

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE
FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ
KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIROMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

Projektová příprava a realizace MVN,
analýza chyb při provádění
BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bakalant: Jaroslav Zabloudil, DiS.
Vedoucí práce: Ing. Vojtěch Havlíček, Ph.D.

2014

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jaroslav Zabloudil

Krajinářství

Název práce

Projektová příprava a realizace MVN, analýza chyb při provádění.

Název anglicky

Project preparation and realization of the SWR, the analysis of faults in realization.

Cíle práce

Návrh MVN – teorie

Konkrétní projekty a jejich realizace

Odchylky při provádění

Zhodnocení a analýza chyb, návrh možné nápravy

Metodika

Literární rešerše

Zhodnocení vlastních projektů

Naměřené hodnoty z realizovaných staveb

Výpočty, zhodnocení

Doporučený rozsah práce

30 stran + přílohy

Klíčová slova

MVN, projekt, realizace, odchylky provádění

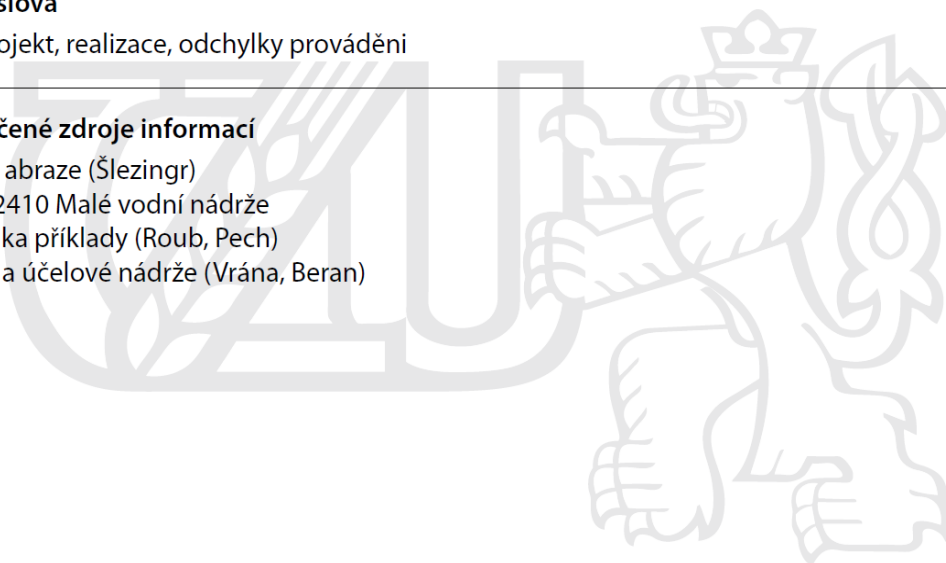
Doporučené zdroje informací

Břehová abraze (Šlezinger)

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže

Hydraulika příklady (Roub, Pech)

Rybníky a účelové nádrže (Vrána, Beran)



Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Vojtěch Havlíček, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2014

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 22. 1. 2014

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 14. 04. 2015

Prohlášení:

Tímto prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Vojtěcha Havlíčka, Ph.D., a že jsem uvedl veškeré literární prameny, ze kterých jsem čerpal.

Ve Stříbře dne 10.4.2015

Jaroslav Zabloudil, DiS.

Poděkování:

Rád bych poděkoval svému vedoucímu Ing. Vojtěchu Havlíčkovi, Ph.D., za odborné vedení, za pomoc a rady při zpracování této práce, zároveň cítím nutnost poděkovat demokratickému zřízení naší společnosti za možnost svobodného studia.

ABSTRAKT

Bakalářská práce řeší shrnutí teoretických zásad návrhu malých vodních nádrží, včetně matematického návrhu funkčních objektů, následnou realizaci projektovaných staveb a posouzení odchylek při provádění. Cílem práce je poukázat na nejčastější chyby vzniklé prováděním staveb malých vodních nádrží, posouzení jejich charakteru z hlediska bezpečnosti a životnosti MVN. Závěr práce nabízí možnosti eliminace těchto chyb a odchylek.

ABSTRACT

Thesis solves a summary of theoretical design principles of small water reservoirs, including the mathematical concept of functional objects, the subsequent implementation of the projected construction and assessment of deviations in the implementation. The aim thesis is to highlight the most common errors occasioned by the construction of small water reservoirs, to assess their character in terms of safety and durability SWR. Conclusion The work offers the possibility of eliminating these errors and deviations.

KLÍČOVÁ SLOVA

MVN, projekt, realizace, odchylky provádění

KEYWORDS

SWR, project, realization, faults in realization

Obsah

1. Úvod.....	8
2. Návrh MVN.....	9
2.1 Definice a historie MVN.....	9
2.2 Účel a rozdělení MVN.....	9
2.3 Podklady pro návrh MVN.....	10
2.4 Teoretické zásady návrhu MVN.....	11
2.4.1 Návrh tělesa hráze.....	11
2.4.2 Návrh prostoru nádrže.....	16
2.4.3 Návrh spodní výpustě.....	17
2.4.4 Návrh bezpečnostního přelivu.....	20
2.4.5 Návrh skluzu.....	21
2.4.6 Návrh vývaru.....	21
2.4.7 Návrh koryta pod nádrží.....	23
2.5 Vodohospodářské řešení MVN.....	25
2.5.1 Charakteristická čára nádrže.....	25
2.5.2 Vodohospodářská bilance nádrže.....	25
2.5.3 Zvláštní nároky nádrží.....	26
3. Zhodnocení nejčastějších vad při provádění.....	26
4. Posouzení odchylek výběrových příkladů.....	27
4.1 MVN Mýtský rybník.....	27
4.1.1 Bezpečnostní přeliv.....	28
4.1.2 Spodní výpust.....	29
4.1.3 Zhodnocení.....	30
4.2 Kaskáda dvou MVN Tuněchody.....	31
4.2.1 Prostor nádrží.....	31
4.2.2 Tělesa hrází.....	32
4.2.3 Funkční objekty.....	33
4.2.4 Zhodnocení.....	34
4.3 Vodní nádrž v k.ú. Ovesné Kladruby.....	35
4.3.1 Těleso hráze.....	36
4.3.2 Funkční objekty.....	36
4.3.3 Zhodnocení.....	38
4.4 Vodní nádrž v k.ú. Erpužice.....	38
4.4.1 Těleso hráze a prostor nádrže.....	39
4.4.2 Bezpečnostní přeliv, skluz, koryto odtoku.....	40
4.4.3 Zhodnocení.....	41
5. Závěr.....	43
Seznam použité literatury:.....	45
Seznam použitých tabulek:.....	46
Seznam použitých obrázků:.....	46
Příloha č. 1, Situace kaskády 2 MVN v k.ú. Tuněchody u Stříbra.....	47
Příloha č. 2, Chyby a odchylky dle respondentů z obooru.....	48

1. Úvod

Voda provází lidstvo od počátku jeho existence, bez vody není života a čím dále jsme od ní, tím je života méně. Voda nabízí možnosti dopravy, je zdrojem potravy energie. Proto bylo pouze otázkou času, kdy člověk začne vodu v krajině využívat, usměrňovat či zadržovat pomocí primitivních, později i velmi sofistikovaných zařízení. Malé vodní nádrže jsou jedny z jednodušších, avšak velmi početných staveb, které vzdouvají a zadržují vodu v krajině. Tyto nádrže se zhotovovaly nejprve empiricky, bez hlubších vědeckých poznatků a projektových podkladů. V 19. století vstupuje věda i do návrhu těchto staveb. V dnešní době je běžnou a legislativně požadovanou praxí proces, kdy je nejprve vypracován projektový návrh vodního díla, ten projde povolovacím procesem na příslušných úřadech, následuje realizace stavby malé vodní nádrže dle projektové dokumentace a závěr celého procesu představuje odsouhlasení zrealizovaného díla povolovacím úřadem (kolaudace, kolaudační souhlas). Nad rámec této práce vystupuje další důležitý proces, kterým je samotný provoz vodního díla.

Tato bakalářská práce v průběhu celé druhé kapitoly shrnuje teoretickou stránku návrhu malých vodních nádrží, kapitola 2.1 se zabývá definicí, historií, následuje rozdělení dle účelu, ale zejména teoretický návrh celku i jednotlivých částí malých vodních nádrží, čímž se zabývá podkapitola 2.3 a 2.4. V třetí kapitole této práce je uveden výčet nejčastějších chyb, vycházející ze subjektivní zkušenosti autora a zkušeností respondentů z oboru. Celá čtvrtá část práce prezentuje čtyři konkrétní stavby malých vodních nádrží projektované autorem bakalářské práce. Na těchto příkladech je zhodnoceno, k jakým odchylkám oproti projektové dokumentaci došlo.

Cílem práce je poukázat na konkrétních případech zhotovených staveb odchylky od projektové dokumentace, vyhodnotit jejich závažnost a vliv na bezpečnost či funkci staveb nebo okolí. V závěru se autor snaží shrnout získané poznatky z předchozích kapitol bakalářské práce a zároveň navrhuje řešení vedoucí k eliminaci chyb při provádění malých vodních nádrží.

2. Návrh MVN

2.1 Definice a historie MVN

Malé vodní nádrže (dále jen MVN) jsou definovány v souladu s ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, kdy je rozhodující dodržení těchto kritérií:

- a) objem vody v nádrži za normální hladiny do 2 mil. m³
- b) hloubka vody po maximální hladinu do 9 m

Potřeba vody provází lidstvo po celou jeho historii. Jsou dochovány zmínky o budování nádrží již ve starém Egyptě, Číně nebo Mezopotámii, přičemž první nádrže byly zřizovány za účelem závlah zemědělských pozemků. Vůbec první dochované zmínky o vodních nádržích pocházejí ze staré Číny a datují se na 2,2 tis. let před Kristem (Vrána, Beran, 2013).

