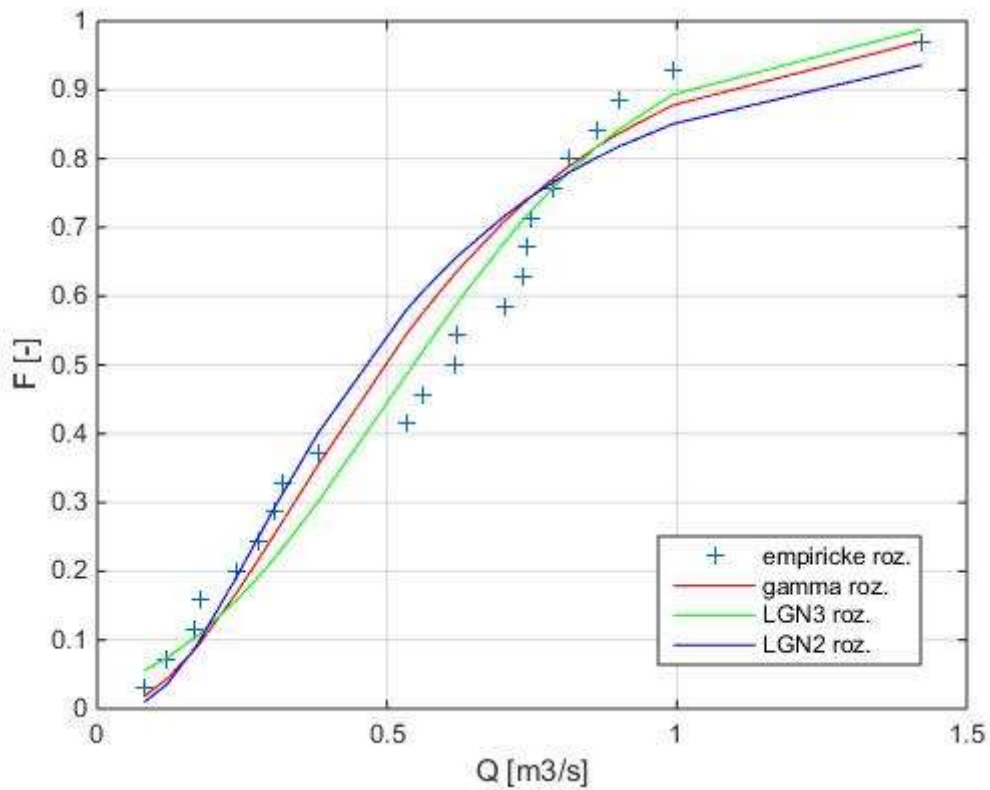
souřadnicový systém S-JTSK, výškový systém Bpv

OBOR	Vodní hospodářství a vodní stavby	ČVUT v Praze Fakulta stavební	
KATEDRA	K142 - Katedra hydrotechniky		
VYPRACOVAL	Bc. Sýs Vojtěch		
VEDOUČÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE	doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur		
NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE: VD ÚJEZD - OPTIMALIZACE VODOHOSPODÁŘSKÉHO PROVOZU		MĚŘÍTKO	
		DATUM	01/2019
NÁZEV VÝKRESU: SCHÉMA SIMULAČNÍHO MODELU NAVRHOVANÉHO STAVU VS NOD		Č. PŘÍLOHY	6

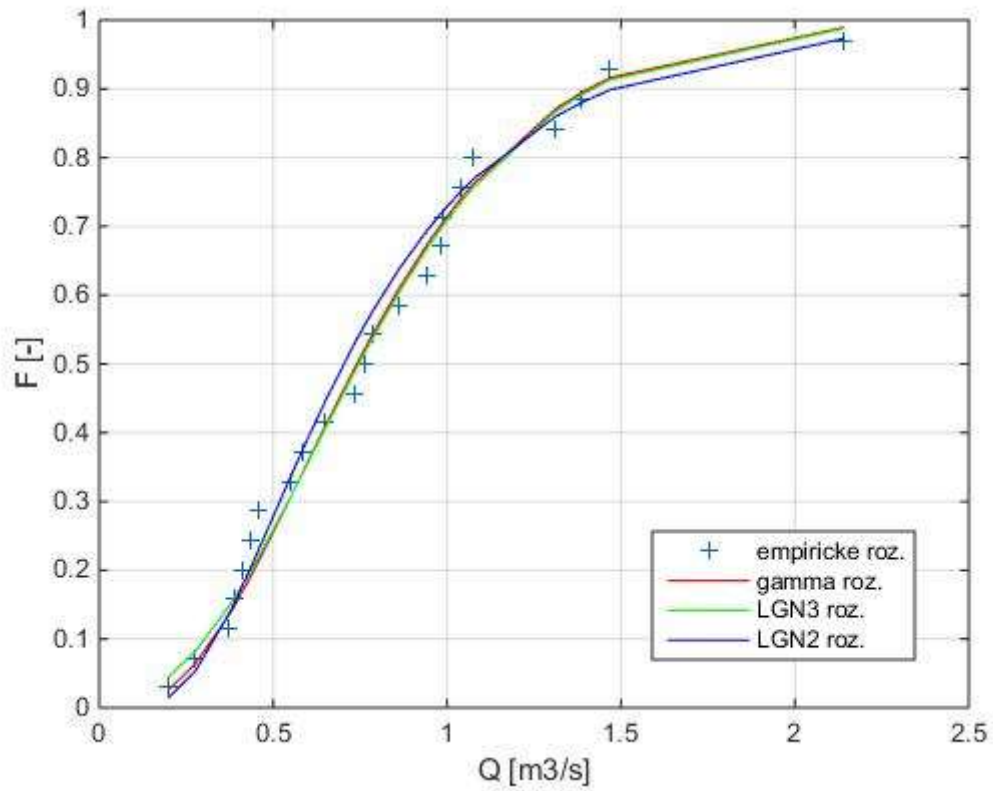
PŘÍLOHA č.7 – Vhodnost teoretického rozdělení pravděpodobnosti LEDEN



