



České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební

Prověření strategického řízení Vltavské kaskády – parametry manipulačního řádu

Shrnutí výsledků

Objednatel: Povodí Vltavy, státní podnik
Holečkova 8, 150 24 Praha 5



Zhotovitel: České vysoké učení technické v Praze
Fakulta stavební
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Praha, prosinec 2014

Identifikační údaje:

Název akce: **Prověření strategického řízení Vltavské kaskády
– parametry manipulačního řádu**

Objednatel: **Povodí Vltavy, státní podnik**
Holečkova 8, 150 24 Praha 5

číslo smlouvy
objednatele: 607/2014-SML

Zhotovitel: **České vysoké učení technické v Praze, Fakulta stavební
Katedra hydrotechniky**
Thákurova 7, 166 29 Praha 6

číslo smlouvy
zhotovitele: 8301404A039

Zodpovědný řešitel: **doc. Dr. Ing. Pavel Fošumpaur**

Spolupracovnice: Ing. Petra Kopecká
Ing. Petra Nešvarová, Ph.D.

Poděkování zpracovatelů studie patří pracovníkům státního podniku Povodí Vltavy, zejména Ing. Tomáši Kendíkovi, Ing. Karlu Březinovi a Ing. Janě Práškové za praktické provozní připomínky, odborná doporučení a ochotu při poskytování podkladů.

Poděkování také patří Ing. Daniele Szappanosové a Ing. Markétě Bártové za pomoc při hodnocení rekreačního účelu na nádržích Orlík a Slapy a Ing. Markétě Komárkové za zajištění historických geodetických podkladů.

Obsah

1. Úvod	3
1.1 Předmět a cíle studie.....	3
1.2 Historický vývoj Vltavské kaskády	4
1.3 Současné účely Vltavské kaskády	5
2. Formulované varianty řešení	6
3. Kritéria hodnocení variant.....	11
3.1 Protipovodňová ochrana	11
3.2 Nadlepšování průtoků a odběry povrchové vody	12
3.3 Energetika.....	13
3.4 Plavba	15
3.5 Rekreace	16
4. Shrnutí výsledků	17
5. Syntéza výsledků	20
Použité podklady	24

1. Úvod

Studie byla zpracována na základě smlouvy o dílo mezi objednatelem (Povodí Vltavy, státní podnik) a zhotovitelem (ČVUT v Praze, Fakulta stavební) č. sml. objednatele 607/2014-SML ze dne 22.5.2014. Cílem studie je prověření strategického řízení Vltavské kaskády za účelem vyhodnocení parametrů manipulačního řádu.

Povodňové události z let 2002 a 2013 otevřely v České republice širokou diskuzi o roli vodních nádrží při zvládnání extrémních hydrologických situací. V této souvislosti je třeba odlišovat operativní řízení nádrží, které sleduje optimalizaci manipulací v rámci vodopravně projednaných manipulačních řádů a zpravidla s využitím prostředků předpovědních systémů a řízení strategické, které představuje změny v základních parametrech nádrží a funkčních objektů přehrad v souvislosti se změnami v prioritách jejich účelů. Studie si na základě zadání klade za cíl prověřit možnosti posílení retenčního účinku Vltavské kaskády s ohledem na zvýšení povodňové ochrany celého úseku dolní Vltavy včetně hlavního města Prahy.

1.1 Předmět a cíle studie

Předmětem této studie je dle zadání:

- a) Vodohospodářské řešení zásobní funkce (přešetření zabezpečení minimálního zůstatkového průtoku) – provede se očištění reálných datových řad, jejich validace, dále statistická a autokorelační analýza, bude vytvořen model syntetických řad v soustavě profilů a následně vodohospodářské řešení v reálných a syntetických řadách včetně simulace výroby elektrické energie, ověří se režimová funkce nádrže ve variantách (tedy stávající stav a několik variant zmenšení zásobního prostoru; půjde o variantní vodohospodářské řešení zabezpečení zásobní funkce nádrže).
- b) Prověření velikosti minimálního odtoku z Vltavské kaskády s ohledem na potřeby dolního toku Vltavy a toku Labe pod soutokem s Vltavou, tedy na povolené odběry a vypouštění.
- c) Zhodnocení vlivu snížení hladin zásobního prostoru vodních děl Orlík a Slapy na vhodné plavební podmínky na Vltavské vodní cestě v úseku České Budějovice až VD Slapy – bude sestaven 1D model pod VD Kamýk a VD Kořensko, dále variantní simulace průběhu hladin a následně vyhodnocení četnosti hladin a podkročení plavebních hloubek. Zhodnocení vlivu na rekreační účel VD Orlík a VD Slapy.
- d) Vodohospodářské řešení retenční funkce (transformace povodňových vln) – varianty zmenšeného zásobního prostoru, tedy zvětšeného retenčního z bodu a) se konfrontují s teoretickými povodňovými vlnami Q_{50} a Q_{100} (na Sázavě a Berounce Q_5 , Q_{10} , Q_{50} a Q_{100}), dále Q_{2002} a Q_{2013} a vyhodnotí se efekt zvýšení retence na snížení povodňových vln.
- e) Syntéza všech výstupů – porovnání efektu transformace povodní a dopadu snížené zabezpečení minimálního zůstatkového průtoku na režim toků pod Vltavskou kaskádou; prověření, na kolik by byla nadále naplňována všechna platná povolení k nakládání s vodami.

Zpracovávání studie bylo realizováno na základě harmonogramu smlouvy o dílo po jednotlivých etapách průběžně od května do prosince 2014. Tato závěrečná zpráva obsahuje

základní výsledky jednotlivých etap řešení a jejich závěrečnou syntézu, která bude sloužit jako podklad pro hledání optimální varianty na základě vícekritériálního hodnocení.

Základním cílem studie je prověření možností posílení retenční funkce Vltavské kaskády pomocí variantního řešení strategického řízení. Studie má za úkol současně ověřit dopady jednotlivých řešených variant na ostatní účely Vltavské kaskády. Studie je na základě zadání zpracována na základě platnosti následujících základních předpokladů:

1. Jednotlivé varianty přerozdělení nádržních prostorů byly formulovány s ohledem na zachování stávající maximální hladiny vodních děl a pokud možno bez nutnosti realizovat rozsáhlé vyvolané investice.
2. Požadavky a nároky na vodní zdroje jsou uvažovány dle stávajících povolení k nakládání.
3. Vodohospodářské řešení je zpracováno pro současné hydrologické podmínky, které současně reprezentují podmínky nejbližší budoucnosti. Vliv klimatické změny na vodní zdroje v Povodí Vltavy řešila studie VÚV T.G.M., v.v.i. (2008).

Studie v této fázi tedy neformulovala varianty, které by kladly zvýšené nároky na realizaci rozsáhlých vyvolaných investic jako je zvyšování maximálních hladin v rozsahu vzdutí jednotlivých nádrží, realizace průvodních protipovodňových opatření v chráněném území s cílem zvýšení neškodného odtoku z Vltavské kaskády, realizaci nového zdymadla na konci vzdutí VD Orlická a podobně.

Zpravidla vždy po výskytu extrémního hydrologického jevu, ať už jde o povodeň nebo o hydrologické sucho, jsme svědky volání společnosti po změně parametrů strategického řízení VH soustav. Tato reakce je přirozená, a je zpravidla nejintenzivnější bezprostředně po odeznění extrémního jevu. Věcně je však třeba mít na paměti, že neuvážená změna v nastavení základních parametrů VH soustavy může situaci spíše destabilizovat a porušit rovnováhu v zabezpečení jednotlivých účelů (služeb). Posílení jednoho účelu zpravidla vede ke snížení spolehlivosti ostatních. Z uvedeného důvodu je třeba doporučit maximálně zodpovědný přístup, který vychází z komplexního vodohospodářského řešení, které kvantifikuje spolehlivost všech požadovaných účelů VH soustavy na podkladě aktuálních hydrologických podkladů a soudobých metodických postupů.

1.2 Historický vývoj Vltavské kaskády

Historický vývoj účelů a technického řešení vodních děl Vltavské kaskády uvádí Broža (2005). První pohnutky pro vybudování stupňů na Vltavě pocházejí z období po vydání prvního vodocestního zákona v roce 1901 a cílem je zejména splavnění mezi Českými Budějovicemi a Mělníkem. Hydroenergetické využití jednotlivých stupňů je v této době spíše podružným účelem. Ve stejné době v roce 1911 zpracoval Ing. Radouš projekt upravující střední Vltavu vysokými přehradami, který se stal základem koncepce výstavby po první světové válce. Základem měly být dvě vysoké přehrady u Slap a u Orlická. Tato myšlenka nebyla v tehdejší době ještě brána vážně. Další návrh úprav Vltavy pochází z roku 1922 a zpracovali ho inženýři

Hromas a Štěpánek. Ti navrhovali vybudovat mezi Prahou a Českými Budějovicemi 10 stupňů, z nichž nejvyšší by byla hráz vysoká 70 m v poloze asi 1 km nad nynějším štěchovickým zdymadlem. Potřeby společnosti postupně měnily základní účel navrhované Vltavské kaskády ve prospěch energetického využití a vedly se dlouhé spory o zachování jejího plavebního účelu. Z tohoto důvodu byla většina vodních děl Vltavské kaskády vybavena současně plavebními zařízeními. Na konci druhé světové války odborníci docházejí k závěru, že je nutné na Vltavě vybudovat co největší vodní díla, která by akumulovala vodu zejména pro hydroenergetiku. Všechna vodní díla té doby jsou však již budována jako víceúčelová, takže akumulovaná voda současně slouží pro další hospodářské využití a ke zlepšení vodohospodářských poměrů na Vltavě a dolním Labi.