V zemích Českých jsou první zmínky o rybnících z 12. století. Průkopnická v tomto směru byla snaha mnichů o budování rybochovných nádrží při kláštorech, s cílem zajištění jídla v postní době. Následovala potřeba nádrží k provozu mlýnů, hamrů, pil a pro účely těžby rud. Skutečný rozvoj v tomto směru však nastává v 16. století v jižních Čechách úsilím Rožmberků. V této době se proslavili zejména Jakub Krčín a Štěpán Netolický. Následoval útlum z důvodu potřeby nových zemědělských ploch, jisté oživení přišlo až koncem 19. století, kdy v této oblasti začala být uplatňována i vědecká činnost. Nelze opomenout i období socialismu, které se vlivem kolektivizace zemědělství a tvorbou velkých zemědělských celků negativně promítlo do existence malých vodních ploch (Vrána, Beran, 2013).

2.2 Účel a rozdělení MVN

Při návrhu MVN je vždy nutno rovněž charakterizovat její účel a funkci. Účel (funkčnost) rozděluje VRÁNA (2013) na:

- a) zásobní (vodárenské, závlahové, atd.),
- b) hospodářské (chov drůbeže, chov ryb, atd.),
- c) asanační,
- d) krajnotvorné,

- e) rekreační,
- f) ochranné,
- g) účelové (přečerpávací, atd.),
- h) upravující vlastnosti vody (chladící, usazovací, atd.).

Technicky lze MVN rozdělit podle situování vůči vodnímu toku na obtokové, průtočné a nebeské. Rovněž podle provedení na údolní a zahloubené (vyhloubené).

2.3 Podklady pro návrh MVN

Pro návrh MVN je nutné detailní seznámení se s potřebami a požadavky zadavatele, s možnostmi a souladem těchto potřeb z hlediska dotčených orgánů státní správy, zejména z hlediska souladu s územně plánovací dokumentací, podmínkami ochrany přírody a krajiny, atd. Ačkoliv normativy a odborná literatura nespécifikují přímou vazbu či výlučnost stavby MVN s velikostí vodního toku, logicky lze předpokládat, že průtočná malá vodní nádrž nebude navrhována na dolní části významného vodního toku. V těchto partiích vodních řek lze hovořit o stavbách jezů, stupňů a přehrad. Stavba MVN se tedy přirozeně dotýká především potoků a bystřin, popřípadě řek ve svých horních tocích. Před zpracováním dokumentace je potřeba si uvědomit, které podklady jsou pro správný návrh potřebné a které jsou naopak nadbytečné a nevhodné. Například je zcela nevhodné vypracování inženýrskogeologického průzkumu pro projekt rekonstrukce stávající nádrže spočívající v odtěžení sedimentu a opravě bezpečnostního přelivu. Rovněž vyhotovení ekologického průzkumu pro stavbu nádrže v urbanizované lokalitě či v asanovaných oblastech je považováno za nadbytečné.

Obecně lze však konstatovat, že pro návrh MVN jsou třeba tyto podklady:

- a) geodetické zaměření lokality,
- b) hydrologická data a klimatické údaje,
- c) geologické, hydrogeologické a pedologické podklady (průzkum),
- d) fytoцентрический, zoologický a hydrobiologický průzkum,
- e) hospodářský a bezpečnostní průzkum,

- f) vlastnické poměry či cizí zájmy,
- g) poznatky z místního průzkumu.

2.4 Teoretické zásady návrhu MVN

Na základě získaných externích podkladů pro návrh MVN je nutné projektantem zodpovědně navrhnout základní prvky nádrže včetně funkčních objektů. Konkrétní kroky i postup je uveden v následujících podkapitolách.

2.4.1 Návrh tělesa hráze

Hráze pro stavbu MVN bývají výlučně zemní tížné (sypané hráze), jiné konstrukce jsou natolik ojedinělé, že se jimi tato bakalářská práce blíže nezabývá. Pro správný návrh konstrukce hráze je žádoucí seznámit se se základovými poměry, vhodností zeminy z prostoru nádrže pro ten který typ tělesa hráze a s charakteristikou místa (zvýšená pozornost by měla být věnována na poddolovaná území, klimatické poměry, atd.). V neposlední řadě je nutné odborné posouzení umístění tělesa hráze tak, aby stavba hráze byla co nejekonomičtější a poměr zadržené vody v nádrži k objemu hráze byl co nejvyšší, neboť náklady na stavbu tělesa hráze jsou většinou nejvyšší položkou stavby MVN. Pro návrh nádrží uvádí Vrána (2013) absolutní objemový ukazatel

$$\eta = V_z / V_H, \quad (1)$$

kde je V_z objem akumulačního prostoru nádrže (m^3),

V_H objem tělesa hráze (m^3).

A relativní objemový ukazatel

$$\eta_r = A / I_n, \quad (2)$$

kde je A míra zúžení údolí (%),

I_n podélný sklon údolnice nádrže (%).

Obecný ukazatel ekonomičnosti stavby hráze dle ČSN 75 2410 uvádí, že objem tělesa hráze by neměl překročit $\frac{1}{4}$ zásobního prostoru nádrže. Konkrétně je tím myšleno, že při stavbě údolní nádrže je vhodné umisťovat hráz do pokud možno nejužšího a zároveň nejhlubšího místa řešeného údolí tak, aby vzniklá hráz vytvořila

co největší akumulací prostor. Dále je žádoucí v maximální míře využít pro stavbu místních materiálů. Vhodnost jednotlivých druhů zemin znázorňuje tabulka č. 1.

Sypané hráze MVN lze, dle ČSN 75 2310, rozdělit na homogenní - kdy je těleso hráze tvořeno vhodnou zhutněnou kompaktní zeminou, vyhovující z hlediska vodotěsnosti a stability – a nehomogenní, zde je konstrukce rozdělena na těsnicí část a stabilizační část. Homogenní hráze se nedoporučuje realizovat u výšky nad 6 m. U nehomogenních hrází bývá těsnicí část buď na návodním líci (návodní těsnění), nebo ve střední části hráze (těsnicí jádro). Pro těsnění se používají nejčastěji vhodné zeminy, popř. fólie (plastové či bitumenové), betonové či asfaltobetonové vrstvy. Stabilizační část bývá buďto zemní, kamenitá či smíšená. Mezi těsnicí a stabilizační částí se zhotovují přechodové části hrází - filtry (části B a C v obrázku č. 2). V obou případech konstrukce hráze musí splňovat požadavky filtrační stability s kontrolou průsakové vody, stability, vodotěsnosti, bezpečnosti a životnosti.

Tab. č. 1, Vhodnost zemin pro stavbu hrází (dle ČSN 75 2310)

Označení skupiny ¹⁾	Homogenní hráz	Těsnicí část	Stabilizační část
GW	nevhodná	nevhodná	výborná
GP	nevhodná	nevhodná	výborná
GM	výborná	velmi vhodná	málo vhodná
GC	nevhodná	výborná ²⁾	málo vhodná
SW	nevhodná	nevhodná ³⁾	vhodná ³⁾
SP	vhodná	nevhodná	vhodná ³⁾
SM	velmi vhodná	vhodná	nevhodná
SC	málo vhodná	výborná	nevhodná
ML	vhodná	málo vhodná	nevhodná
CL	málo vhodná	velmi vhodná	nevhodná
OL	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná
MH	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná
CH	málo vhodná	málo vhodná	nevhodná
OH	vhodná	nevhodná	nevhodná

Zakládání sypaných hrází

Zakládání hrází musí zajišťovat spojení těsnicích a stabilizačních prvků s podložím při zajištění stálosti, stability a pevnosti hráze a trvanlivosti funkčních objektů. Před realizací hráze se z jejího prostoru odstraní humózní vrstva, kořeny, navážky či málo únosné zeminy. Skrytá humózní zemina se zpravidla uloží na mezideponii pro zpětné ohumusování zatravněných částí. Spojení hráze s podložím zajišťuje zamezení úniku vody z MVN, hloubka založení je dána geologickými poměry.

Základová spára musí být odvodněná, očištěná, prostá terénních nerovností, řádně zhutněná. Po celé délce tělesa hráze je pro dokonalejší spojení s podložím zřízen zemní zámeček, při propustném podloží může být doplněn injektážní nepropustnou clonou. Šířka zemního zámečku je dána ČSN 75 2410, uvádějící šířku jedné poloviny výšky hráze, nejméně však 3 m (viz obrázek č. 1).