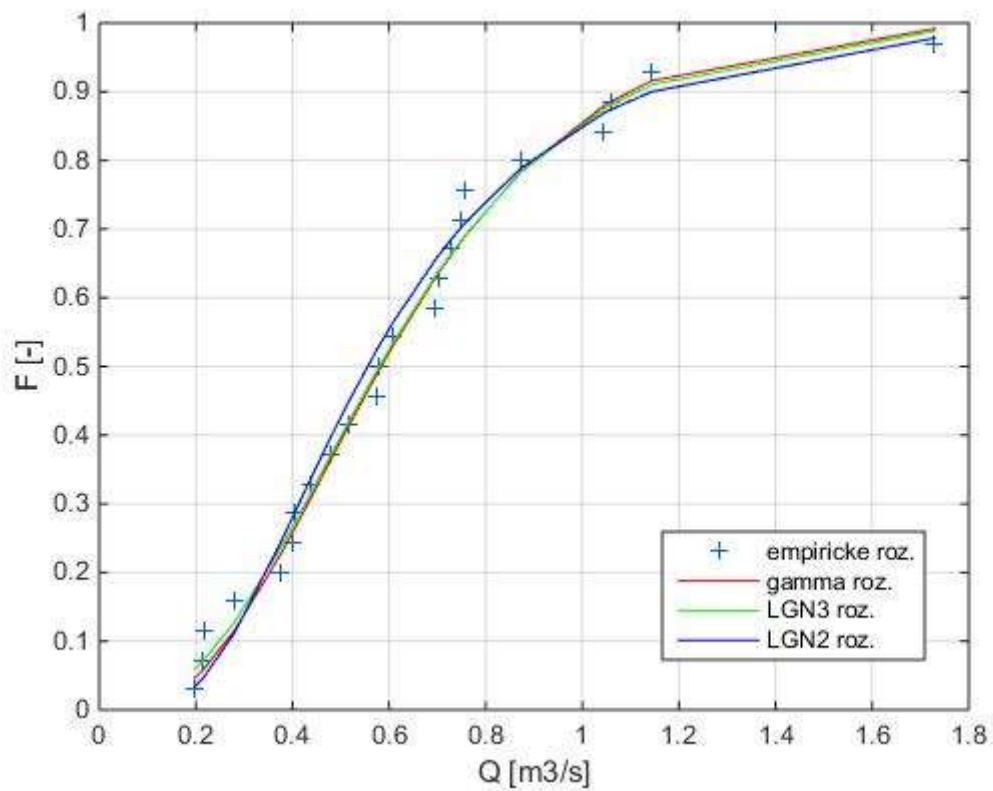
ÚNOR



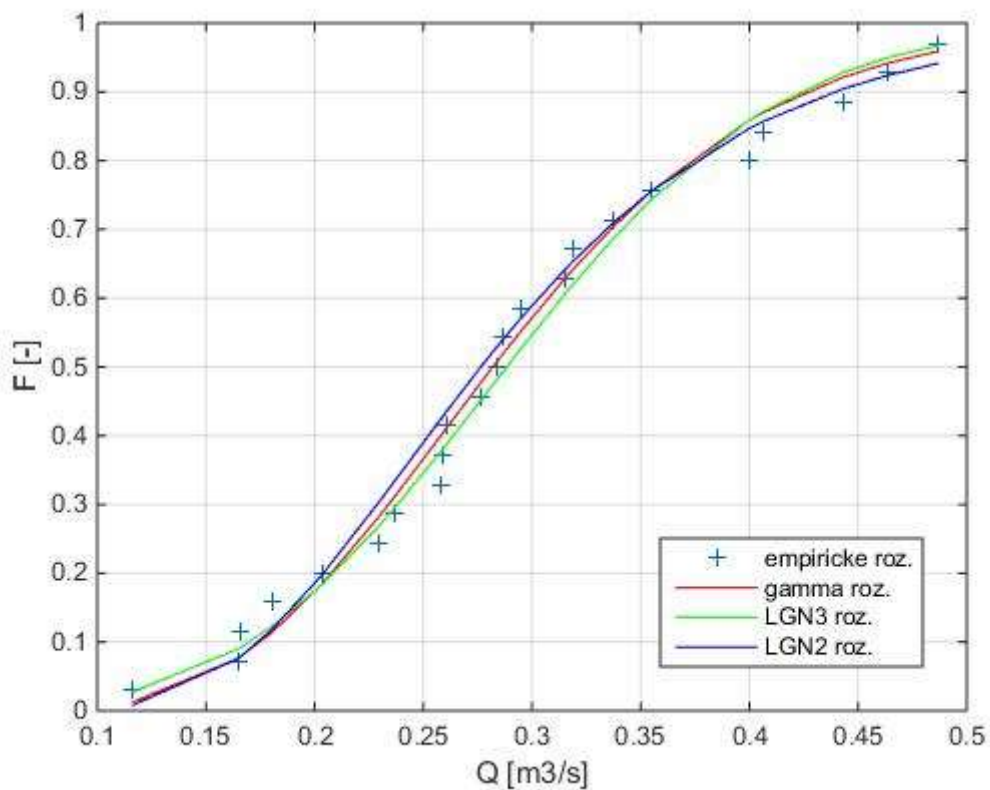
BŘEZEN



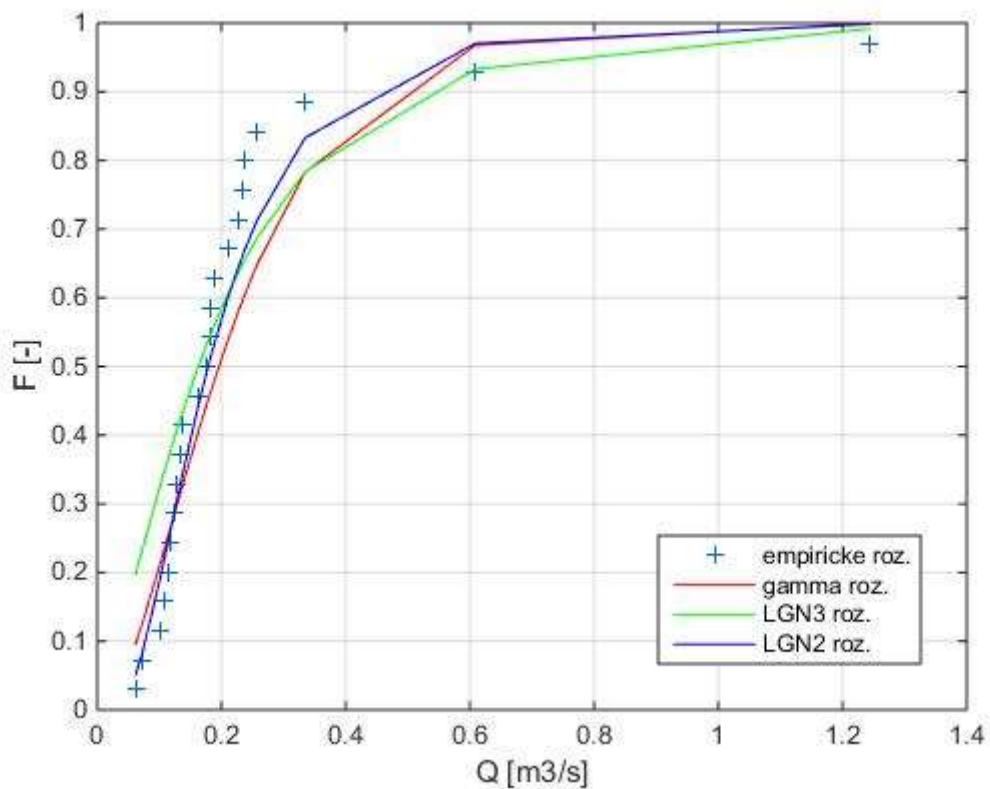