Neuskutečněné nádrže Vltavské kaskády Český Krumlov I a II, Dívčí kámen a Rájov nebyly zřejmě po roce 1960 vybudovány, protože neuspokojovaly vysoké nároky na elektrizační soustavu. Pozornost se v 60. letech zaměřila na budování tepelných elektráren o velkém výkonu. Role vodních elektráren na Vltavské kaskádě v současnosti spočívá zejména v regulaci energetického systému prostřednictvím špičkových vodních elektráren. Tato jejich úloha je nezastupitelná a je třeba usilovat o co nejvyšší spolehlivost jejich provozu.

1.3 Současné účely Vltavské kaskády

Vltavská kaskáda je nejvýznamnější VH soustavou v povodí Vltavy. Její role během povodňových událostí 2002 a 2013 byla zásadní, kdy realizované manipulace vedly k částečnému snížení kulminačního průtoku a zejména poskytly čas pro přípravu protipovodňových opatření v Praze, na dolní trati Vltavy a na Labi (Fošumpaur, Kopecká, 2013). Současné nastavení strategických parametrů nádrží a funkčních objektů přehrad Vltavské kaskády vychází z původního komplexního manipulačního řádu podloženého vodohospodářským řešením z roku 1964 (Nacházel). Výjimku tvoří doplnění nádrží Hněvkovice a Kořensko podložené VH řešením z roku 1989 (Nacházel). Vltavská kaskáda, dle současného komplexního manipulačního řádu (VD TBD, a.s., 2009), obsahuje rozdělení nádržních prostorů jednotlivých nádrží dle tab. 1.1 a zajišťuje následující účely:

1. zajištění minimálního průtoku ve Vltavě v profilu Vrané $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ve spolupráci při hospodaření s vodou s vodními díly Lipno I., Slapy a Orlík a v součinnosti s ostatními vodními díly Vltavské kaskády,
2. využití odtoku z nádrží k výrobě elektrické energie ve vodních elektrárnách, které jsou součástí vodních děl,
3. snížení velkých vod na Vltavě a částečnou ochranu území pod přehradou před účinky povodní (se zvláštním zřetelem na ochranu Prahy),
4. dodávku povrchové vody pro odběratele,
5. nadlepšování průtoků ve Vltavě a příp. v Labi pro zlepšení plavebních podmínek,
6. vypouštění zvýšených průtoků ke zlepšení hygienických podmínek a kvality vody ve Vltavě (zejména v oblasti Prahy) a k likvidaci následků čistotařských havárií,

7. ovlivňování zimního průtokového režimu pod přehradou a omezení nežádoucích ledových jevů,
8. rekreace a vodní sporty,
9. plavba v nádrži,
10. extenzivní rybí hospodářství.

Tab. 1.1 Rozdělení nádržních prostorů nádrží Vltavské kaskády.

	Vs	Vz	Vr	Vcelk
	Stálé nadržení	Zásobní prostor	Ochranný prostor	Celkový objem
[mil. m ³]				
Lipno I	23,354	252,991	33,156	309,501
Lipno II	0,222	1,442*)	0	1,664
Hněvkovice	8,940	12,155	0	21,095
Kořensko	1,070	1,730*)	0	2,800
Orlík	280,000	374,428	62,072	716,500
Kamýk	8,324	4,652*)	0	12,976
Slapy	68,800	200,500	0	269,300
Štěchovice	7,100	3,344*)	0	10,444
Vrané	8,578	2,523*)	0	11,101
CELKEM	406,388	853,765	95,228	1355,381

Legenda: *) jedná se pouze o vyrovnávací prostor pro energetické účely.

2. Formulované varianty řešení

Na horní Vltavě má z hlediska povodňové ochrany území rozhodující význam nádrž Lipno I s plochou povodí cca 948 km², která dle tab. 1.1 disponuje retenčním objemem o velikosti 33,156 mil. m³. Retenční účinek této nádrže je významný pro záplavová území přibližně po profil České Budějovice. Retenční účinek nádrže Lipno I pro území dolní Vltavy je již prakticky nevýznamný a proto sledované varianty uvažují až s úpravami na nádržích od VD Orlík níže. Plocha povodí po hráz VD Orlík je 12 106 km² a po hráz VD Slapy činí plocha povodí 12 957 km² (plocha mezipovodí mezi profily VD Orlík a VD Slapy je tedy 851 km² a činí tedy pouze cca 6,6 % celkové plochy povodí po profil VD Slapy). Pro zajímavost ještě uvedme plochu povodí Vltavy po limnigraf Praha – Chuchle, která činí 26 730 km². Na základě tab. 1.1 vyplývá, že nádrže Kamýk, Štěchovice a Vrané jsou vybaveny pouze malými zásobními objemy, které navíc slouží výhradně pro vyrovnávání zvýšeného odtoku ze špičkových vodních elektráren a jejich zachování je klíčové s ohledem na regulační funkci špičkových vodních elektráren na Vltavské kaskádě. Formulace souboru posuzovaných variant se tedy

soustředila na změny v rozdělení nádržních prostorů na nádržích Orlík a Slapy dle následujících variant:

Varianta 0 – varianta současného stavu:

Na nádržích Orlík a Slapy jsou formulovány nádržní prostory dle platných manipulačních řádů.

Varianta 1:

- na nádrži Orlík je zvýšen retenční objem o 30 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- nádrž Slapy je provozována dle současného stavu.

Varianta 2:

- na nádrži Orlík je zvýšen retenční objem o 30 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- na nádrži Slapy je zvýšen retenční objem o 30 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- celkem je retenční objem zvýšen o 60 mil. m³.

Varianta 3:

- na nádrži Orlík je zvýšen retenční objem o 100 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- nádrž Slapy je provozována dle současného stavu.

Varianta 4:

- na nádrži Orlík je zvýšen retenční objem o 100 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- na nádrži Slapy je zvýšen retenční objem o 30 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- celkem je retenční objem zvýšen o 130 mil. m³.

Varianta 5:

Varianta byla formulována tak, aby došlo k transformaci povodně z roku 2013 na neškodný průtok. Přitom je uvažováno řízení nádrže s využitím spolehlivé předpovědi, která umožní začít s prázdněním nádrže s 24-hodinovým předstihem.

- na nádrži Orlík je zvýšen retenční objem o 208 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- nádrž Slapy je provozována dle současného stavu.

Varianta 6:

Varianta byla formulována tak, aby došlo k transformaci povodně z roku 2013 na neškodný průtok. Zvyšování odtoku se realizuje bez předvypouštění za využití hydrologické předpovědi, tedy pouze na podkladě aktuální průtokové situace

- na nádrži Orlík je zvýšen retenční objem o 309 mil. m³ na úkor zásobního objemu.
- nádrž Slapy je provozována dle současného stavu.

Varianta 7

Jedná se o variantu prázdné nádrže Orlík. Nádrž je provozována pouze s velmi malým prostorem stálého nadržení s ohledem na kapacitu spodních výpustí. Hladina je udržována na kótě stálého nadržení 293,00 m n. m. a objem stálého nadržení tak činí 18,5 mil. m³.

- na nádrži Orlík je zvýšen retenční objem o 636 mil. m³ na úkor objemu stálého nadržení a zásobního objemu.
- nádrž Slapy je provozována dle současného stavu.