Tab. č. 2, Orientační sklony svahů sypaných hrází (dle ČSN 75 2410)

Těsnicí část hráze (jádro) leží v zóně	Stabilizační část hráze leží v zóně	Zařazení zemin		Svahy	
		Těsnicí část hráze (jádro)	Stabilizační část hráze	Návodní 1 : x ⁴⁾	Vzdušní 1 : y
A	DB, CE	GM, GC, SM	Lom. kámen	1:1,75	1:1,5
		SC, CG, MG	GW, SW	1:2,8 ⁵⁾	1:1,75
		ML-MI, CL-CI	GP, SP	1:3 ⁵⁾	1:1,75
AB	D, CE	GM, SM	Lom. kámen	1:3	1:1,75
		GC, SC, MG, CGMS, CS	GW, SW	1:3,2	1:1,75
		ML-MI, CL-CI	GP, SP	1:3,4	1:1,75
CAB	D, E	GM, GC, SM, SC, MG, CG, MS, CS	Lom. kámen, GW, GP	Jako při poloze jádra v zóně AB	1:2 ⁶⁾
		ML-MI, CL-CI	SW, SP		1:2,2
CABD	E			Jako u homogenních hrází	Jako při poloze jádra v zóně CAB
Homogenní hráze ⁷⁾		GM, SM		1:3	1:2
		GC, SC		1:3,4	1:2
		MG, CG, MS, CS		1:3,3	1:2
		ML-MI, CL-CI		1:3,7	1:2,2

- 1) Přehled tříd zemin viz samostatná příloha
- 2) Nutno věnovat pozornost navětralým částem
- 3) Le-li zemina šterkovitá
- 4) Sklon se použije pod dlouhodobě udržovanou hladinu, nad ní možno sklon 1:(x-0,5)
- 5) U velmi propustného materiálu možno zvětšit až na 1:2,25
- 6) Je-li v podloží materiál o smyk. pevnosti min. $\varphi_{ef} = 37^\circ$, možno zvětšit na 1:1,8
- 7) U hrází do výšky 4 m je možno sklon zvětšit na 1:(x-0,5)

Sypání hráze

ČSN 75 2410 stanovuje, že samotné zhotovení tělesa hráze (sypání hráze), je nevhodné provádět za deštivého počasí či sněžení (avšak vrstvení příliš suché

zeminy je rovněž nežádoucí) a při poklesu teploty pod 5 °C. Při vápnění se tato teplota může snížit, je však nepřipustné zhotovovat těleso hráze ze zmrzlé sypaniny s obsahem sněhu či ledu. Veškerý materiál musí být řádně hutněn na min. 95 % max. objemové hmotnosti dle zkoušky Proctor standart. Zkouška zhutnitelnosti zemin Proctor standart vyjadřuje maximální objemovou hmotnost, které se dosáhne určitým zhutněním zeminy v normovém moždíři za použití normového pěchu při optimální vlhkosti. Poměr laboratorního zhutnění a skutečného zhutnění se vyjadřuje jako míra zhutnění – uvádí se v %. Skutečné zhutnění na stavbě se zjišťuje přímou, nebo častěji nepřímou metodou - statická zatěžovací zkouška (Stehlík, 2014). Vlhkost sypaniny by se měla přibližovat optimální vlhkosti při dobrém zhutnění dle Proctorovy křivky. Je chybné zhutňovat sypaninu proléváním vodou. Sypanina nesmí obsahovat organický materiál jako pařezy, větve, drny apod., také nemá obsahovat části bránící hutnění (velké kameny, aj.), tj. maximálně zrna do 1/5 tloušťky vrstvy, u sypkých zemin maximálně 1/3 tloušťky vrstvy. Doporučená maximální vrstva sypaniny před zhutněním je 300 mm při minimální hmotnosti hutnicího mechanismu 10 tun. Vrstvy filtrů se nesmí mísit s okolními vrstvami, aby nebyla omezena funkčnost filtrů (ČSN 75 2410).

Návodní líc

Pro zamezení abraze návodního líce hráze vlivem erozní činnosti vody je nutné návodní líc vždy vhodně opevnit. Opevnění musí být spolehlivě opřeno do práhu, pasu, patky apod., aby nedošlo k usmyknutí opevnění na svahu. Pod vrstvou opevnění bývá podloží, mající charakter filtru. Jestliže funkci filtru je schopen zajistit materiál sypaniny hráze, může být tato vrstva vynechána. Sklony návodního líce hráze v závislosti na použité zemině znázorňuje tabulka č. 2.

Vzdušný líc

Vzdušný líc bývá zpravidla opevněn travním porostem. Uspořádání a charakter porostu musí vždy umožňovat vizuální kontrolu tělesa hráze. V případě výsatby dřevin na těleso hráze musí být dodrženo, aby kořenový systém dřevin nezasahoval do saturované vrstvy (aby byly nad depresní křivkou). Dle ČSN 75 2310 by těleso hráze vyšší než 15 m a zároveň při sklonu vzdušního líce strmějším než 1:2 bylo nutno navrhovat lavičky. Lavičky mohou být vzájemně propojeny schodištěm. Pata

svahu vzdušního líce musí být zhotovena tím způsobem, aby zajišťovala odtok průsakové vody do měřitelného místa. Toto většinou zajišťuje patní drén.

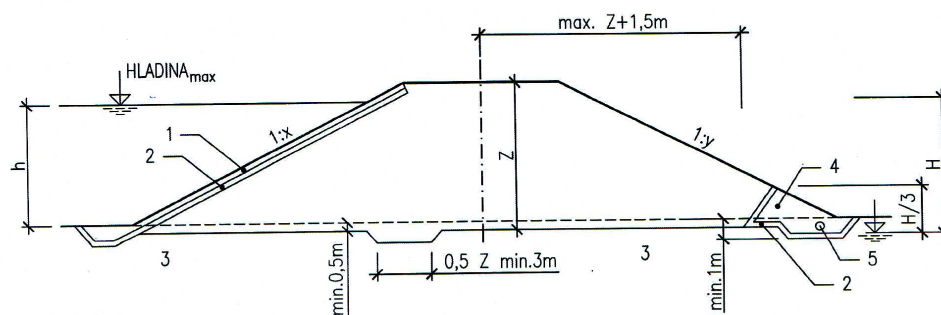
Koruna hráze

Koruna hráze se, jak uvádí VRÁNA (2013), navrhuje v minimální šířce 3,0 m, pokud po koruně vede komunikace, jsou šířkové parametry odvozeny od parametrů komunikace. Je vždy nutné korunu odvodnit tak aby na ní nezůstávala stážková voda. Běžný způsob je upravit jednostranně příčný sklon 1-3% do prostoru nádrže, v případě vodárenských nádrží se tento sklon volí na opačnou stranu, tedy ke vzdušnému líci. Parametry koruny mají vždy umožňovat pohyb mechanizace při nutné údržbě MVN a má být zajištěna přehlednost vodního díla.

Styk s funkčními objekty

Při stavbě hráze je vždy nutné věnovat zvýšenou pozornost styku s funkčními objekty. Zde se většinou jedná o navázání na betonové konstrukce, kdy svislé strany betonových konstrukcí musí být provedeny ve sklonu 10:1 a mírnějším tak, aby zemina byla vlastní tíhou ke konstrukci přitlačována, styk musí být co nejtěsnější a plastický. Betonová konstrukce bude prostá hnízd a nerovností, pro lepší styk se doporučuje těsně před sypáním zeminy beton natřít jílovým mlékem. V případě, že po styčné ploše dochází k průsaku vody z nádrže, bude tento průsak podchycen samostatným drénem a vyveden k místu umožňujícímu kontrolu průsaku.

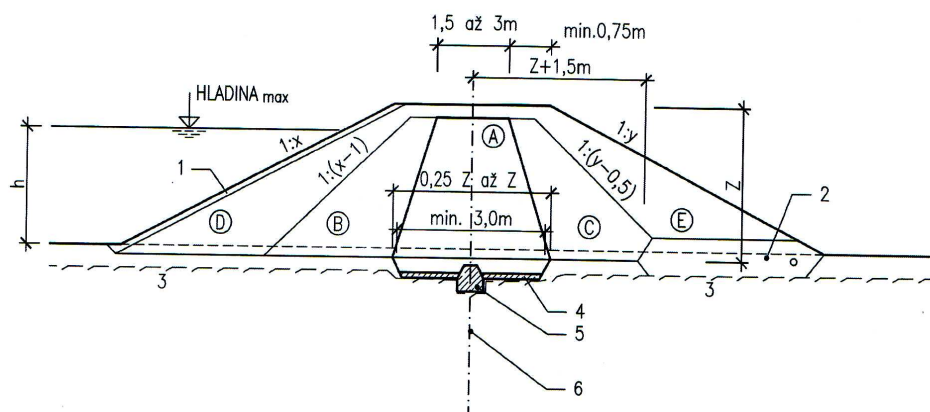
Obr. č. 1, Řez homogenním tělesem hráze (dle ČSN 75 2410)



Legenda

- 1 Opevnění
- 2 Filtr
- 3 Nepropustné podloží
- 4 Patní drén
- 5 Drenážní potrubí

Obr. č. 2, Řez nehomogenním tělesem hráze (dle ČSN 75 2410)



Legenda

- 1 Opevnění
- 2 Drenážní prvek
- 3 Skalní podloží
- 4 Betonová vyrovnávací vrstva
- 5 Betonová zavazující ostruha
- 6 Těsnící prvek v podloží

2.4.2 Návrh prostoru nádrže

Obecně lze konstatovat, že u všech nádrží musí být v prostoru zátopy provedena skryvka humózní vrstvy, odstranění dřevin včetně pařezů a odstranění staveb. Nejnižším místem prostoru zátopy, zpravidla údolnicí, by měla být vedena odvodňovací strouha (zemní koryto), která u průtočných nádrží většinou koresponduje s původní trasou koryta vodního toku. Úkolem strouhy je soustředit v době vypuštění nádrže průtok vody do jedné linie tak, aby nedocházelo k rozlivu a stagnaci vody v ploše dna nádrže, což by vlivem podmáčení zapříčinilo zhoršené podmínky pro pohyb po dně nádrže. Okolní terén dna nádrže by měl být k této strouze vypádován.

Vnitřní prostor nádrže dále odpovídá požadavkům na účel nádrže (viz podkapitola 2.2). U rybochovných nádrží je v blízkosti hráze nutná realizace loviště, kádiště a příjezdové zpevněné plochy, často též krmného sila, u nádrží s důrazem na ekologickou funkci je žádoucí vytvoření litorálních zón v nátokových částech.

Prostor nádrže může být rovněž vybaven objekty pro rekreaci (mola, písčité pláže, atd.), odběrnými či výústními objekty nebo zařízením pro chov vodní drůbeže.