DUBEN



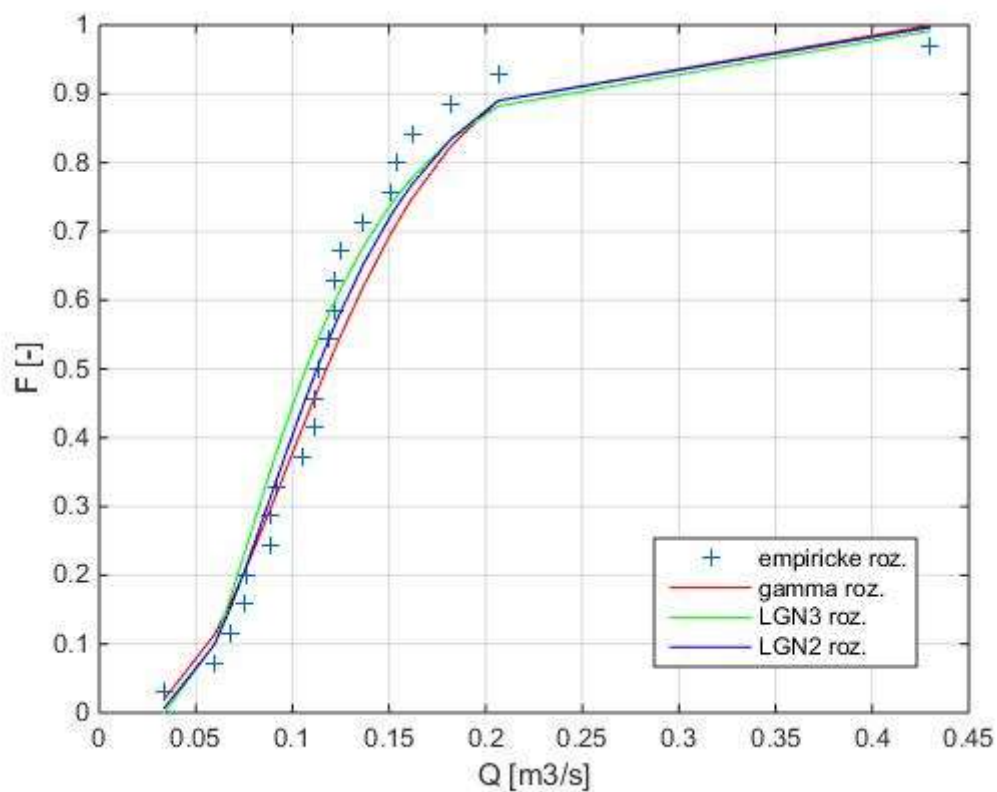
KVĚTEN



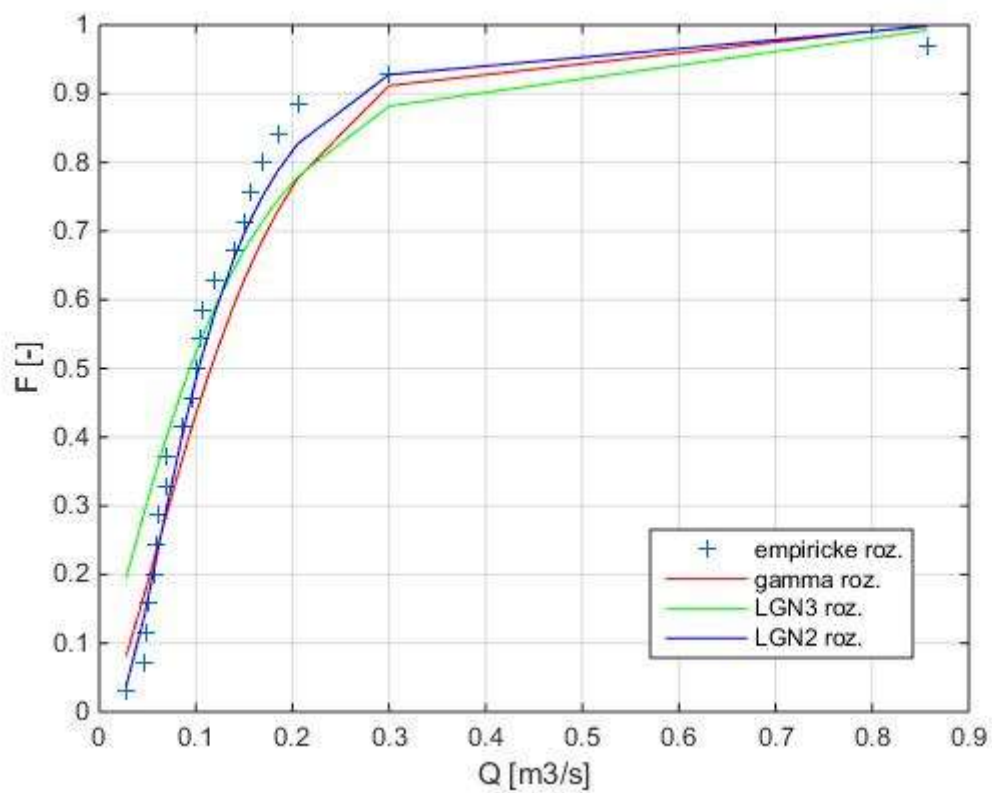
ČERVEN