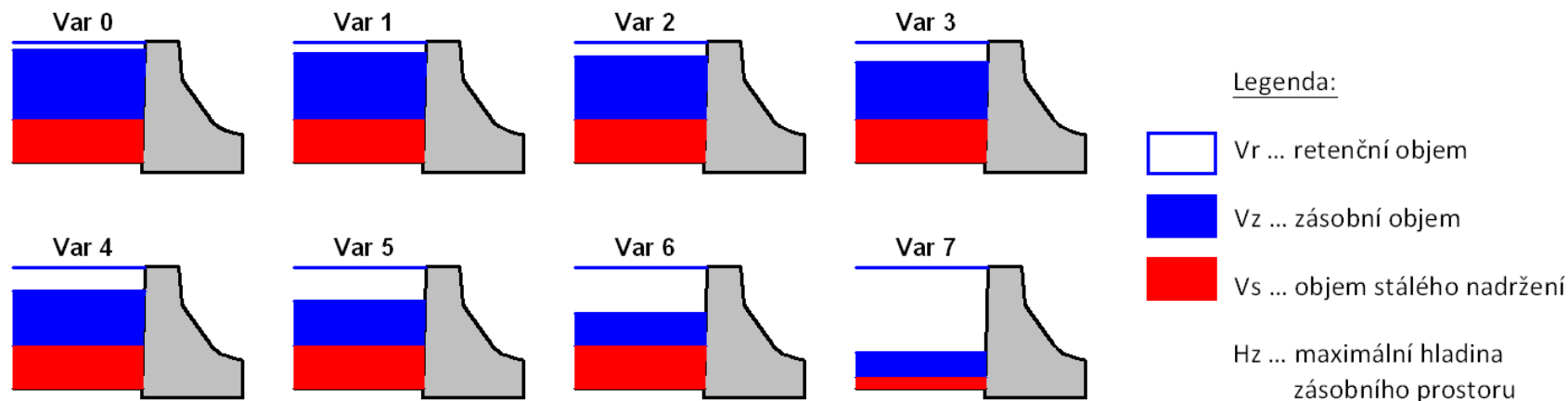
Podrobný popis jednotlivých variant řešení je uveden v tab. 2.1. V obr. 2.1 jsou schematicky znázorněny proporce mezi základními nádržními prostory nádrží Orlík a Slapy (uvažováno souhrnně) pro jednotlivé varianty.

Většinu úprav v rozdělení nádržních prostorů lze předpokládat na nádrži Orlík. Obr. 2.2 znázorňuje polohy hladin zásobního prostoru pro jednotlivé varianty v podélném řezu přehrady. Doplněno je také schéma proporcí mezi jednotlivými nádržními prostory v koláčovém grafu.

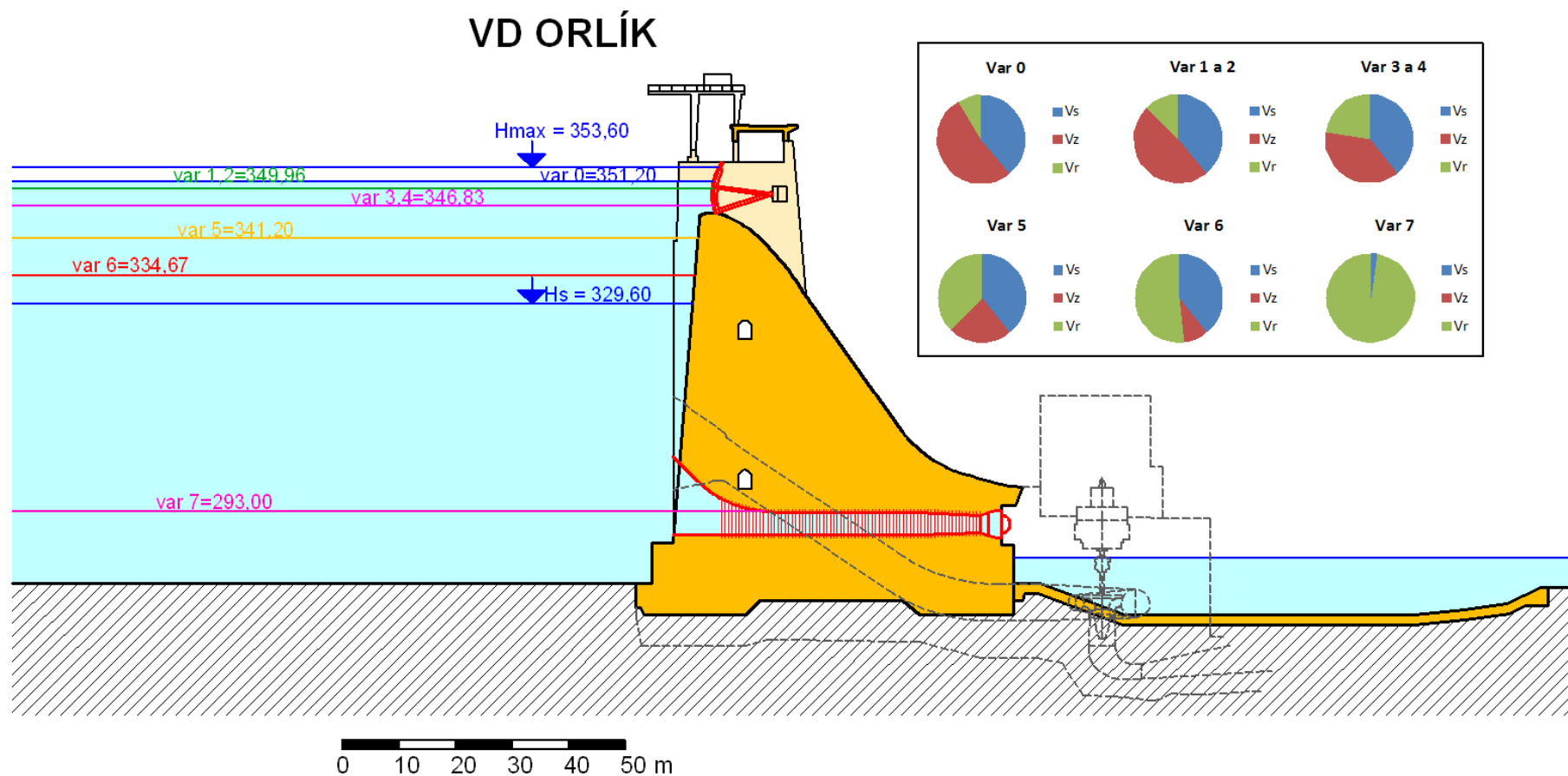
Tab. 2.1 Posuzované varianty přerozdělení nádržních prostorů na nádržích Orlík a Slapy.

varianta	Orlík				Slapy				celkem		
	Hz	Vz	Vr	navýšení Vr	Hz	Vz	Vr	navýšení Vr	Vz	Vr	navýšení Vr
	[m n. m.]	[mil. m3]	[mil. m3]	[mil. m3]	[m n. m.]	[mil. m3]	[mil. m3]	[mil. m3]	[mil. m3]	[mil. m3]	[mil. m3]
0	351.20	374	62	0	270.60	201	0	0	575	62	0
1	349.96	344	92	30	270.60	201	0	0	545	92	30
2	349.96	344	92	30	267.93	171	30	30	515	122	60
3	346.83	274	162	100	270.60	201	0	0	475	162	100
4	346.83	274	162	100	267.93	171	30	30	445	192	130
5	341.20	166	270	208	270.60	201	0	0	367	270	208
6	334.67	65	372	309	270.60	201	0	0	266	372	309
7	293.00	0	698	636	270.60	201	0	0	201	698	636

Rozdělení nádržních prostorů: Orlík + Slapy



Obr. 2.1 Znázornění proporcí mezi základními nádržními prostory pro jednotlivé varianty řešení (celkem pro Orlík + Slapy).



Obr. 2.2 Znáznornění kóty zásobního prostoru pro jednotlivé varianty na nádrži Orlický. Vpravo je znázorněn podíl jednotlivých nádržních prostorů v rámci posuzovaných variant (Vs ... objem stálého nadržení, Vz ... zásobní objem, Vr ... retenční objem).

3. Kritéria hodnocení variant

Formulované varianty realokace nádržních prostorů na nádržích Orlík a Slapy byly posuzovány dle následujících základních kritérií:

1. Protipovodňová ochrana.
2. Zásobní funkce – nadlepšování minimálních průtoků pod Vltavskou kaskádou a zajištění odběrů povrchové vody.
3. Energetika – využití vodní energie ve špičkových vodních elektrárnách Orlík a Slapy.
4. Plavba na vltavské vodní cestě.
5. Rekreace.

3.1 Protipovodňová ochrana

Za účelem vyhodnocení retenční funkce Vltavské kaskády s ohledem na úsek dolní Vltavy byl sestaven matematický simulační model, který obsahuje nádrže Orlík a Slapy s možností variantně upravovat kóty plného zásobního prostoru. Vzhledem ke skutečnosti, že retenční potenciál nádrží v horním povodí Vltavy včetně nádrže Lipno I je s ohledem na trať dolní Vltavy velmi omezený, je vstup do systému tvořen přítokem do nádrže Orlík. Systém současně obsahuje neovladatelné přítoky Sázavy a Berounky. Základní úlohou VH řešení retenční funkce je vyhodnotit míru ochrany tratě podél dolní Vltavy pro stávající situaci a pro všechny uvažované varianty snížení kóty zásobního prostoru na nádržích Orlík a Slapy.