2.4.3 Návrh spodní výpustě

Spodní výpust umožňuje vypuštění nádrže a měla by jí být vybavena každá MVN. V současnosti jsou nejčastěji navrhovány trubní výpusti, většinou trubní výpusti požerákového typu, popřípadě trubní výpusti hrazené kanalizačním šoupátkem. U historických nádrží se můžeme setkat s otevřenými výpustmi, s lopatovými či šikmými stavidlovými uzávěry na návodní straně nebo s uzávěry čepovými (Doležal a kol., 2011).

ČSN 75 2410 nabízí přehled druhů požeráků v rozdělení:

- a) otevřené s jednoduchou nebo dvojitou dluž. stěnou a odběrem z hladiny,
- b) polouzavřené s předřazenou dlužov. nornou stěnou a odběrem z hladiny,
- c) uzavřené s dlužovou stěnou, poř. dnovým uzávěrem,
- d) otevřené, popř. uzavřené s pevným přelivem a plochým dnovým kanalizačním uzávěrem.

Oproti tomu Vrána (2013) nabízí poměrně jednodušší a srozumitelnější rozdělení požeráků:

- a) otevřený jednoduchý,
- b) zavřený dvojitý,
- c) otevřený dvojitý,
- d) otevřený jednoduchý zdvojený,
- e) zavřený dvojitý zdvojený,
- f) otevřený dvojitý zdvojený.

Návrh druhu a kapacity spodní výpusti by měl korespondovat s požadavky na funkci nádrže (suchá nádrž, rybochovná nádrž, aj.), s požadavky na vyprázdnění či snížení hladiny ve stanoveném časovém intervalu. Nádrže o objemu ovladatelného prostoru nad 1 mil. m³ musí být vybaveny dvěma výpustmi, vtok do spodní výpusti má být vybaven česlicemi (nejlépe rámovými), nejmenší profil u trubní spodní výpusti dle ČSN 75 2410 je 300 mm, niveleta výpustního zařízení musí umožňovat úplné vypuštění MVN. Otevřené požeráky by neměly být navrhovány pro hrazenou výšku

větší než 3 m. Výhodou otevřených dvojitých požeráků je možnost odběru vody buďto z hladiny, nebo ode dna nádrže (možnost odpouštět studenou či teplou vodu). Každý požerák musí být osazen na betonový základ. Nejčastější materiály pro zhotovení požeráků jsou železobeton a dřevo.

Pro trubní výpust se volí zpravidla běžné kanalizační potrubí s vodotěsnými spoji, materiálově lze použít betonové, plastové, či ocelové trouby. Okrajově se lze setkat s kameninovým a litinovým potrubím, u historických staveb je ojediněle možné narazit na dřevěné spodní výpusti. Nově budované potrubí spodní výpusti se ukládá na podkladní beton a po celém obvodu se obetonuje, obetonování obsahuje podélnou tahovou ocelovou výztuž, která bývá provázána třmeny.

Vhodný návrh spodní výpusti je doprovázen výpočtem doby prázdnění nádrže (Vrána, 2013),

$$t_i = (0,132 \cdot S_x) / (m \cdot b \cdot z^{0,5}), \quad [s] \quad (3)$$

kde je b délka přelivné hrany [m]

m součinitel přepadu pro přepad přes ostrou hranu ($m = 0,407$)

z výška jedné dluže [m]

S_x průměrná plocha hladiny odpovídající těžišti zvolené vrstvy [m²].

Celková doba prázdnění nádrže T vychází ze součtu jednotlivých dílčích časů (Vrána, 2013), tedy

$$T = \sum t_i \quad [s] \quad (4)$$

Množství vody, jež přes dlužovou stěnu požeráku může protéci, je dáno vztahem (Vrána, 2013)

$$Q_o = m \cdot b_o \cdot (2g)^{0,5} \cdot h^{1,5}, \quad [m^3/s] \quad (5)$$

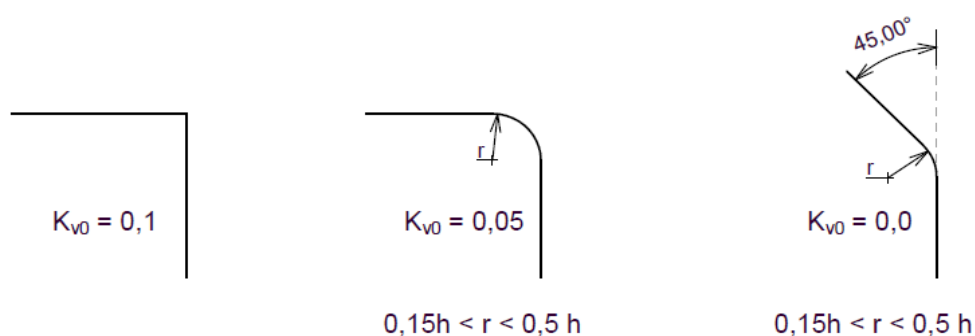
$$b_o = b - 2K_v \cdot h, \quad [m] \quad (6)$$

kde je K_v součinitel vtoku,

Doležal (2006) uvádí tři základní tvary vtoku (obrázek č. 3), ze kterých dosadíme

$$K_v = (b \cdot K_{v0}) / (b + h). \quad (7)$$

Obr. č. 3, Součinitele vtoku K_{v0}



Trouba spodní výpusti odvádí vodu o volné hladině a její kapacita je dána Chezyho rovnicí

$$Q = S \cdot C \cdot \sqrt{(R \cdot I)}, \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (8)$$

kde je S plocha průtočného průřezu (m^2)

C rychlostní součinitel ($\text{m}^{0,5}/\text{s}$)

R hydraulický poloměr (m)

I podélný sklon potrubí,

výpočet rychlostního součinitele dle Manninga je dán vztahem

$$C = 1/n \cdot R^{1/6}, \quad [\text{m}^{0,5}/\text{s}] \quad (9)$$

hydraulický poloměr R je dán vztahem

$$R = S/O, \quad [\text{m}] \quad (10)$$

kde je O omočený obvod (m).

Rychlostní součinitel dle Manningova vztahu platí v omezené míře, to za předpokladu $n > 0,011$ a zároveň $0,3 \text{ m} < R < 5 \text{ m}$. V odlišných situacích lze užít vztahy dle Pavlovského, Agroskina či Martince.

Požerák by měl svojí výškou přesahovat maximální hladinu v nádrži tak, že bude zamezeno vtoku do požeráku shora přes jeho obvodové stěny. Kapacita trouby spodní výpusti má přesahovat kapacitu vtoku do požeráku, aby nedocházelo k zahlcení trouby a tlakovému proudění. Pod spodní výpustí je nutné tlumit vodní energii zdrsněním dna popřípadě vývarem, v jednoduchých případech též podtrubní jámou. Návrhem vývaru se zabývá kapitola 2.4.6.

2.4.4 Návrh bezpečnostního přelivu

Pro bezpečné převedení návrhových průtoků přes vodní dílo se zřizují bezpečnostní přelivy. Hodnota návrhového průtoku vychází z TNV 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních. Ta pro vodní díla IV. kategorie požaduje ochranu na Q_{100} , při převažujících ztrátách (při havárii díla) vlastníka nádrže a nevýznamných ztrátách ostatních vlastníků se tato hodnota může snížit na min. Q_{20} . Toto snížení je rovněž umožněno u velmi malých vodních nádrží do 5 000 m³ zadržené vody.

Přelivy se dělí na přímé (čelní), kdy přelivná hrana je rovnoběžná s osou hráze a konstrukce přelivu zasahuje do tělesa hráze. Tato varianta není dle ČSN 75 2410 vhodná u hrází vyšších než 5 m. Dále známe přelivy boční, kdy přeliv je situován v boční části nádrže a přelivná hrana je zpravidla kolmá na osu hráze. Přelivy šachtové, které se na MVN vyskytují jen zřídka a konečně přelivy ve sdružených funkčních objektech, kdy do spadiště natékají vody z přelivné hrany i od spodní výpusti a dále jsou odváděny společným odpadním potrubím. U MVN, jelikož zpravidla nemají trvalou obsluhu, je nežádoucí návrh bezpečnostního přelivu s hrazeným průtočným profilem, rovněž je nevhodné navrhovat konstrukce, které hrozí ucpáváním přelivu (česle v přelivu, trubní přelivy, aj.). Přelivná plocha bezpečnostních přelivů musí být řádně opevněná, v praxi je nečastěji volena kamenná dlažba do malty cementové (popř. do betonového lože), zajištěná betonovými pasy. Opevnění může být i betonové, ze silničních panelů, ojediněle z kamenné dlažby na sucho. Je nevhodné klást opevnění do propustné vrstvy (štěrku, písku, apod.).

Při návrhu bezpečnostního přelivu se nejčastěji uvažuje o přelivu přes širokou korunu, který vychází z rovnice č. 5.

Při velmi častém případě přelivu s lichoběžníkovým příčným průřezem lze vzorec č. 5 upravit dle Nováka (2014):

$$Q = m \cdot (b + n \cdot h) \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2}, \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (11)$$

kde je m přepadový součinitel (odvození z tabulky č. 3),

n sklon svahu.