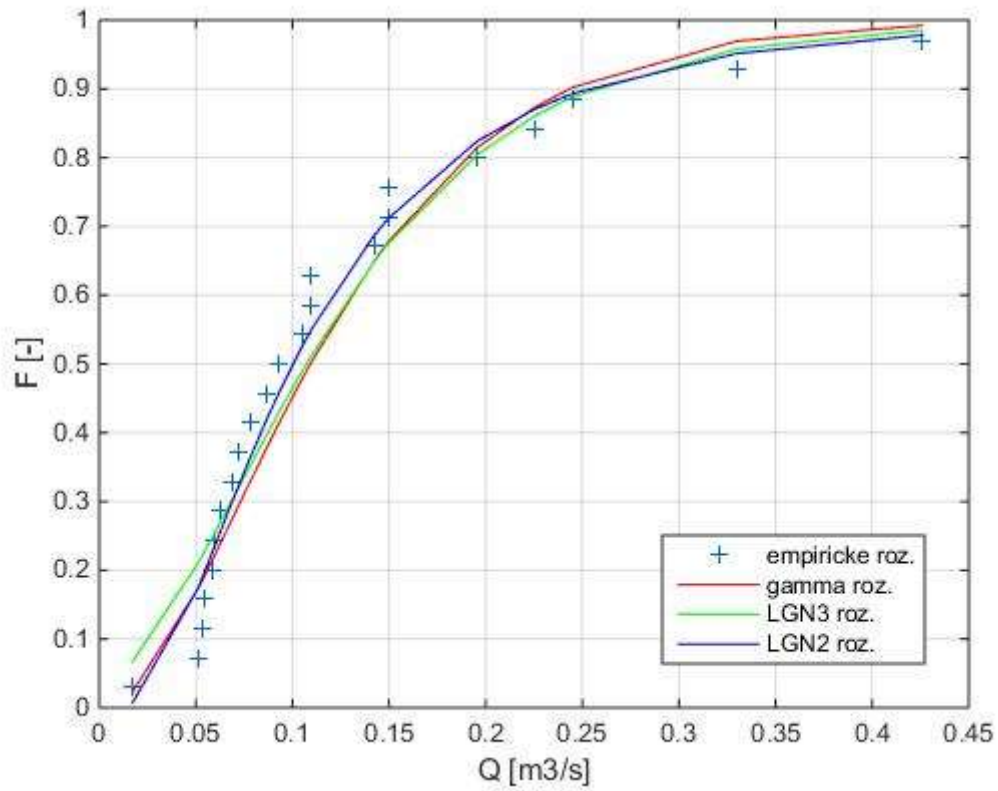
ČERVENEC



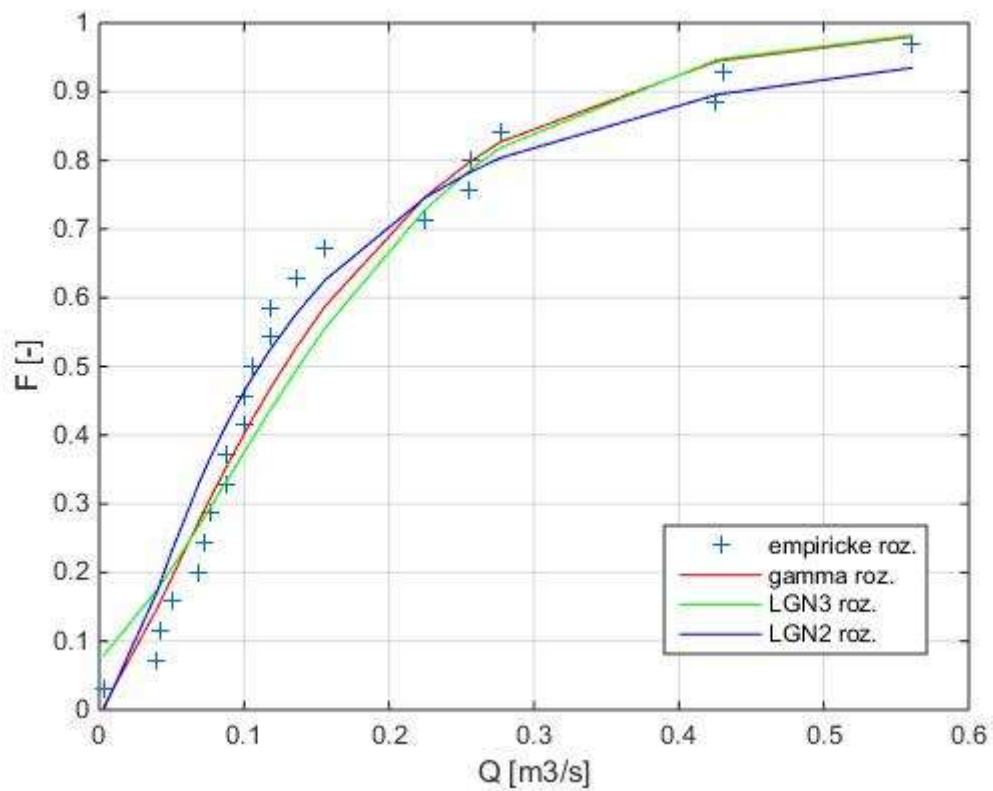
SRPEN



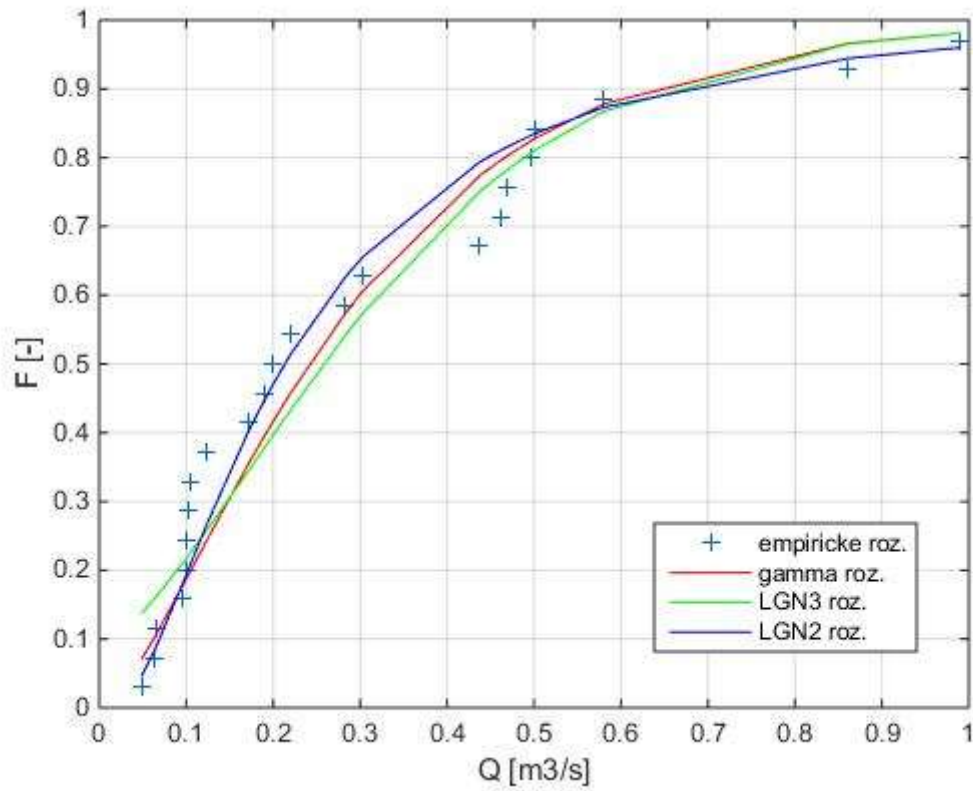