Při posuzování míry ochrany před povodněmi je vedle velikosti retenčního prostoru také klíčová hodnota neškodného průtoku. Zde je třeba uvést, že původní řešení Dr. Bratránka (1956) vycházelo z hodnoty neškodného průtoku $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, který byl vztažen k centru Prahy (Malá Strana). Dle jeho výpočtů došlo vlivem realizace Vltavské kaskády ke zvýšení míry ochrany před povodněmi z původní hodnoty Q_5 na hodnotu asi Q_{20} . Tento závěr potvrzuje také VH řešení Vltavské kaskády zpracované prof. Nacházelem z roku 1964 (Ředitelství vodohospodářského rozvoje v Praze). Toto řešení vycházelo z rozboru historických povodní za období 1888 až 1960, kdy z celkového počtu 9 největších povodní bylo celkem 6 transformováno na neškodný průtok $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ v Praze a pouze 3 se nedaly ovládnout. Další ucelený rozbor dané problematiky zpracoval Ing. Kašpárek (1990, VÚV), který dochází k závěru, že zmenšení povodňových průtoků na Vltavě v Praze po roce 1955 není způsobeno jen vlivem kaskády. Větším dílem jde o projev přirozeného kolísání hydrologických procesů. Současně upozorňuje na možnost vzniku povodní generovaných dominantně z přítoků Berounky podobně jako při povodni v roce 1872, kdy Vltavská kaskáda nemůže průtoky v Praze ovlivnit vůbec. Při této povodni byl dosažen také dosud nejvyšší pozorovaný průtok Berounky v Berouně ($2500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Vltava v Praze kulminovala při průtoku $3300 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Plocha povodí Vltavy po hráz VD Orlík je $12\,106 \text{ km}^2$, plocha povodí Berounky k ústí do Vltavy je $8\,861 \text{ km}^2$ a plocha povodí Sázavy k ústí do Vltavy je $4\,349 \text{ km}^2$ (souhrnná plocha povodí přítoků Berounky a Sázavy je tedy $13\,210 \text{ km}^2$).

Naše VH řešení retenční funkce vychází ze současně platné hodnoty neškodného průtoku v Praze na úrovni $1500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (tedy méně než Q_5) a zohledňuje tak potřeby ochrany všech ohrožených území podél dolní Vltavy (nejenom hlavního města). Řešení dále zohledňuje postupný režim navyšování odtoku z kaskády po krocích 450 a $800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, který umožňuje realizaci řady přípravných opatření v Praze a podél dolní Vltavy. Spolehlivost retenční funkce je následně vyhodnocována pro soubor teoretických povodňových vln získaných od ČHMÚ a jejich kombinací na Vltavě, Sázavě a Berounce a pro nedávné povodně z let 2002 a 2013. Vodohospodářské řešení retenční funkce předpokládá následující provozní režim prázdnění Vltavské kaskády daný potřebou časových odstupů při zvyšování celkového odtoku z důvodu umožnění realizace řady přípravných opatření na dolním úseku Vltavy:

A/ při dosažení celkového průtoku v Praze-Chuchli $450 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je tento průtok manipulacemi na kaskádě udržován po dobu 12 hodin. Následně je po dobu dalších 12 hodin průtok v Chuchli udržován na hodnotě $800 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Teprve potom je v Praze – Chuchli průtok udržován na hodnotě neškodného průtoku o velikosti $1500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, dokud nedojde k naplnění retenčního prostoru na nádržích Orlík a případně Slapy.

B/ Manipulace dle bodu A/ jsou aplikovány s 24 hodinovým předstihem. Předpokladem je existence dostatečně spolehlivé hydrologické předpovědi.

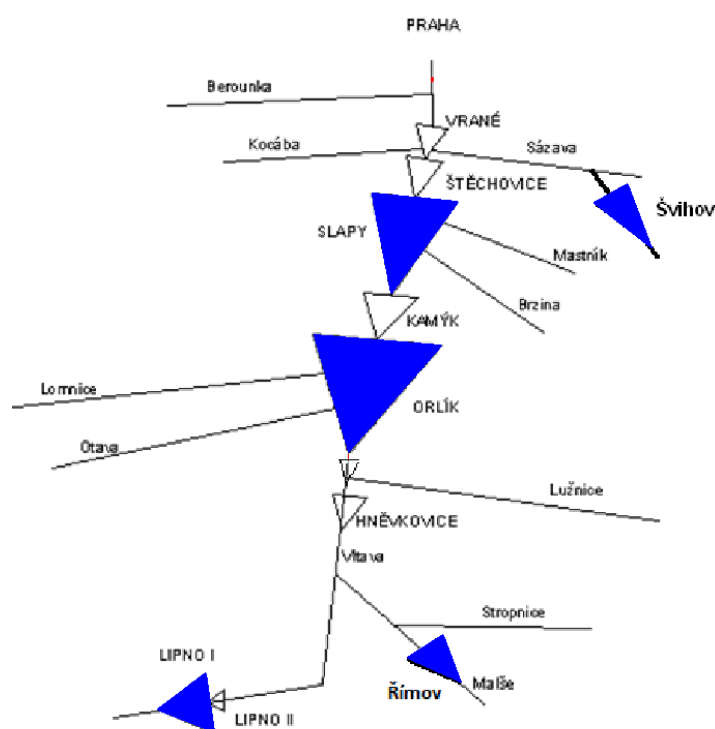
3.2 Nadlepšování průtoků a odběry povrchové vody

Cílem VH řešení zásobní funkce Vltavské kaskády je posouzení dopadů jednotlivých variant snížení zásobního prostoru na spolehlivost zajištění minimálního odtoku z Vltavské kaskády a odběrů povrchové vody dle stávajících povolení k nakládání. Řešení zde kopíruje základní filozofii studie, kdy jednotlivé účely nádrže jsou prověřovány pro stávající stav vybudované VH infrastruktury, požadavky a nároky na vodu a hydrologické podmínky. Z uvedeného důvodu jsou pro řešení využita hydrologická data za období 1980 až 2013, která v souladu se současným přístupem ČHMÚ dobře reprezentují hydrologický režim vodních toků v současné době i v nejbližší budoucnosti. Na podkladě těchto průtokových řad byly vytvořeny 1000-leté modelované řady, ve kterých byla analyzována zásobní funkce soustavy v souladu s doporučením normy ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží.

Důležitým strategickým parametrem z hlediska zajištění zásobní funkce Vltavské kaskády je kromě velikosti zásobních objemů jednotlivých nádrží také hodnota minimálního potřebného průtoku pod VD Vrané. Tato hodnota je po celou dobu provozu Vltavské kaskády provozována na úrovni $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Na základě analýzy jakosti vody v dílčím povodí Dolní Vltavy lze konstatovat, že minimální potřebný průtok pod VD Vrané v současnosti vychází ze stejných požadavků jako v dobách návrhu Vltavské kaskády. Jedná se zejména o zajištění odběrů povrchové vody (zejména pro pitné účely), dostatečného dotování povrchových vod za účelem zlepšení jakosti ve významném vodním toku Vltava a zajištění minimálního zůstatkového průtoku pro účely obecného nakládání s povrchovými vodami, ke kterým není nutné povolení. Hodnota odtoku pod VD Vrané ve výši $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ je v současnosti

nepodkročitelná, zejména z kvalitativních důvodů v souvislosti s plněním požadavků nař. vl. 61/2003 Sb. Z pohledu zvýšení protipovodňové ochrany se logicky jeví výhodnější její snížení. Naopak s ohledem na kvalitativní ukazatele by bylo možné uvažovat o mírném navýšení této hodnoty. Pro posouzení míry citlivosti tohoto parametru na spolehlivost zásobní funkce byla hodnota minimálního odtoku z Vltavské kaskády variantě ověřována také pro úroveň 28 a 50 m³.s⁻¹.

Pro potřeby vyhodnocení zásobní funkce Vltavské kaskády byl sestaven bilanční model, který obsahuje všechny nádrže v povodí Vltavy s významným potenciálem ovlivnit hydrologické poměry na dolní trati Vltavy. Model se skládá z několika subsystémů, pro které byly



odvozeny neovlivněné popř. ovlivněné přítoky a zohledněny odběry a nadlepšování pod hráz, popř. do kompenzačních profilů dle platných povolení k nakládání. Úkolem VD Římov je dominantně zajištění odběrů vody pro úpravnu vody Plav a nadlepšených průtoků pod hrází a v profilu Roudné. Nádrž Lipno I zajišťuje zejména kompenzační dávky pro jadernou elektrárnu Temelín, kdy nádrž Hněvkovice v tomto schématu plní roli nárazové nádrže. Dále je uvažován odběr pro loučovickou papírnu a zajištění definovaných minimálních průtoků pod hrází nádrže Lipno I, Lipno II, Hněvkovice

a Kořensko. Nádrž Švihov na Želivce byla do systému zařazena, neboť významným způsobem ovlivňuje hydrologii Sázavy v důsledku hospodaření s vodou pro potřeby vodárenského odběru pro Prahu. Nádrž současně zajišťuje minimální průtok pod hrází a v profilu Kácov. Subsystém Orlík – Slapy je koncipován v souladu s režimem plnění a prázdnění obou nádrží dle manipulačního řádu, kdy se nejprve prázdní nádrž Orlík a teprve poté Slapy, což je opodstatněné výrazně výhodnějším využitím vodní energie a požadavky rekreace na slapské nádrži. Analýza zásobní funkce Vltavské kaskády pro současné rozdělení nádržních prostorů Orlík a Slapy vedla k identifikaci určitých rezerv, které jsou v rámci dalších výpočetních variant dále ověřovány z hlediska ostatních účelů Vltavské kaskády.