Tab. č. 3, Určení přepadového součinitele m (Roub, 2003)

Přepad beze ztrát	0,38
Celá vstupní část prahu je dobře zaoblena	0,36
Práh má zaoblenou vstupní hranu	0,35
Práh má seříznutou vstupní hranu	0,33
Vstupní hrana je ostrá	0,32
Vstupní hrana je ostrá a práh mimořádně drsný	0,30

2.4.5 Návrh skluzu

Skluz je nejčastější, v případech čelních bezpečnostních přelivů výhradní, forma opevnění pod bezpečnostními přelivy. Jedná se v podstatě o opevněné otevřené koryto o velkém podélném sklonu, výpočet proudění v otevřeném korytě podrobněji popisuje kapitola 2.4.7. Profesor Kunštátský (1971) o této problematice doslova napsal: „Obvyklé rychlostní vzorce (Manning, Pavlovskij) platí v otevřených korytech do sklonu asi 10% ($J = 0,1$). Při větších sklonech i příslušných velkých rychlostech strhuje voda s sebou vzduch a tato směs se pohybuje poněkud menší rychlostí, než by vycházelo ze vzorců. Příčný řez toku je zaplněn zčásti vzduchem, proto je průtok samotné vody menší, než dává součin průtočné plochy a rychlosti“. Tato okolnost se dle Kunštátského (1971) zapracuje do výpočtu prostřednictvím zvýšení drsnostního součinitele n o koeficient ξ .

$$n_z = n \cdot \xi, \quad (12)$$

kde je	$\xi = 1,33$	$\xi = 1,33 - 2,00$	$\xi = 2,00 - 3,33$
	$J = 0,1-0,2$	$J = 0,2 - 0,4$	$J > 0,4.$

Přičemž dolní uvedené meze ξ se vztahují k $R = ,01$ až $0,3$ m, horní uvedené meze k $R < 0,1$ m.

Při návrhu skluzu je nutno uvažovat se skutečností, že u širokých a mělkých koryt by hloubka neměla být nižší, než $1/10$ omočeného obvodu, neboť pak dochází k nerovnoměrnému pohybu vody ve vlnách, což nadměrně namáhá skluz i vývar pod skluzem. Pod skluzem musí být navrženo vhodné utlumení vodní energie, nejčastěji formou vývaru (Kunštátský, 1971).

2.4.6 Návrh vývaru

Všude tam, kde je výskyt vody vytékající velkou rychlostí (pod spodní výpustí, skluzem, jezem, propustkem), je nutné utlumit vysokou vodní energii, která může

poškozovat navazující koryto a břehy, základy a konstrukce přilehlých objektů a může dojít k nežádoucím výmolům ohrožující okolí. Pro účely utlumení této vodní energie se navrhuje vývary – někdy také nazývané jako spojení hladin vodních zdrží, které mají formou vodního skoku převést bystřinné proudění na proudění říční. Jedná se o objekt jistého opevněného prostoru o délce L a přehloubený oproti okolnímu dnu koryta o hloubku d .

Správný návrh vývaru se zakládá na stanovení návrhového průtoku Q_n (obvyčejně koresponduje s návrhem skluzu a bezpečnostního přelivu), z návrhu bezpečnostního přelivu určíme výšku přepadového paprsku h a dále výšku vody v odtokovém korytě h_d při návrhovém průtoku. Rozdíl výšek mezi přelivnou hranou bezpečnostního přelivu a dnem koryta odtoku označíme symbolem s . Dle Bernoulliho rovnice získáme energetickou výšku (Jandora, 2013).

$$E_0 = s + h + (\alpha \cdot v^2)/2g, \quad [\text{m}] \quad (13)$$

kde je v rychlost vody přitékající ze skluzu (m/s)

α koeficient bezpečnosti (obvykle = 1,0).

Průřezový průtok dle Jandory (2013) vychází ze vztahu

$$q = Q_n/b, \quad [\text{m}^2/\text{s}] \quad (14)$$

kde je b šířka prahu vývaru (m).

Iteračně (přibližováním) se vypočítá hloubka paprsku v místě zúžení h_1 (Jandora, 2013).

$$h_c = q/(\varphi \cdot \sqrt{(2g) \cdot (E_0 - h_c)}), \quad [\text{m}] \quad (15)$$

0. přiblížení (h_c se ve jmenovateli zanedbá)

1. přiblížení (h_c se uvede hodnota z předchozího přiblížení)

2. přiblížení (h_c se uvede hodnota z předchozího přiblížení)

a případné další přiblížení.

Za h_1 se považuje hodnota h_c z přiblížení, která se shoduje na tři desetinná místa.

Následně se dopočítá druhá vzájemná hloubka h_2 podle vztahu

$$h_2 = h_1/2 \cdot (\sqrt{(1+(8q^2/g h_1^3))}-1). \quad [\text{m}] \quad (16)$$

Prohloubení dna vývaru vychází ze vztahu

$$d = \sigma \cdot h_2 / h_a, \quad [\text{m}] \quad (17)$$

kde je σ koeficient bezpečnosti $\in 1,05-1,10$

Dle Jandory (2013) následuje korekce skutečné energetické výšky opravené o hloubku vývaru

$$E_0' = E_0 + d. \quad [\text{m}] \quad (18)$$

Přepočítá se h_1 a h_2 na základě hodnoty E_0' a posoudí se zda koeficient bezpečnosti σ leží v rozmezí 1,05 – 1,10.

2.4.7 Návrh koryta pod nádrží

Postup návrhu koryta pod nádrží koresponduje se zásadami úprav malých vodních toků. Pro správný návrh odtokového koryta pod MVN jsou nezbytné hydrologické údaje lokality, znalosti, zda charakter navazujícího území vyžaduje zvýšenou ochranu (intravilán či extravilán) a zda vodní tok slouží pro migraci vodních živočichů, zejména ryb. Koryto má být vedeno v údolnici, nejnižší polohou údolí. Dalšími důležitými faktory pro návrh odtokového koryta pod nádrží jsou prostorové a směrové poměry. Ty mohou být limitující zejména u rekonstrukcí historických nádrží ve stávající zástavbě, kdy šířka pozemku toku či proluka mezi zástavbou značně omezují možnosti návrhu koryta. Je dobrou praxí odvést vodu co nejrychleji (nejkratší možnou cestou) od tělesa hráze, tedy pokud možno kolmo na osu hráze, neboť vody vedené podél hráze mohou vlivem břehových nádrží při povodňových průtocích narušovat stabilitu tělesa hráze. Koryto odtoku se doporučuje stabilizovat do vzdálenosti min. 5-6 m od paty vzdušného líce hráze. Forma a skutečná délka opevnění závisí na návrhovém průtoku.

Návrhový průtok by měl být součtem kapacity bezpečnostního přelivu a kapacity spodní výústě. Při návrhu bezpečnostního přelivu na hodnotu Q_{100} postačí koryto o kapacitě rovnající se této hodnotě. Návrh příčného profilu koryta je směrodatný pro výpočet průtoku, ze základních geometrických tvarů koryta je možné získat plochu příčného profilu S , omočený obvod O a hydraulický poloměr R (dle vzorce č. 10). Nejčastějším případem je lichoběžníkový profil. Podélný sklon je dán geodetickým zaměřením. Dle Křováka (2008) užíváme vzorce:

$$S = h (b + mh), \quad [\text{m}^2] \quad (19)$$

$$O = b + 2h \sqrt{(1+m^2)}, \quad [\text{m}] \quad (20)$$

kde je b šíře dna (m)
 m sklon svahů
 h hloubka vody (m).

Tab. č. 4, Součinitele drsnosti n (Hanák a kol., 2008)

Charakter koryta	n
Štěrkové dno – Efektivní zrno krycí vrstvy $d_m = 20$ mm	0,025
Štěrkové dno – Efektivní zrno krycí vrstvy $d_m = 40$ mm	0,031
Štěrkové dno – Efektivní zrno krycí vrstvy $d_m = 100$ mm	0,039
Štěrkové dno – Efektivní zrno krycí vrstvy $d_m = 120$ mm	0,043
Štěrkové dno – Efektivní zrno krycí vrstvy $d_m = 150$ mm	0,047
Štěrkové dno – Efektivní zrno krycí vrstvy $d_m = 200$ mm	0,050
Štěrkové dno – Efektivní zrno krycí vrstvy $d_m = 300$ mm	0,055
Bystřiny se štěrkovým dnem, nepravidelné břehy s vegetací	0,000
Bystřiny s oblázky a valouny, peřejnatý průtok	0,000
Bystřiny s valouny a prudkým pěnicím proudem	0,080
Bystřiny s vodopády, koryto s velkými valouny a balv., voda zpěněná	0,100
Zemní koryto pravidelné, udržovaný travní porost	0,035
Pravidelné koryto, stěrk. pohoz, plůtky z tyč., udržovaný trav. porost	0,035
Plůtek z tyčoviny, štěrkový pohoz dna $d_m < 100$ mm	0,030
Plůtek z tyčoviny, štěrkový pohoz dna $d_m = 100 - 150$ mm	0,033
Plůtek z tyčoviny, štěrkový pohoz dna $d_m = 150 - 250$ mm	0,040
Pohoz dna z kameniva $d_m = 100$ mm	0,025
Pohoz dna z kameniva $d_m = 100 - 150$ mm	0,030
Oživený srub z kulatiny	0,045-0,055
Oživená kamenná rovnanina	0,050-0,060
Polovegetační tvárnice bez porostu, výplň štěrkem $d_m < 50$ mm	0,015
Polovegetační tvárnice s porostem, výplň štěrkem $d_m < 50$ mm	0,025
Dlažba z lomového kamene spárovaná cementovou maltou	0,018-0,030
Dlažba z velkých kopáků	0,020-0,026
Dlažba z lomového kamene na sucho	0,025-0,035
Betonové koryto hladké	0,012-0,014
Betonové koryto drsné	0,016-0,023
Zdivo z opracovaného kamene spárované cementovou maltou	0,013-0,017
Zdivo z lomového kamene na sucho	0,020-0,032
Rovnanina z kamene	0,023-0,035

Dále získáváme rychlostní součinitel C dle Manninga (dle vzorce č. 9), kdy součinitele drsnosti uvádí tabulka č. 4. Rychlost vody v je dána dle Chézyho a následně průtok korytem Q je dán rovnicí kontinuity (Křovák, 2008)

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i}, \quad [\text{m/s}] \quad (21)$$

$$Q = S \cdot v, \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (22)$$

kde je i podélný sklon nivelety dna.