ZÁŘÍ



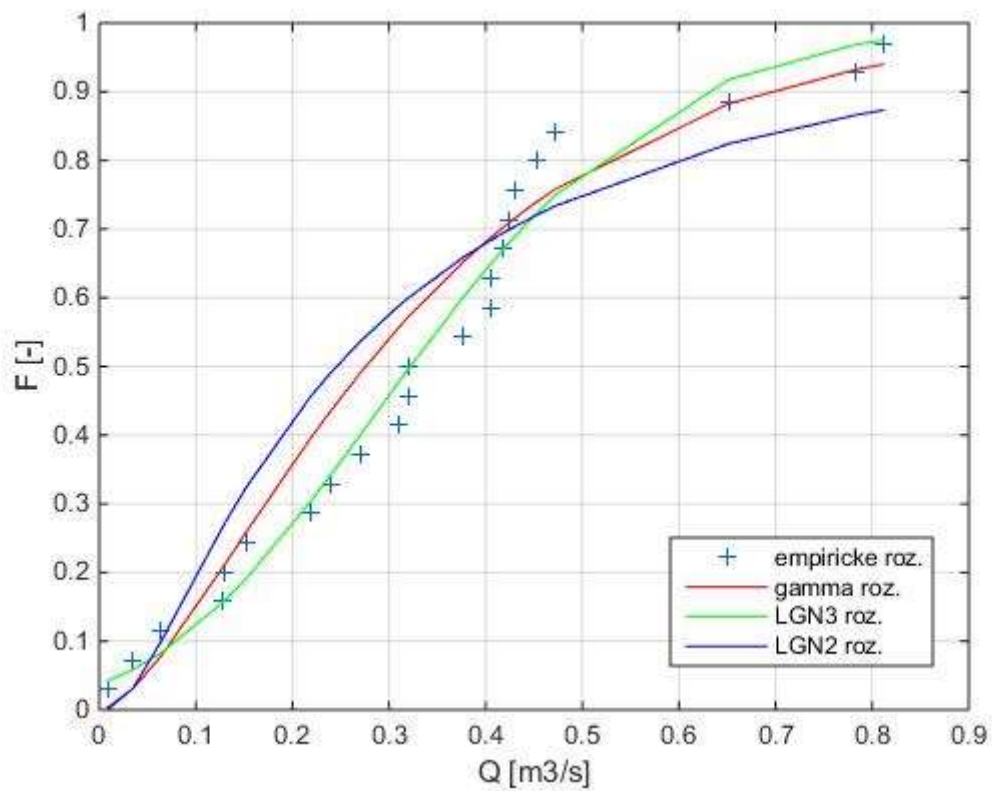
ŘÍJEN



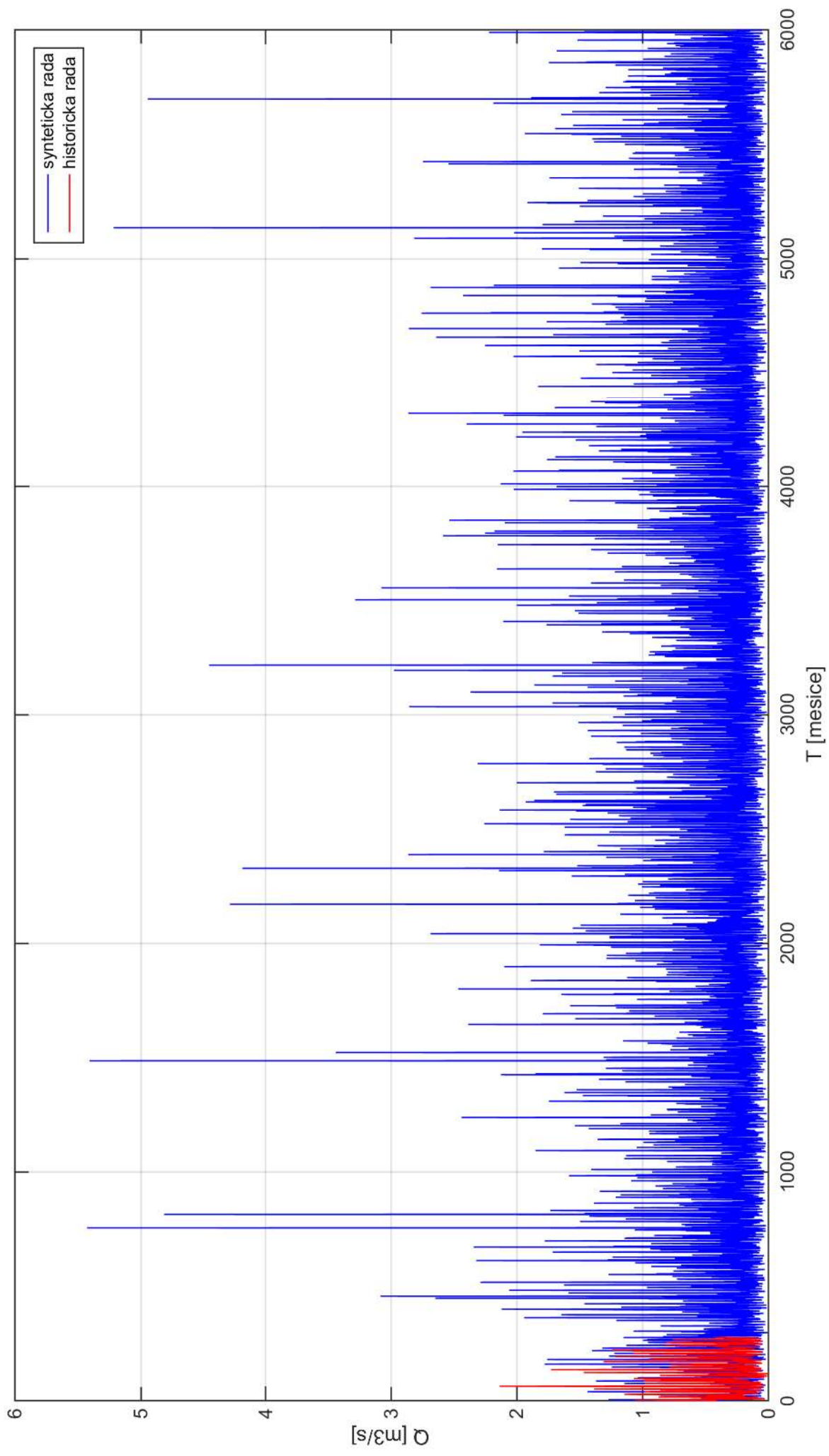
LISTOPAD



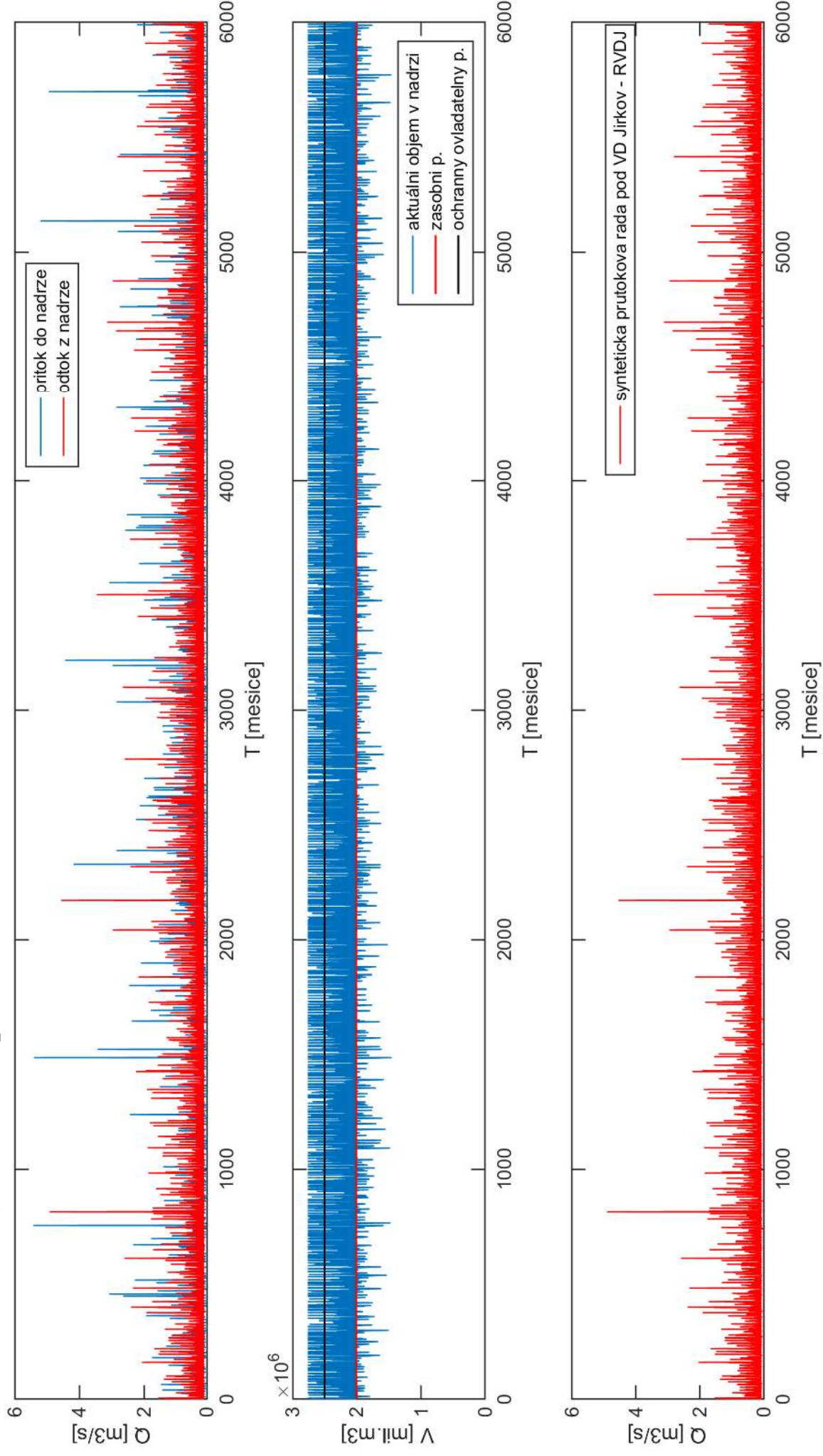