3.3 Energetika

Cílem hydroenergetického řešení Vltavské kaskády je posouzení vlivu jednotlivých variant přerozdělení nádržních prostorů na nádržích Orlík a Slapy na průměrné roční výroby a pohotové výkony špičkových vodních elektráren. Pro posouzení byl využit sestavený

simulační model zásobní funkce Vltavské kaskády. Model pracuje v měsíčním kroku a umožňuje tak vyhodnocení průměrných měsíčních výrob elektrické energie na podkladě průtočného množství využitelného vodními elektrárnami a průměrného spádu. Analýza se zaměřila na provoz špičkových vodních elektrárnách Lipno I, Orlík a Slapy, které mají tyto základní parametry:

vodní elektrárna	počet turbín	hltnost jedné turbíny	celková hltnost	instalovaný výkon
	[-]	[m ³ .s ⁻¹]	[m ³ .s ⁻¹]	[MW]
Lipno I	2	46	92	2 x 60 = 120
Orlík	4	150	600	4 x 91 = 364
Slapy	3	108	324	3 x 48 = 144

Protože simulační model pracuje v měsíčním kroku, slouží odvozené hodnoty ukazatelů energetického využití špičkových elektráren zejména pro porovnání rámcových proporcí mezi jednotlivými variantami. Model však neumožňuje detailně postihnout reálné provozní podmínky hydroenergetického systému na Vltavské kaskádě. Hodnocení se zaměřilo na tyto ukazatele:

1. Průměrná roční výroba elektrické energie

Bilance ročních výrob energie je odvozena z měsíčních hodnot získaných na podkladě průběhů průměrných měsíčních průtoků a polohy hladin v rámci simulovaných 1000-letých průtokových řad. Na podkladě těchto údajů je odvozeno, jaká část z celkového převáděného průtoku vodním dílem je využitelná ve vodní elektrárně a je určena hodnota průměrného měsíčního spádu v daném výpočetním kroku (měsíci). Následně je odvozen průměrný výkon dle výkonových charakteristik a hodnota měsíční výroby. Po simulaci celé průtokové řady jsou odvozeny hodnoty průměrné roční výroby za simulované období a její čára překročení.

2. Maximální pohotové výkony

Maximální pohotové výkony jsou hodnoceny opět po jednotlivých měsících průtokové řady jako maximální okamžité hodnoty výkonů po otevření všech turbín dané vodní elektrárny na maximální hltnost. Velikost maximálních pohotových výkonů je tedy závislá na maximální hltnosti všech turbín vodní elektrárny a průměrném měsíčním spádu. Hodnota maximálního pohotového výkonu představuje okamžitou disponibilní hodnotu, ale neobsahuje informaci o době jeho udržitelnosti, která ve skutečnosti závisí na momentálním volném prostoru v níže ležící vyrovnávací nádrži.

3. Pohotové výkony po dobu 4 hodin

Tento ukazatel energetického využití jednotlivých špičkových vodních elektráren již umožňuje posoudit využitelný výkon, který bude zajištěn po určitou dobu. Na základě konzultací s provozovatelem špičkových vodních elektráren (ČEZ, a.s.) byla zvolena doba 4 hodin. Výkon byl hodnocen pro dvě základní modelové situace:

- a) zásobní prostor vyrovnávací nádrže pod špičkovou elektrárnou je zcela prázdný,
- b) zásobní prostor vyrovnávací nádrže je prázdný pouze z jedné poloviny.

3.4 Plavba

Posouzení vlivu snížení hladin zásobního prostoru vodních děl Orlík a Slapy na vhodné plavební podmínky na vltavské vodní cestě se zabývá vyhodnocením spolehlivosti plavby v celém úseku od Českých Budějovic až po VD Slapy. Hodnocena je tedy možnost zajištění plavebních podmínek, aby bylo možné daný úsek celý proplout. Uvedené hodnocení předpokládá realizaci plavebního stupně Hněvkovice – jez a uvedení celé vltavské vodní cesty do provozu. Zajištění plavby je podmínkou pro efektivní využívání nové plavební infrastruktury realizované pro splavnění horní Vltavy v rámci investiční akce „Dokončení Vltavské vodní cesty České Budějovice – Týn nad Vltavou“ a připravovaných lodních zdvihadel Orlík a Slapy.

Zákon 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě uvádí úsek Vltavy od ř. km 239,6 (České Budějovice) po ř. km 91,5 (Třebeň) jako dopravně významnou využívanou vodní cestu jen pro plavidla o nosnosti do 300 tun. Rozměry vodních cest dopravně významných, včetně jejich zařazení do tříd, a plavebně provozní podmínky umístění mostů a jiných zařízení, která je křížují nad nejvyšší plavební hladinou nebo pod dnem těchto cest, stanovuje vyhláška Ministerstva dopravy č. 222/1995 Sb. o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech, společné havárii a dopravně nebezpečných věcí. Na základě vyhlášky č. 222/1995 Sb. je úsek vodního toku Vltavy od Českých Budějovic do Třebeníc (tedy také vodní nádrže Orlík a Slapy) vodní cestou I. třídy. Pro I. třídu vodní cesty je nejmenší plavební hloubka, rovna 2,7 m. Skládá se z přípustného ponoru plavidla (2,2 m) a bezpečnostní vzdálenost plavidla nade dnem vodní cesty, tzv. marže (0,5 m).

V rámci první etapy splavnění horní Vltavy v úseku České Budějovice – hráz VD Kořensko je však uvažována plavební hloubka hodnotou 1,6 m a plavební hloubka 2,7 m je uvažována „výhledově“. S hodnotou minimální plavební hloubky 1,6 m počítal také např. projekt „Modernizace rejd PK Kořensko“ také pod VD Kořensko (tedy na konci vzduť VD Orlík). Výhledově se zde ovšem také uvažuje minimální plavební hloubka 2,7 m v souladu s Vyhláškou 222/1995 Sb.

V analýze je jako minimální plavební hloubka pod VD Kořensko uvažována současná hodnota 1,6 m (1,3 m ponor + 0,3 m marže), což je rovněž v souladu se Sdělením státní plavební správy č. 20/2014 ze dne 21.3.2014 o plavebních parametrech vodních cest sledovaných dopravně významných I. třídy a některých vodních cest sledovaných účelových. V souladu se sdělením č. 20/2014 je v rámci nádrže Slapy uvažována minimální plavební hloubka na úrovni 2,0 m (1,7 m ponor + 0,3 m marže).

Vyhodnocení plavebních podmínek na vltavské vodní cestě bylo provedeno ověřením zajištění minimální plavební hloubky v kritických bodech, které se nacházejí na konci vzduť

nádrže Orlická a Slapy. Analýza byla zpracována se zahrnutím hydrodynamického vzduší v závislosti na převáděných průtocích.

3.5 Rekreační

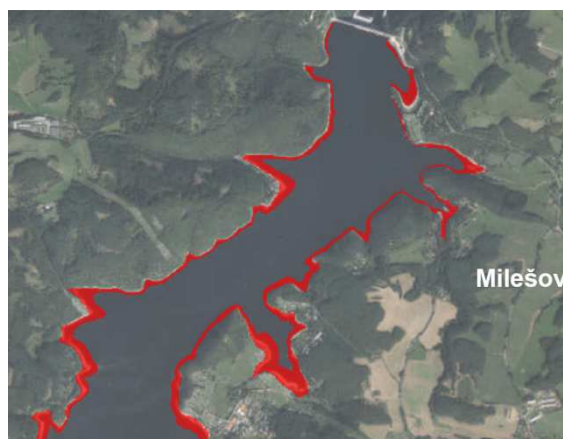
Rekreační využití nádrží Orlická a Slapy je velmi intenzivní. Jedná se o tradiční rekreační oblasti s poměrně hustou turistickou a rekreační infrastrukturou a vybavením pro rekreační a sportovní plavbu. Tato okolnost je podmíněna poměrně vyrovnanými hladinovými poměry, které jsou stabilní zejména na nádrži Slapy, což vychází z manipulačních pravidel pro hospodaření s vodou v zásobních prostorech daných platným manipulačním řádem.