2.5 Vodohospodářské řešení MVN

Pro správný návrh malé vodní nádrže Vrána (2013) uvádí nutnost řešit rovněž základní vodohospodářské ukazatele, jako je roční vodohospodářská bilance nádrže, charakteristická čára nádrže, řešení zásobního a retenčního prostoru nádrže. Z těchto informací se vychází pro zpracování provozního a manipulačního řádu nádrže. Vodohospodářské řešení MVN se provádí početně, tabelárně popř. graficky.

2.5.1 Charakteristická čára nádrže

Charakteristická čára nádrže, někdy také čára objemu nádrže, nám přehledně udává objemy jednotlivých prostorů (mrtvý, zásobní, ovladatelný, neovladatelný, atd.) při dané výšce vodní hladiny. Z charakteristické čáry nádrže je zřejmý objem nádrže, retence vody od přelivné hrany bezpečnostního přelivu po dosažení koruny hráze, z objemů následně odvozujeme dobu prázdnění nádrže a další podstatné skutečnosti pro správný návrh manipulačního a provozního řádu nádrže. Při tvorbě manipulačního řádu je nutné postupovat s maximální precizností, neboť se jedná o úřední dokument schvalovaný vodoprávním úřadem. Na základě tohoto dokumentu je postupováno při provozu nádrže, který má zásadní vliv na bezpečnost vodního díla a na ochranu nemovitostí (nezřídka i lidských životů) pod nádrží.

2.5.2 Vodohospodářská bilance nádrže

Do vodohospodářská bilance se promítají veškeré vlivy, které ovlivňují vodní režim nádrže v průběhu hydrologického roku. Hydrologický rok se bere od listopadu do října následujícího roku, počátek hydrologického roku je dán měsícem s minimem srážek a dobou, kdy již odtál všechn sních z předešlé zimy. Do bilance jsou zahrnuty všechny faktory v hlediska vodních dotací a ztrát. Zejména pak přítok, odtok (zvláště minimální zůstatkový průtok), výpar z vodní hladiny, odběr vody

z nádrže, vypouštění vody do nádrže. Předpokladem správného návrhu je kladná vodohospodářská bilance.

2.5.3 Zvláštní nároky nádrží

Nad rámec výše uvedených aspektů z hlediska hospodaření s vodním režimem přichází speciální nároky na vodní nádrže, které jsou dány účelem nádrže. Tyto záležitosti svým obsahem přesahují rámec zadání bakalářské práce, proto je uvedeno alespoň heslovitě několik příkladů pro obecnou představu.

U dočišťovacích nádrží je to schopnost čistit pro dané množství a zatížení, u rybochovných nádrží požadavky na obměnu vody a teplotu pro daný druh ryby, u nádrží s hydroenergetickým účelem schopnost naplňovat energetické požadavky (pohon hamrů, mlýnů, turbín, apod.), u vodárenských nádrží požadavky ohledně jakosti vody.

3. Zhodnocení nejčastějších vad při provádění

Na základě poznatků, uvedených v teoretické části bakalářské práce, lze odpovědně navrhnout malou vodní nádrž. Zkušenosti z praxe však ukazují, že při provádění dochází k odchylkám od projektové dokumentace, které mohou často vést i k poruchám funkčnosti vodních děl. Odchytky od projektu bývají zčásti zapříčiněny i neznalostí místa a podmínek ze strany projektanta, tedy chybným návrhem na který je třeba při stavbě operativně reagovat. Většinou jsou odchylky zapříčiněny neodborným přístupem zhotovitele a tlakem investora na minimalizaci nákladů.

Mezi časté vady patří:

- a) chybné či vůbec žádné vytyčení stavby, kdy nádrž zasahuje jiné pozemky, než jsou uvedeny v územním rozhodnutí,
- b) snaha o maximalizaci zadržené vody – navyšování tělesa hráze, rozšiřování zátopy, snižování průtočného profilu bezpečnostního přelivu, při odbahňování přehloubení nádrží, nevhodné sklony vřehů a následné sesuny do prostoru nádrže,

c) neodborné sypaní hráze bývá asi nejčastější chybou, zde nebývá dodrženo hutnění, tloušťka vrstev, zemní zámek, sklony svahů. V neposlední řadě zde nebývá dodržena vhodnost sypaniny, zejména výskyt humózních vrstev, větví a pařezů v tělese hráze. V souvislosti s hrází dochází i k podcenění návodního opevnění,

d) funkční objekty jsou již z názvu nejdůležitější částí MVN pro samotné fungování díla. Zde bývá nejběžnější chybou absence obetonování spodní výpusti a následný střih či rozpojení trub při sedání hráze, nedostatečné zabezpečení vtoku do požeráku (požerák příliš utopený v tělese hráze a následné zasypání prostoru před vtokem do požeráku), nižší průtočný profil bezpečnostních přelivů a nevhodné opevnění skluzů, vynechání patních drenů, nedostatečné opevnění odtoku pod hrází. Nevhodný materiál funkčních objektů.

Pro obraznost jsou v příloze č. 2 uvedeny chyby a odchylky při návrhu či provádění MVN, které uvedlo několik respondentů v oboru vodohospodářských staveb.

4. Posouzení odchylek výběrových příkladů

Pro účely bakalářské práce jsou vybrány čtyři MVN, které projektoval autor této práce a je na nich posuzováno, k jakým chybám při samotné realizaci došlo. Dle výše uvedené teorie návrhu bylo vyprojektováno všech níže uvedených nádrží. Metod posouzení odchylek vybraných MVN spočívá v provedení měření a dokumentace skutečného stavu je zpětně dosazena do výpočtových vzorců. Jednotlivé odchylky jsou specifikovány, rovněž je v práci uveden jejich možný dopad na vodní díla z hlediska funkčnosti, stability a bezpečnosti.

4.1 MVN Mýtský rybník

V roce 2009 byla vypracována projektová dokumentace na rekonstrukci MVN Mýtský rybník v k.ú. Prameny, která se nachází v CHKO Slavkovský les. Investorem stavby byla společnost Lesy ČR, s.p. Rekonstrukce spočívala v přespárování kamenných dlažeb v mostním poli odtoku stávajícího kašnového přelivu v severní části nádrže a nahrazení kamenného záhozu kamenou dlažbou. Dále realizace nového bočního přelivu v jižní části nádrže, který bude odvádět stálý odtok z nádrže a bude navyšovat bezpečnost vodního díla na Q_{100} dle dat Českého

hydrometeorologického ústavu (dále jen ČHMÚ). Pod tímto přelivem proběhne opevnění části odtokového koryta a nová trubní propust pod cestou. Dalším předmětem dokumentace bylo zhotovení nové spodní výpusti v místě stávající nefunkční.

Veškeré projektované stavby byly projednány s dotčenými orgány a následně povoleny vodoprávním úřadem. Následná realizace proběhla dodavatelsky, autorský dozor nebyl na stavbu přizván, investor si zajišťoval technický dozor stavby vlastními kapacitami. Po realizaci stavby byla v rámci této absolventské práce zaměřena dokončená stavba a výsledné hodnoty byly porovnány s navrženým stavem.

4.1.1 Bezpečnostní přeliv

Stávající kašnový přeliv zůstává beze změn, navazující opevnění kamenným záhozem před mostním polem bylo nahrazeno kamennou dlažbou do betonu, dlažba v mostním poli byla přespárována. Výše uvedené je provedeno beze změn od projektové dokumentace (dále jen PD). Navazující kamenná dlažba pod mostním polem měla být provedena v délce 4 m a ukončena betonovým stabilizačním prahem. Tato část byla po levém břehu provedena v délce 3 m, po pravém břehu v délce 5 m. Stabilizační práh chybí (viz obrázek č. 4).

Boční bezpečnostní přeliv byl navržen jako přepad přes širokou korunu lichoběžníkového příčného průřezu. Šířka ve dně 3,5 m, hloubka 0,5 m, svahy o sklonu 1:3. Tento návrh odpovídal kapacitě Q_{20} dle hydrologických dat ČHMÚ. Začátek přelivné hrany měl být stabilizován betonovým prahem, na něj navazuje kamenná dlažba do betonu, ze které je navrženo i následné odtokové koryto k propustku (šířka ve dně 1,0 m, hloubka 1 m, sklony břehů 1:1) a navazující část opevněného koryta pod propustkem. Toto koryto má svými rozměry korespondovat se stávajícím obtokovým zemním korytem. Dlažba pod propustkem měla být ukončena příčným stabilizačním betonovým prahem. Čela propustku byla navržena z kamenného zdiva, na vrchní straně ukončené monolitickou krycí deskou. Propustek byl navržen z trub BT DN 800. Skutečné rozměry přelivu jsou odlišné, šířka ve dně 3,6 m, hloubka 0,35 m, sklony svahů 1:4, forma opevnění a provedení souhlasí s PD. Začátek ani konec opevnění koryta není stabilizován betonovými

prahy, sklony břehů koryta jsou 1:0,7, výška opevnění koryta je 0,9 m. Propustek nemá čela krytá monolitickými deskami, v ostatních ohledech je totožný.

Obr. č. 4, Ukončení dlažby pod mostním polem, betonový práh zcela chybí



4.1.2 Spodní výpust

Spodní výpust byla v době zpracování nefunkční, důvod byl pravděpodobně zborcení potrubí BT DN 500. Historicky byl v zátopě nádrže otevřený dvojitý požerák. PD navrhovala v návodní patě zřídit vtokový objekt s česlemi, v koruně hráze osadit uzavřený dvojitý požerák, pod výpustí stabilizační čelo z kamenného zdiva a kamenný vývar ukončený betonovým prahem. Spodní výpust byla navržena z trub BT DN 500 s obetonováním. V současnosti není možné ověřit existenci obetonování trub a vtokového objektu v zátopě. Uzavřený požerák je realizován přiložením betonové desky do čela otevřeného požeráku (patrně z obrázku č. 5), čelo pod výpustí není zakryto monolitickou deskou, vývar koresponduje s návrhem dle PD.