PROSINEC



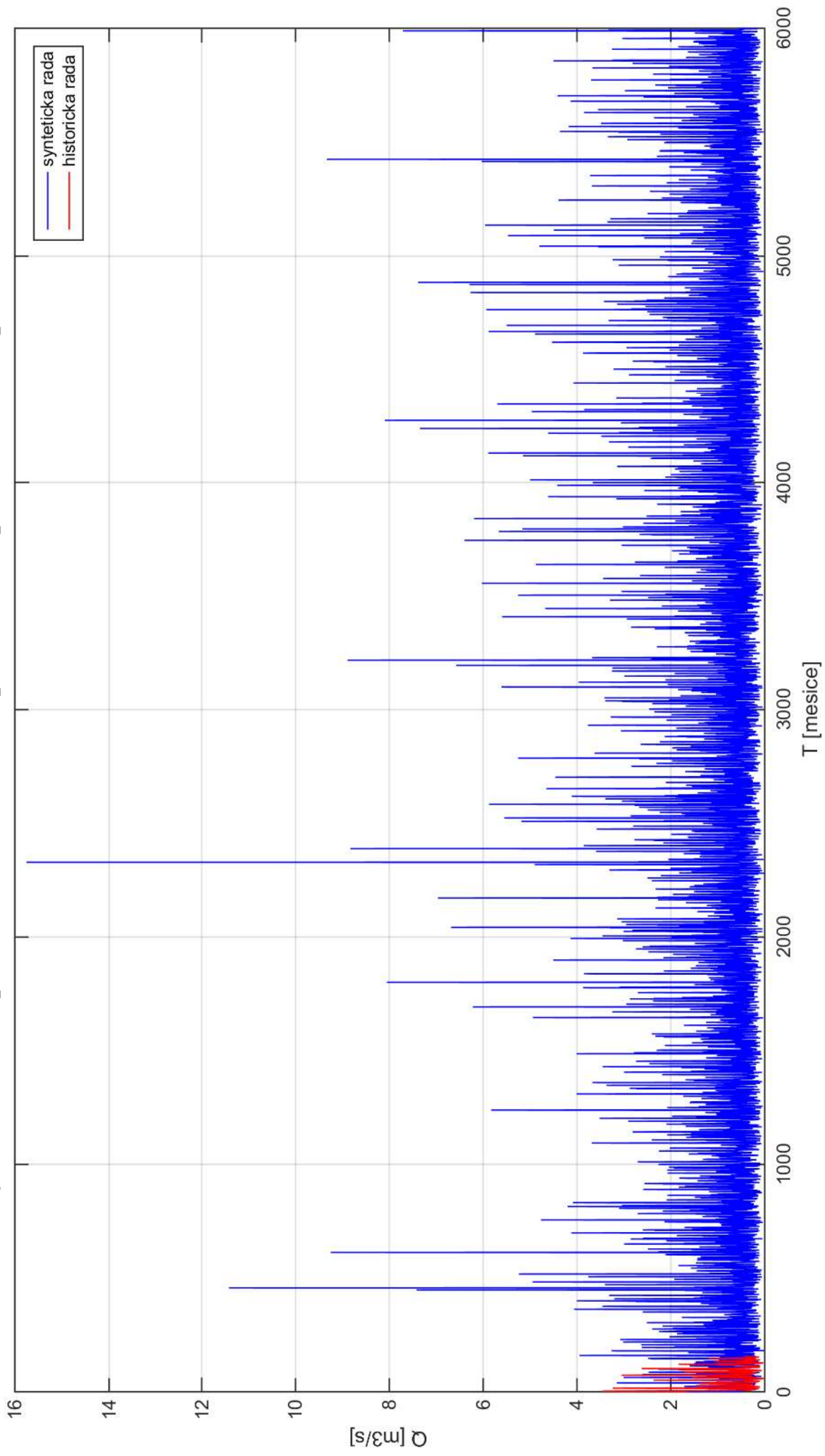
Příloha č.8 - Syntetická řada průměrných měsíčních průtoků v