Současný rekreační potenciál na nádržích Orlická a Slapy byl v rámci této studie hodnocen počtem stávajících přístavních a kotevních stání na březích a v zátokách nádrží. Pro jejich kvantifikaci byly použity územně technické podklady využití vodní plochy a břehových pozemků (Hydroprojekt CZ, a.s., 2010). Pro každou posuzovanou variantu byly následně odvozeny oblasti v zátopě nádrží, kde nebude zajištěna minimální plavební hloubka s 90% spolehlivostí. Poměrně vysoká hodnota zabezpečení hladiny vody v nádrži je důležitá pro udržení provozu přístavišť. S využitím přehledu plavební infrastruktury a odvozených rastrových map s nedostatečnou plavební hloubkou byl zpracován rámcový odhad omezení provozu přístavišť v nádržích Orlická a Slapy pro jednotlivé řešené varianty snížení hladiny zásobního prostoru. Při variantě 0 (současný stav) je uvažována plná kapacita přístavních stání a pro ostatní varianty byl proveden odborný odhad jejich redukce na základě podrobné analýzy snímků nádrže a rastru oblastí s nedostatečnou plavební hloubkou. Následující obrázek uvádí příklad map nedostatečných plavebních hloubek (znázorněné červeně) pro nádrž Orlická v oblasti hráze.

VD Orlická - varianty 1 a 2



VD Orlická – varianta 5



4. Shrnutí výsledků

Vodohospodářské řešení ochranné funkce:

1. Současná míra ochrany Prahy a území dolní Vltavy je na úrovni cca Q_{10} . Tato hodnota je nižší než se předpokládalo na základě výpočtů z doby návrhu Vltavské kaskády, neboť hodnota neškodného průtoku v Praze Chuchli je nyní $1500 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, zatímco v době návrhu činila $2000 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
2. Výsledkem vodohospodářského řešení retenční funkce Vltavské kaskády je odhad míry ochrany území před povodněmi podél dolní Vltavy včetně hlavního města Prahy pro jednotlivé formulované varianty rozdělení nádržních prostorů v nádržích VD Orlík a VD Slapy.
3. Míra ochrany zájmového území se pro varianty s rostoucí velikostí celkového retenčního objemu postupně zvětšuje na úroveň Q_{50} až Q_{100} . Varianta 5 byla formulována tak, aby byla neškodně převedena povodeň z roku 2013 za předpokladu využití spolehlivé hydrologické předpovědi s 24-hodinovým předstihem. Varianta 6 je zvolena, aby došlo k neškodnému převedení povodně z roku 2013 bez hydrologické předpovědi pouze postupným navyšování odtoku dle aktuálního vývoje povodňové situace.
4. Jednotlivé varianty uvažují s různou velikostí celkového retenčního objemu na nádržích Orlík a Slapy a současně navrhují jeho rozdělení mezi obě nádrže. Přitom platí, že z pohledu povodňové ochrany území podél dolní Vltavy lze skladbu celkového retenčního objemu dané varianty na obou nádržích měnit za předpokladu, že jejich souhrnná hodnota zůstane stejná. Tato potřeba může být vyvolána lepším zohledněním ostatních účelů obou nádrží. Změna skladby celkového retenčního objemu přitom nemá vliv na míru ochrany před povodněmi dané varianty.
5. Varianta 7 ukázala, že ani zcela prázdný Orlík by nedokázal transformovat povodeň z roku 2002 na neškodný průtok v Praze Chuchli. Současně upozorňujeme na možnost vzniku povodní generovaných dominantně z přítoků Berounky a/nebo Sázavy, kdy Vltavská kaskáda nemůže průtoky v Praze ovlivnit vůbec a přitom dojde k překročení neškodného průtoku na dolní Vltavě. Příkladem je povodeň z roku 1872, kdy by rovněž nebylo možné zabránit povodňovým škodám ani při variantě prázdného Orlíku (varianta 7).

Vodohospodářské řešení zásobní funkce:

1. Za současné situace existuje v plnění zásobní funkce Vltavské kaskády určitá rezerva, jejíž velikost také vyplývá z dispečerského grafu současného manipulačního řádu. Dispečerský graf slouží jako pomůcka pro operativní řízení zásobní funkce souboru nádrží Orlík a Slapy a byl zkonstruován se zohledněním zajištění minimálního odtoku z Vltavské kaskády, odběrů povrchové vody v úseku Kořensko – Vrané a provozu špičkových vodních elektráren Orlík a Slapy. Nezohledňuje však ostatní účely nádrží, zejména plavbu ve vltavské vodní cestě a rekreaci.

2. Při současných nárocích na vodu a hydrologických poměrech je z jednostranného pohledu zásobní funkce možno bezkonfliktně zvýšit retenční objem až o 100 mil. m³ na úkor zásobního objemu v systému nádrží Orlík a Slapy.
3. Na základě zpracované analýzy minimálního odtoku z Vltavské kaskády vyplývá, že nelze z důvodu kvality vody v současnosti uvažovat o snížení jeho hodnoty pod VD Vrané ve výši 40 m³.s⁻¹.

Hydroenergetické řešení:

1. V rámci hodnocení vlivu jednotlivých variant přerozdělení nádržních objemů na nádržích Orlík a Slapy byl hodnocen také dopad na výrobu elektrické energie ve vodních elektrárnách Orlík a Slapy. Analýza prokázala, že dopad na celkový objem vyrobené energie není z celospolečenského hlediska významný. Za zásadní je však třeba považovat roli špičkových vodních elektráren Vltavské kaskády z pohledu regulace energetického systému. Zde je úloha špičkových vodních elektráren Orlík a Slapy nezastupitelná a je třeba usilovat o co nejvyšší spolehlivost jejich provozu.
2. Zpracovaná analýza proto hodnotí nejenom dopady na celkový vyrobený objem elektrické energie, ale také kvantifikuje vliv na pohotové výkony špičkových vodních elektráren na Vltavské kaskádě. Úhrnný pokles výroby energie na vodních elektrárnách Orlík a Slapy činí pro variantu 1 cca 1% a postupně se zvyšuje, kdy pro variantu 6 činí cca 15%. V případě pohotových výkonů souboru elektráren Orlík a Slapy dochází k podobné tendenci: u varianty 1 je pokles pohotového výkonu cca 1% a pro variantu 6 činí cca 9%. V případě varianty 7 (prázdná nádrž Orlík) je pokles výroby v souboru nádrží Orlík a Slapy o cca 56% a snížení pohotového výkonu o cca 70%.

Plavební podmínky na Vltavské vodní cestě:

1. Posouzení vlivu snížení hladin zásobního prostoru vodních děl Orlík a Slapy na vhodné plavební podmínky na vltavské vodní cestě hodnotí zejména kritické úseky na konci vzduť nádrže Orlík při plavbě do zdrže Kořensko a na konci vzduť nádrže Slapy při plavbě do nádrže Kamýk.
2. Z provedené analýzy vyplývá, že provoz vltavské vodní cesty umožňuje pouze varianta 0 a 1. U všech ostatních variant dochází k přerušení vodní cesty na konci vzduť VD Slapy nebo VD Orlík.

Vliv na rekreaci:

1. Rekreční využití nádrží Orlík a Slapy je velmi intenzivní. Jedná se o tradiční rekreační oblasti s poměrně hustou turistickou a rekreační infrastrukturou a vybavením pro rekreační a sportovní plavbu. Současný rekreační potenciál na nádržích Orlík a Slapy byl v rámci této studie hodnocen počtem stávajících přístavních a kotevních stání na březích a v zátokách nádrží.

2. Snižování objemu zásobního prostoru na nádrži Orlík přináší omezení provozu stávajících přístavišť a kotvišť na březích nádrže. Provedená analýza umožnila rámcově kvantifikovat rozsah těchto omezení. Na nádrži Orlík je při snížení zásobního objemu o 30 mil. m³ (varianta 1 a 2) přerušen provoz v rozsahu cca 19 % stávajících přístavních stání. Při snížení zásobního prostoru o 100 mil. m³ (varianta 3 a 4) je provoz přerušen u 37 % přístavních stání. V případě varianty 5 je přerušen provoz u 69 % přístavních stání, u varianty 6 u 82 % přístavních stání.
3. Na nádrži Slapy přináší snížení zásobního objemu o 30 mil. m³ v rámci variant 2 a 4 přerušení provozu v rozsahu 36 % přístavních stání. U varianty 6 a 7, kdy prakticky veškerou zásobní funkci plní nádrž Slapy je zde přerušen provoz 53 % přístavních stání. Snižování velikosti zásobních objemů na nádržích Orlík a Slapy přináší ve srovnání se současným stavem zvýšené kolísání hladiny, což je patrné spíše v případě nádrže Slapy.

5. Syntéza výsledků

Zadáním studie je zpracování komplexního vodohospodářského řešení Vltavské kaskády s cílem prověření základních parametrů strategického řízení s ohledem na hlavní vodohospodářské účely. Zadání studie bylo vyvoláno potřebou zodpovědně vyhodnotit, jaké jsou reálné možnosti navýšení retenčního účinku Vltavské kaskády v souvislosti s protipovodňovou ochranou hlavního města Prahy a celého úseku dolní Vltavy, který je silně urbanizován a došlo zde během uplynulých povodní z let 2002 a 2013 k významným povodňovým škodám.