Obr. č. 5, Těleso požeráku není jednolitě



4.1.3 Zhodnocení

Opevnění odtoku pod stávajícím kašnovým přelivem je vyhovující, dlažby vykazují stabilitu a celistvost. Ukončení opevnění je chybné, v případě průchodu povodňové vlny může dojít k podemletí konce dlažby a s každou další povodní k její postupné destrukci. To platí i pro opevnění koryta odtoku pod bočním přelivem, kde rovněž chybí stabilizace betonovými prahy. Koryto pod bočním přelivem má strmější břehy, což může být nevhodné při údržbě. Pro průtok to nemá vliv. Rovněž nižší hloubka opevnění má vzhledem k vyšší kapacitě koryta oproti přelivu zanedbatelný význam. Nejzávažnější chybou je rozměr bočního přelivu. Kapacita návrhu je $2,58 \text{ m}^3/\text{s}$, skutečnost je $1,51 \text{ m}^3/\text{s}$ (výpočet dle kapitoly 2.4.4). Tímto se z hodnoty Q_{20} dostává kapacita bočního přelivu pod Q_{10} . Rovněž realizace přelivné hrany bočního přelivu o 5 cm výše, než je počítáno v návrhu, způsobuje navýšení normální hladiny a snížení ochranného objemu nádrže o $1\,850 \text{ m}^3$. Absence zákrytových desek čel propustku a spodní výpusti může mít za následek dřívější degradaci zdí vlivem zatékání do spár zdiva, popř. kořeněním rostlin ve spárách na vrchní straně. Je však nutno zhodnotit, že čela pouze z kamene působí v oblasti CHKO Slavkovský les přirozeněji. Nekompaktní těleso požeráku může způsobovat průsaky do tělesa

hráze, ovšem v případě obetonování vodostavebním betonem tato skutečnost nemusí být brána, jako chyba. Existenci obetonování není možno zpětně ověřit bez zásahů do tělesa hráze.

Celkově lze stavbu hodnotit i přes některé nedostatky příznivě, neboť odchylky nemají významný vliv na bezpečnost vodního díla.

4.2 Kaskáda dvou MVN Tuněchody

V roce 2009 autor práce vypracoval projektovou dokumentaci na akci „Kaskáda 2 MVN – Tuněchody“. Jedná se o novostavbu dvou průtočných vodních nádrží mezi zemědělskými pozemky v k.ú. Tuněchody u Stříbra. Investorem stavby byl soukromý zemědělec, který je zároveň vlastníkem dotčených zemědělských ploch. MVN byly navrženy na pozemcích pod ochranou zemědělského půdního fondu, které však díky značnému zamokření neumožňují zemědělské hospodaření. Místo stavby se nachází v mělkém údolí katastrovaného drobného vodního toku jižně od obce Tuněchody. Pro založení staveb byl ověřen mělký geologický profil, byl vypracován výškopis a polohopis dotčeného území. Na základě všech vstupních podkladů byly navrženy MVN tvořené zemními tížnými hrázemi s návodním těsněním z PVC fólie. Obě nádrže mají přímé hráze s čelními bezpečnostními přelivy a spodními výpustmi s regulací hladiny pomocí otevřeného dvojitého požeráku. Skluzy pod přelivy a následné odtokové koryto v délce 5 m jsou opevněny kamennou dlažbou. Po dokončení stavby měly vzniknout 2 MVN o ploše 2879 m² + 2404 m² a užitém objemu 1499 m³ + 1131 m³.

Veškeré projektované stavby byly projednány s dotčenými orgány a následně povoleny vodoprávním úřadem. Následná realizace proběhla dodavatelsky, autorský dozor nebyl na stavbu přizván. Investor si nezajišťoval technický dozor stavby. Po realizaci stavby byl v rámci této bakalářské práce zdokumentován dokončený stav vodní nádrže a výsledné hodnoty byly porovnány s projektovou dokumentací.

4.2.1 Prostor nádrží

Dokumentace uvažovala s realizací stavby, která dle zákona č. 289/1995 Sb. (lesní zákon) nevyžadovala vydání souhlasu se stavbou do 50 m od lesa (hráz spodní nádrže se nacházela cca 140 m od lesního pozemku). Stavebník zcela ignoroval

znění územního rozhodnutí, umístil stavby o cca 115 m níže po vodním toku (viz příloha č. 1). Stavbou došlo k dotčení jiných pozemků, než které specifikuje územní rozhodnutí. Vytýčení stavby před realizací zde neproběhlo a stavba se začala budovat takzvaně „od oka“.

Za normální hladiny jsou zatopené plochy nádrží 3190 m² + 3650 m². Celkově tedy zátopa při normální hladině převyšuje o cca 1560 m² hodnoty z návrhu. Zvětšení hodnoty zátopy bylo dosaženo za cenu neúměrného navýšení zemních prací. Navržené litorální zóny v nátokových částech nádrží o ploše cca 8% zátopy nebyly dodrženy a v současnosti litorální pásmo zcela chybí. Nádrž postrádá i navrženou doprovodnou zeleň v podobě výsatby *Jasanu ztepilého* (*Fraxinus excelsior*), která měla spolu s litorálním pásmem posílit biodiverzitu v lokalitě.

4.2.2 Tělesa hrází

Tělesa hrází byla navržena o šíři v koruně 3 m, dolní hráz výšky 2,15 m, horní hráz výšky 2,35 m. Vzdušní líc měl být proveden ve sklonu 1:2, návodní líc ve sklonu 1:3. Na základě provedených kopavých sond v místě stavby a zjištění písčitého materiálu v podloží, bylo stanoveno že místní materiál je na pomezí skupin SP a SW (dle tabulky č. 1) a není zcela vhodný z hlediska těsnosti pro stavbu homogenní hráze. Na návodním líci byla z tohoto důvodu navržena těsnicí PVC fólie. Vzdušní líc i koruna měly být ohumusovány a osety svahovou travní směsí se zapěstováním sečí.

Hráze zhotovených nádrží svými parametry v příčném průřezu přibližně odpovídají návrhu, návodní líc obou nádrží má sklon 1:2,5. Toto zvýšení sklonu umožňuje ČSN 75 2410 (tabulka č. 2). Při realizaci stavby bylo zjištěno, že písčité podloží tvoří pouze lokální místa, větší část je tvořena hlinitopísčítým materiálem, proto bylo od fólie na návodním líci upuštěno. V prostoru hladiny je návodní líc stabilizován kamenným pohozem, který není opřen do balvanité paty (viz obrázek č. 6). Je patrné, že na koruně hráze a vzdušném líci bylo provedeno ohumusování, ale osetí travní směsí nebylo provedeno vůbec a prostor zarůstá redurální vegetací, která má malou funkci na stabilizaci povrchu před vodní erozí.

4.2.3 Funkční objekty

Navržené nádrže byly shodně s čelními bezpečnostními přelivy lichoběžníkového průřezu, dimenze opevněných částí přelivů odpovídala průtoku Q_{20} (viz tabulka č.5). Dle hydrologických dat ČHMÚ s neopevněnou částí přelivu je kapacita usměrněného průtoku mezi hodnotami Q_{50} a Q_{100} . Vzhledem ke skutečnosti nulové zástavby pod nádržemi a velikosti nádrží do 5000 m³ zadržené vody je snížení kapacity přelivů na možné. Návrh přelivů uvažoval s dlažbou z lomového kamene kladeného do betonového lože, přelivná hrana byla zajištěna betonovým stabilizačním práhem. Nad rámeček opevněného přelivu ($h = 0,45$ m) byla neopevněná část výšky 0,2 m. Skluz pod přelivem měl být rovněž z kamenné dlažby do betonového lože, v patě hráze zajištěn betonovým práhem. Skluz horní nádrže sahal ke zpevněnému brodu přes vodní tok, kde je uvažováno s tlumením vodní energie. Skluz dolní nádrže přecházel v opevněné koryto odtoku s retardačními výstupky v kamenné dlažbě, které tlumí vodní energii. Jak již bylo zmíněno, mezi nádržemi bylo uvažováno se zpevněným brodem přes vodní tok, který měl zemědělci umožňovat přehánění skotu, přejezd zemědělské techniky a představoval i místo pro napájení krav. Spodní výpust obou nádrží byla s uzávěrem z otevřeného dvojitého betonového požeráku a navazující trubní výpustí BT DN 300, na konci stabilizované kamenným čelem. K obsluze požeráků měly být zřízeny lávky.

Tab. č. 5, Hydrologická data v profilu hráze dle ČHMÚ

N	1	2	5	10	20	50	100
m ³ /s	0,67	1,11	1,90	2,64	3,51	4,88	6,08

Při zaměření dokončeného díla bylo zjištěno, že bezpečnostní přelivy jsou méně kapacitní (zhodnocení stavu v tabulce č.6). Pod úrovní koruny hráze je pouze opevněná část přelivu hloubky 0,45 m, po naplnění tohoto prostoru dojde k nekontrolovanému přelití hráze. Neopevněná část tímto chybí. Skluzy pod bezpečnostními přelivy jsou z balvanité rovnaniny na sucho bez osetí spár. Stabilizační práh pod skluzem chybí. Pod dolní MVN chybí opevnění odtokového koryta. Spodní výpusti jsou DN 400, požeráky odpovídají návrhu, ale nejsou k nim zřízeny přístupové lávky.