profilu VD Jirkov - přítok - SYNTm



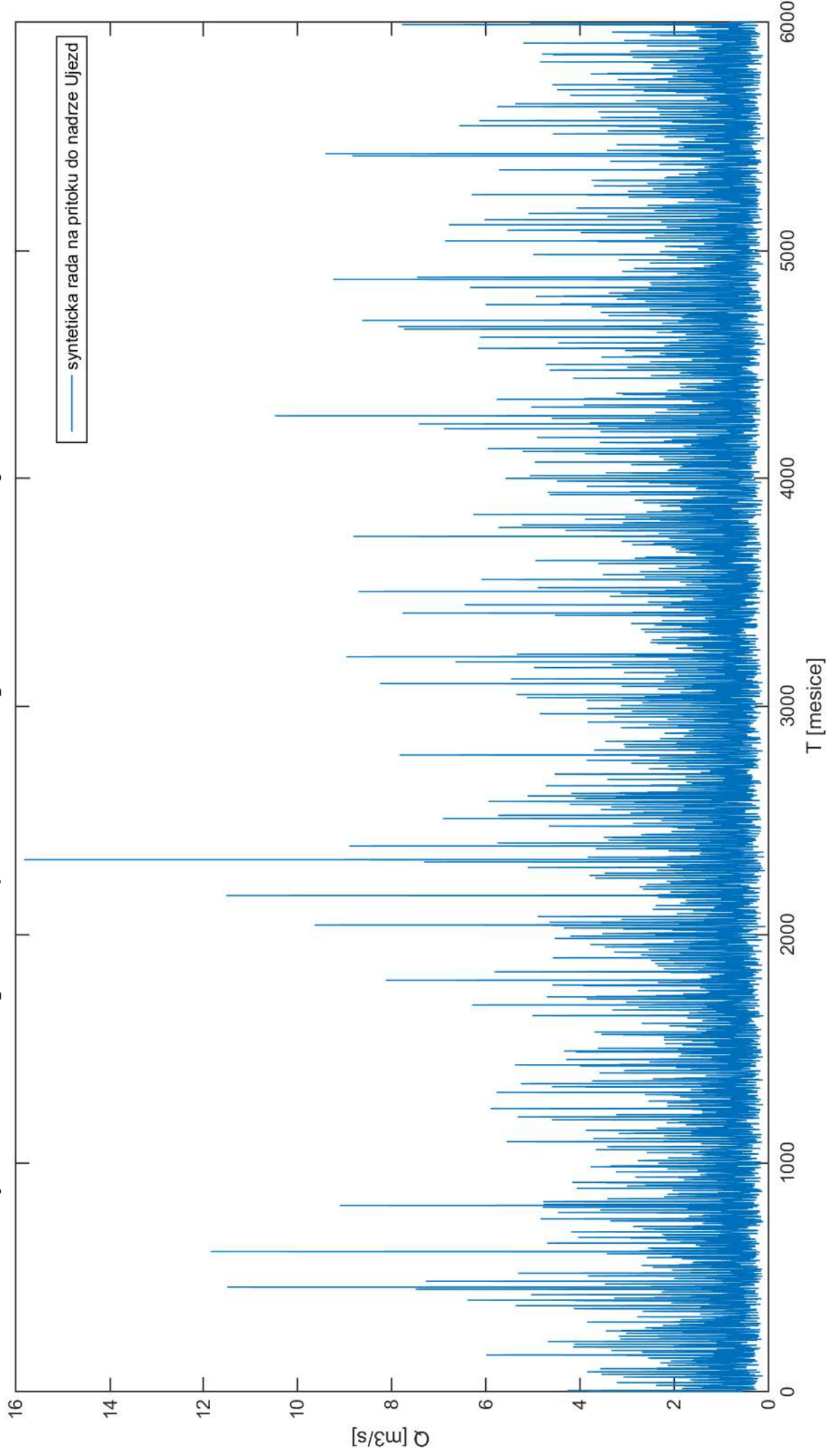
Příloha č.9 - Výsledek manipulace na VD Jirkov - RVDJ