Studie se dle zadání zaměřila na takové možnosti zvýšení retenčního účinku Vltavské kaskády, které jsou prakticky pohotově realizovatelné změnou základních parametrů manipulačního řádu. Předpokladem je paralelní revize všech dotčených povolení k nakládání s povrchovými vodami. Studie v této fázi tedy neformulovala varianty, které by kladly zvýšené nároky na realizaci rozsáhlých vyvolaných investic jako je zvyšování maximálních hladin v rozsahu vzduť jednotlivých nádrží, realizace průvodních protipovodňových opatření v chráněném území s cílem zvýšení neškodného odtoku z Vltavské kaskády, realizaci nového zdymadla na konci vzduť VD Orlík a podobně. Navržené varianty proto sledovaly cílové zvýšení protipovodňové ochrany v záplavovém území podél dolní Vltavy pomocí realokace nádržních prostorů, tedy konkrétně zvyšováním objemu retenčního prostoru na úkor prostoru zásobního. Výjimku tvoří varianta 7 (prázdná nádrž Orlík), která byla do studie zařazena s ohledem na vyhodnocení vlivu tohoto opatření na průběh povodní z let 2002 a 2013. Z tohoto pohledu bylo třeba kvantifikovat důsledky realokace nádržních prostorů pro jednotlivé varianty řešení na všechny základní účely Vltavské kaskády, která je typickou víceúčelovou vodohospodářskou soustavou. Studie se zaměřila na vyhodnocení jednotlivých variant z těchto hledisek:

1. Protipovodňová ochrana – ukazatel je vyhodnocen formou odhadu zvýšení míry ochrany území pod Vltavskou kaskádou.
2. Zásobní funkce – cílem je vyčíslení spolehlivosti zajištění minimálního odtoku z Vltavské kaskády pod VD Vrané a dalších odběrů povrchové vody.
3. Energetika – ukazatel kvantifikuje dopad jednotlivých variant na průměrnou roční výrobu ve špičkových elektrárnách a současně hodnotí jejich schopnost zajišťovat pohotové výkony z hlediska regulace státní energetické soustavy.
4. Plavba ve vltavské vodní cestě – zajištění plavby je vyhodnoceno na základě zajištění minimálních plavebních hloubek na konci vzduť VD Orlík a VD Slapy.
5. Rekreace na nádržích – ukazatel je vyhodnocen pomocí kvantifikace počtu zrušených přístavních stání na březích nádrží Orlík a Slapy a frekvence kolísání hladin v nádržích.

Formulace posuzovaných variant je podrobně uvedena ve druhé kapitole v tab. 2.1. Základní výsledky jednotlivých analýz, které kvantifikují vliv posuzovaných variant na sledovaná kritéria, jsou uvedeny v tab. 5.1. V tabulce je také znázorněna expertně stanovená oblast, ve

kteří jsou jednotlivé varianty konfliktní, resp. významně konfliktní s danými kritérii. Z výsledného vyhodnocení formulovaných variant realokace zásobního a retenčního objemu na nádržích Orlík a Slapy plynou tyto závěry:

1. Bezkonfliktní, resp. s přijatelnými dopady, je za současné situace pouze varianta 1, která zvyšuje objem retenčního prostoru na nádrži Orlík o 30 mil. m³. Tato varianta umožní, za předpokladu využití spolehlivé hydrologické předpovědi, zvýšit protipovodňovou ochranu území pod Vltavskou kaskádou na úroveň přibližně dvacetileté vody.
2. Další varianty jsou již ve vazbě na definovaná kritéria významně konfliktní a jejich bezprostřední realizace formou pouhé změny manipulačního řádu není vzhledem k současným službám, které Vltavská kaskáda plní, možná. Pro realizaci těchto variant by bylo zapotřebí buďto přehodnotit účely Vltavské kaskády z celospolečenského hlediska, nebo vyprojektovat a zrealizovat potřebné vyvolané investice pro eliminaci nepříznivých vlivů na ostatní účely, popř. kombinaci obojího.
3. Výsledky této studie budou sloužit zejména pro další rozhodovací proces o smysluplnosti a efektivnosti dalšího zvyšování retence na Vltavské kaskádě s uvážením dopadů na ostatní účely včetně jejich případného přehodnocení a s uvážením rozsahu vyvolaných investic. Ekonomickou efektivnost jednotlivých variant je možné posuzovat pomocí standardní analýzy nákladů a užitků, kdy do řešení by měly být zahrnuty i ostatní nepřímé ekonomické dopady vyvolané jednotlivými variantami (vliv na rozvoj regionu, sociální aspekty, a další).
4. Před realizací některé z variant je třeba doporučit její posouzení z hlediska dalších aspektů kromě vodohospodářských, mezi které se řadí např. vliv na kvalitu vody v nádržích, stabilitu svahů, rekreaci a vodní sporty včetně koupání a extenzivní rybní hospodářství.
5. Pro zvýšení retenčního účinku Vltavské kaskády je třeba doporučit sledovat nejenom varianty zvyšování objemu retenčního prostoru, ale také možnosti operativního řízení. Z uvedeného důvodu byl do analýzy retenční funkce Vltavské kaskády zařazen také předpoklad předvypouštění s 24-hodinovým předstihem. Účinnost takového opatření je poměrně značná. Přitom riziko ohrožení zásobní funkce je vzhledem k jejím rezervám za současné situace poměrně malé a lze jej dále snižovat realizací předvypouštění na základě kombinace zvýšeného ukazatele nasycenosti povodí předchozími srážkami a nepříznivé hydrologické předpovědi. Historické zkušenosti naznačují, že stav nasycenosti povodí lze poměrně spolehlivě odhadovat ve vazbě na aktuální přítok do nádrže Orlík. Při tomto způsobu řízení je třeba počítat s vyšší frekvencí realizace přípravných protipovodňových opatření podél dolní Vltavy s vyššími finančními náklady a omezeními, kdy řada z těchto událostí se na základě dalšího hydrologického průběhu nevyvine do povodňové situace a může být veřejností vnímána jako planý poplach.
6. Poměrně významný vliv na zvýšení retenčního účinku Vltavské kaskády s ohledem na dolní tok Vltavy má rovněž hodnota neškodného průtoku, která je v současné době rovna 1500 m³.s⁻¹. Za předpokladu zvýšení neškodného průtoku lze očekávat poměrně

významné zlepšení retenční funkce, jak o tom svědčí studie (Fošumpaur, Satrapa, 2003), která analyzovala průběh povodně z roku 2002.

7. S ohledem na skutečnost, že protipovodňová ochrana záplavového území dolní Vltavy pod Vltavskou kaskádou není ovlivněna pouze výskytem povodňových událostí na Vltavě, ale rovněž na Sázavě a Berounce, lze doporučit hledání nových retenčních kapacit také v povodí těchto vodních toků. Historické zkušenosti, ale i průběhy teoretických povodňových vln zřejmě ukazují, že povodně na dolní Vltavě s významnými povodňovými škodami mohou být způsobeny pouze přítoky z Berounky a Sázavy. Například významnou povodeň v roce 1872 způsobila pouze Berounka a lze snadno ukázat, že povodňovým škodám by nezabránila ani zcela prázdná orlická nádrž.
8. Dále je třeba si uvědomit, že snižování hladiny zásobního prostoru na nádrži Orlická, které vyvolá její přiblížení k minimální plavební hladině (347,60 m n. m.) může být provozně nevýhodné, neboť se tím redukuje objem vody v pásmu, které slouží pro bezproblémový provoz špičkové vodní elektrárny a plnění řady dalších neperiodických požadavků na odtok z Vltavské kaskády. Jedná se například o požadavky na časově omezený zvýšený nebo naopak snížený odtok z Vltavské kaskády z důvodu zlepšení kvality vody, pořádání sportovních akcí a dalších mimořádných událostí a služeb.

Tab. 5.1 Hodnoty základních kritérií pro posuzované varianty.

varianta	navýšení retenčního prostoru (Orlík+Slapy)	Ochrana před povodněmi		Zásobní funkce (zajištění minimálního odtoku + odběry) ²⁾		Energetická funkce		Plavba na vltavské vodní cestě		Rekreace v nádržích Orlík a Slapy	
		bez předpovědi	s předpovědí 24 hod	Pt ¹⁾	četnost poruch: jednou za N let	VE Orlík - změna roční výroby	VE Slapy - změna roční výroby	konec vzdutí VD Orlík	konec vzdutí VD Slapy	Orlík - redukce přístavních stání	Slapy - redukce přístavních stání
	[mil. m ³]	[roky]	[roky]	[%]	[roky]	[%]	[%]	[a/n]	[a/n]	[%]	[%]
0	0	< Q10	< Q20	99.99	-	0	0	ano	ano	0	0
1	30	Q10	Q20	99.99	-	-2	0	ano	ano	-19	0
2	60	< Q20	< Q50	99.99	-	-2	-5	ano	ne	-19	-36
3	100	Q20	Q50	99.99	-	-7	0	ne	ano	-37	0
4	130	Q20	Q50	99.98	500	-7	-5	ne	ne	-37	-36
5	208	Q50	Q100 (2013)	99.92	125	-15	0	ne	ano	-69	0
6	309	Q100 (2013)	Q100	99.39	24	-25	-2	ne	omezeně	-82	-53
7	636	Q100	Q100	98.52	10	-100	-2	ne	omezeně	-100	-53

Popis:

- 1) Pt ... zabezpečení zásobní funkce dle ČSN 75 2405,
- 2) minimální odtok z Vltavské kaskády pod VD Vrané je zde uvažován 40 m³.s⁻¹,
- 3) červeně je zvýrazněna oblast, kdy je varianta v konfliktu, resp. významném konfliktu s daným kritériem.