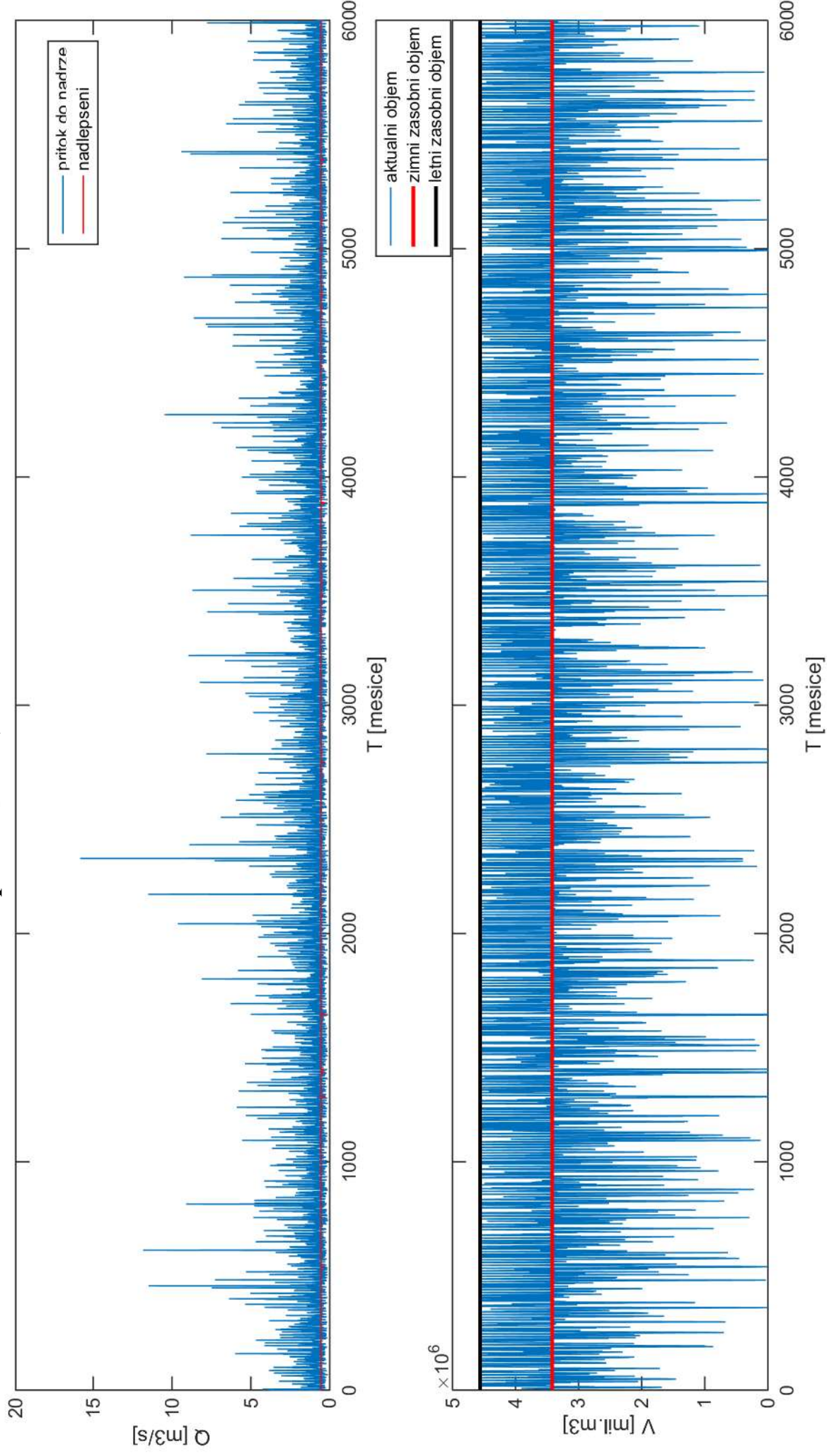
Příloha č.10 - Syntetická řada průměrných měsíčních přítoků z „mezipovodí“ - SATm



Příloha č.11 - Syntetická řada průměrných měsíčních přítoků do VD Újezd - QVDÚ



Příloha č.12 - Maximální možné nadlešení $Q_n = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}$ - Varianta IV



Příloha č.13 - Dispečerské grafy