Použité podklady

1. Bratránek, A.: Vltavská kaskáda, možnost zlepšení ochrany Velké Prahy před povodněmi. *Vodní hospodářství*, 1956, č. 6, s. 142-145.
2. Broža, V. a kol.: *Přehrady Čech, Moravy a Slezska*. Nakladatelství: Knihy 555. Liberec, 2005.
3. ČSN 75 2405 Vodohospodářská řešení vodních nádrží. Říjen 2004.
4. Fošumpaur, P., Kopecká, P.: *Analýza retenční funkce Vltavské kaskády a rybníka Rožmberk za povodně 2013*. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, prosinec 2013.
5. Fošumpaur, P., Satrapa, L.: *Posouzení příčin zaplavení pražského metra při povodni v srpnu 2002. Analýza ochranné funkce Vltavské kaskády*. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, listopad 2003.
6. Fošumpaur, P.: *Zhodnocení operativních rezerv při povodňovém řízení Vltavské kaskády*. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, prosinec 2013.
7. Hanel, M., Kašpárek, L., Mrkvičková, M. a kol.: *Odhad dopadu klimatické změny na hydrologickou bilanci ČR a možná adaptační opatření*. VÚV T.G.M., v.v.i., Praha 2011.
8. *Hydroprojekt Praha: Podélný profil Vltavy a Otavy*. Duben 1972.
9. *Hydroprojekt Praha: Údolní řezy: Orlík – Týn nad Vltavou*. Duben 1972.
10. *Hydroprojekt Praha: Údolní řezy: Slapy-Kamýk*. Duben 1972.
11. Kašpárek, L. et al.: *Vliv velkých údolních nádrží v povodí Labe na snížení povodňových průtoků*. Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský T. G. Masaryka, 44 s. ISBN 80-85900-56-4, 2005.
12. Kašpárek, L., Bušek, M.: *Vliv vltavské kaskády na povodňový režim Vltavy v Praze*. *Vodní hospodářství*, 1990, č. 7, s. 280-286.
13. Kašpárek, L., Peláková, M., Krejčí, J.: *Vliv Vltavské kaskády na povodňové průtoky*. *Vodní hospodářství*, 2012, č. 11, s. 356-358.
14. *Komplexní manipulační řád Vltavské kaskády*. Ředitelství vodohospodářského rozvoje v Praze. Praha, 1964.
15. *Komplexní manipulační řád Vltavské kaskády*. VD TBD, 1997; revize Povodí Vltavy, 2009.
16. *Manipulační řád pro vodní díla Hněvkovice (ř. km 210,390) a Kořensko (ř. km 200,405) na Vltavě*. Zpracoval: VD TBD, 05/1996, Schválil: OkÚ České Budějovice. Revize 03/2014.
17. *Manipulační řád pro vodní díla Lipno I. (ř. km 329,543) a Lipno II. (ř. km 319,108) na Vltavě*. Zpracoval: VD TBD, 01/1995 a 03/1996, Schválil: OkÚ Český Krumlov. Revize 01/2009.
18. *Manipulační řád pro vodní dílo Kamýk na Vltavě (ř. km 134,730)*. Zpracoval: VD TBD, 05/1996, Schválil: OkÚ Příbram RŽP. Revize 07/2009.
19. *Manipulační řád pro vodní dílo Orlík na Vltavě (v ř. km 144,650)*. Zpracoval: VD TBD, 05/1996, Schválil: OkÚ Příbram RŽP. Revize 07/2009.
20. *Manipulační řád pro vodní dílo Slapy na významném vodním toku Vltava v ř. km 91,610*. Zpracoval: Povodí Vltavy, státní podnik – centrální vodohospodářský dispečink, 01/2014. Schválil: KÚ Středočeského kraje dne 28,5,2014.



21. Manipulační řád pro vodní dílo Štěchovice (v ř. km 84,318). Zpracoval: VD TBD, 05/1996, Schválil: OkÚ Praha-západ. Revize 05/2011.
22. Manipulační řád pro vodní dílo Vrané (v ř. km 71,325). Zpracoval: VD TBD, 05/1996, Schválil: OkÚ Praha-západ. Revize 06/2002.
23. Manipulační řád pro vodní dílo Želivka. Zpracoval: VD TBD, 06/2004. Revize 10/2011.
24. Manipulační řád vodního díla Římov na Malši. Zpracoval: VD TBD, 10/2004. Revize 01/2010.
25. Manipulační řád vodního díla Slapy. Ředitelství vodohospodářského rozvoje v Praze. Praha, 1966.
26. Metodický pokyn Ministerstva zemědělství pro sestavení vodohospodářské bilance oblasti povodí (k ustanovením § 5, § 6, § 7, § 8 a § 9 vyhlášky č. 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci) č. j. 25248/2002-6000 ze dne 28. 8. 2002.
27. Metodický pokyn odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích, Věstník MŽP č. 5/1998, .
28. Nacházel, K., Patera, A., Přenosilová, E., Bureš, P.: Vodohospodářské řešení Vltavské kaskády. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 1989. 17 s.
29. Nacházel, K.: Komplexní manipulační řád Vltavské kaskády. Ředitelství vodohospodářského rozvoje v Praze. 1964.
30. Nařízení vlády č. 61/2003 Sb., o ukazatelích a hodnotách přípustného znečištění povrchových vod a odpadních vod, náležitostech povolení k vypouštění odpadních vod do vod povrchových a do kanalizací a o citlivých oblastech, ve znění pozdějších předpisů.
31. Novický, O., Vyskoč, P., Vizina, A., Kašpárek, L., Pícek, J.: Klimatická změna a vodní zdroje v povodí Vltavy. Vyd. Praha: VÚV T.G.M, v.v.i., 2008. 29 s. ISBN 978-80-85900-79-8.
32. Parametry vltavské vodní cesty v rámci I. etapy akce „Dokončení Vltavské vodní cesty České Budějovice – Týn nad Vltavou“. ŘVC ČR.
33. Plavební vyhláška č. 3/2014 Státní plavební správy ze dne 22. 7. 2014 o proplavování plavebními komorami na labsko-vltavské vodní cestě.
34. Rozhodnutí Magistrátu hlavního města Prahy, odboru životního prostředí, o povolení odběru surové vody z Vltavy pro úpravnu vody Podolí, SZn: S-MHMP 363164/2006/OOP-II/R-300/Sh, ze dne 22. 11. 2006.
35. Rozhodnutí Magistrátu hlavního města Prahy, odboru životního prostředí, o povolení vypouštění přečištěných městských odpadních vod z Ústřední čistírny odpadních vod Praha do významného vodního toku Vltava, č. j. MHMP-1417791/2012/OOP-II/R-258-Fi, ze dne 17. 12. 2012.
36. Sborník z konference „Vltavská kaskáda“, která se konala ve dnech 24. až 27. října 1956 ve Výzkumném ústavu vodohospodářském v Praze Podbabě. VÚV, 1957.
37. Sdělení Státní plavební správy č. 20/2014 ze dne 21.3.2014 o plavebních parametrech vodních cest sledovaných dopravně významných I. třídy a některých cest sledovaných účelových.
38. Směrnice Rady 91/676/EHS ze dne 12. prosince 1991 o ochraně vod před znečištěním dusičnany ze zemědělských zdrojů.

39. Směrný vodohospodářský plán ČSR. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, Praha 1976.
40. Územně technické podklady využití vodní plochy a břehových pozemků vodní nádrže Orlík. Hydroprojekt CZ a.s., říjen 2010.
41. Územně technické podklady využití vodní plochy a břehových pozemků vodní nádrže Slapy. Hydroprojekt CZ a.s., říjen 2010.
42. Vyhláška 431/2001 Sb., o obsahu vodní bilance, způsobu jejího sestavení a o údajích pro vodní bilanci.
43. Vyhláška Ministerstva dopravy č. 222/1995 Sb. o vodních cestách, plavebním provozu v přístavech, společné havárii a dopravně nebezpečných věcí.
44. Zákon 114/1995 Sb. o vnitrozemské plavbě.
45. Zákon 254/2001 Sb. o vodách, a o změně některých zákonů (vodní zákon), ve znění pozdějších předpisů.
46. Zpráva o hodnocení jakosti povrchových vod v dílčím povodí Dolní Vltavy za období 2011-2012. Povodí Vltavy, státní podnik, 2013.