Tab. č. 6, Porovnání bezpečnostních přelivů

	Špřeliv. hrany [m]	h _{opevněné} [m]	h _{neopevněné} [m]	Q [m ³ /s]
Stav v PD	6,5	0,45	0,20	3,36 + 2,11
Skutečnost horní	5,40	0,45	0	2,88
Skutečnost dolní	5,64	0,45	0	3,00

4.2.4 Zhodnocení

Dle výše uvedeného vyplývá, že jediné prvky, které jsou zhotoveny v souladu s PD, jsou požeráky a rozměrové parametry těles hrází. Vše ostatní doznalo změn, z čehož některé odchylky lze hodnotit jako závažné chyby.

Obr. č. 6, Opevnění návodního líce hráze



Nejvážnější pochybení představuje umístění stavby na jiné pozemky, než bylo povoleno územním rozhodnutím a stavebním povolením a poddimenzování bezpečnostního přelivu, který zajišťuje ochranu vodního díla před povodňovými průtoky. Opevnění návodního líce není opřeno do balvanité paty (viz obrázek č. 6), proto lze očekávat jeho sesunutí. Je zde patrná náchylnost poškození tělesa hráze

vodní erozí při deštích, která je způsobena ruderální neudržovanou vegetací na vzdušném líci nádrže. Absence řádného opevnění odtokového koryta pod dolní nádrží může mít nepříznivý vliv na tvorbu břehových nátrží bezprostředně pod nádrží. Opevněný brod mezi nádržemi chybí a zemědělec přehání desítky kusů dobytka přes koryto vodního toku, což způsobuje devastaci neopevněného koryta toku. Skutečnost, že v nátokové části nebyly vytvořeny litorální zóny, výrazně snižuje požadavky na přínos z hlediska biodiverzity v lokalitě. Doprovodná zeleň chybí.

Z hlediska zadržení vody v krajině lze stavbu hodnotit příznivě, nicméně v otázkách bezpečnosti nádrže lze stavbu hodnotit jako nedostatečnou. V rovině ekologické stability a biodiverzity má stavba podprůměrný přínos. Na stavbě nebyl zhotovitel s oprávněním pro stavbu vodních děl, chyběl technický dozor investora i autorský dozor, přesto byl vydán kolaudační souhlas vodoprávním úřadem.

4.3 Vodní nádrž v k.ú. Ovesné Kladruby

V roce 2010 byla vypracována projektová dokumentace na zhotovení nové MVN na zemědělských pozemcích v k.ú. Ovesné Kladruby. Investorem stavby byl soukromý zemědělec a stavba byla navržena na pozemcích v jeho vlastnictví. Nádrž byla navržena ve značně podmáčených pozemcích, které nemožňovaly plnohodnotné hospodaření na zemědělském pozemku. Po realizaci šlo předpokládat s vytvořením vodní nádrže o ploše 2298 m² a užitém objemu 2140 m³. Bylo uvažováno s vybudováním dvou mokřadních tůní v nátokové části nádrže o přibližné ploše 5% plochy nádrže a tvorbě litorální zóny v břehové části nádrže. Dotaci vody zde zajišťuje meliorační hlavník, který je v místě nádrže otevřen. Návrh stavby spočíval v tvorbě zemní tížné hráze kolmo na spádnicí terénu. Návodní líc měl být opevněn kamenným pohozelem, pod ním byla navržena filtrační vrstva ze štěrkopísku. V tělese hráze byl návrh čelního bezpečnostního přelivu, který je navržen na průtok na Q₁₀₀. Pod tímto přelivem proběhne opevnění terénu kamenným záhozem. Jelikož pod nádrží není koryto toku, uvažovalo se s rozlivem vody z bezpečnostního přelivu volně na terén pod nádrží. Dále bylo předmětem dokumentace zhotovení spodní výpusti a vývarové šachtice s kalovým prostorem, která je situována před navazujícím zatrubněním hlavníku.

Veškeré projektované stavby byly projednány s dotčenými orgány a následně povoleny vodoprávním úřadem. Následná realizace proběhla svépomocí, autorský dozor nebyl na stavbu přizván, investor si nezajišťoval technický dozor stavby. Po realizaci stavby byl v rámci této bakalářské práce zdokumentován dokončený stav vodní nádrže a výsledné hodnoty byly porovnány s projektovou dokumentací.

4.3.1 Těleso hráze

Projektová dokumentace uvažovala s realizací zemní tížné hráze maximální výšky 3,45 m. Byla navržena šířka v koruně 3,5 m, vzdušní líc byl navržen s opevněním svahovou travní směsí ve sklonu 1:2. Návodní líc s opevněním kamenným pohozem frakce 63-125 mm, pod ním je navržena filtrační vrstva ze štěrkopísku frakce 0-16, tloušťky 200 mm. Návodní líc byl navržen ve sklonu 1:3. V PD bylo uvažováno s úplnou skrývkou zeminy v prostoru nádrže a pod tělesem hráze byl navržen zemní zámek. Vrstvený materiál tělesa hráze měl být hutněn na min. 95 % zkušky zhutnitelnosti Proctor Standard.

Skutečné parametry tělesa hráze svými proporcemi odpovídají stavu. Nicméně zcela chybí prvky opevnění, návodní líc je tvořen pouze zemním svahem, který již nyní vykazuje jisté známky břehové abraze pod úrovní hladiny. Koruna a vzdušní líc nebyli ohumusovány zeminou a následně osety svahovou travní směsí, která měla být řádně zapěstována minimálně 2x sečí. Již z vizuální rekognoskace je patrné, že na koruně hráze a vzdušném líci byl ponechán povrch z vrstveného neúrodného materiálu, který postupně obrůstá pionýrskými druhy rostlin, mající minimální funkci na stabilizaci povrchu před vodní erozí. Zhutnění a existenci zemního zámku nebylo možné zpětně prokázat. Úroveň normální hladiny byla navržena 550 mm pod korunou hráze. Dnešní stav je cca 250 mm pod korunou hráze. Retence neovladatelného prostoru nádrže je tímto značně snížena.

4.3.2 Funkční objekty

Dokumentace uvažovala s realizací čelního bezpečnostního přelivu na hodnotu Q_{100} (2,39 m³/s) dle hydrologických dat ČHMÚ (viz tab. č. 7). Pro obraznost jsou hydrologická data N-letých průtoků v tabulce č.7. Jedná se o vody z povrchového odtoku z výše položeného území při přívalových srážkách. Jelikož pod nádrží není koryto vodního toku, je uvažováno s rozlivem povodňových vod volně do zatravněné

plochy. V místě stavby (v údolnici) se nachází stávající meliorační hlavník BT DN 200. V dokumentaci bylo navrženo osazení otevřeného dvojitého betonového požeráku a navazujícího výpustného potrubí BT DN 300. Mezi spodní výpustí a navazujícím melioračním hlavníkem byla navržena revizní šachtice s kalovým prostorem a česlemi před vtokem do melioračního potrubí.

Při dodatečném posouzení zrealizovaného díla je možné konstatovat, že jediným funkčním objektem nádrže je ocelový dvojitý požerák a spodní výpust. Na první pohled je patrná absence bezpečnostního přelivu (viz obrázek č. 7) a šachtice pod spodní výpustní. Mokřadní tůně v nátokové části nádrže zcela chybí.

Tab. č. 7, Hydrologická data v profilu nádrže dle ČHMÚ

N	1	2	5	10	20	50	100
m ³ /s	0,31	0,50	0,81	1,10	1,43	1,95	2,39

Obr. č. 7, Tělesohráze bez bezpečnostního přelivu, pod nádrží chybí šachtice



4.3.3 Zhodnocení

Jediným akceptovatelným ukazatelem je umístění nádrže na navrženém místě, částečně jsou splněny parametry navržené hráze.

Nejvýraznějším pochybením je neexistence bezpečnostního přelivu, který měl zajišťovat ochranu vodního díla před povodňovými průtoky. Spolu se sníženým neovladatelným prostorem nádrže a chybějícím opevnění návodního líce lze konstatovat, že MVN je nadměrně vystavena riziku poškození při povodňovém průtoku způsobeným přívalovým deštěm. Náchylnost k poškození tělesa hráze při přelítí nádrže zvyšuje i ruderální neudržovaná vegetace na koruně a návodním líci nádrže. Absence šachtice pod spodní výpustí znemožňuje revizi a případný proplach, jak potrubí spodní výpusti, tak i potrubí melioračního hlavníku. To je navíc bez kalového prostoru a česlic značně vystaveno zanášení a budoucí nefunkčnosti. Skutečnost, že v nátokové části nebyly vytvořeny mokřadní tůně, výrazně snižuje požadavky na přínos z hlediska biodiverzity v lokalitě. Litorální zóna v prostoru nádrže chybí. Zákal a charakter vodní plochy nasvědčuje o intenzivním rybím hospodaření.

Stavbu nelze hodnotit příznivě. Při realizaci stavby bylo zcela opomenuto všech základních požadavků na bezpečnost vodní nádrže a stabilitu i životnost navazujícího melioračního hlavníku. Způsob, jakým je vodní nádrž zbudována a následně provozována, vyvrací jeden z navržených účelů vodního díla, kterým bylo zadržení vody v krajině a podpora biodiverzity v lokalitě.

4.4 Vodní nádrž v k.ú. Erpužice

V roce 2012 byla vypracována projektová dokumentace na rekonstrukci bezpečnostního přelivu MVN pod čistírnou odpadních vod (dále jen ČOV) v obci Erpužice. Nádrž v minulosti sloužila jako biologická dočišťovací nádrž. V současnosti je její funkce spíše retenční a protipožární. Na jejím dně je umístěn výměník pro tepelné čerpadlo voda-voda k vytápění nedaleké mateřské školy. Investorem stavby byla obec Erpužice a stavba byla navržena na obecních pozemcích. Historicky byl u MVN trubní bezpečnostní přeliv z ocelových trub

DN 400. Nádrž dále obsahuje betonový otevřený dvojitý požerák, spodní výpust z ocelové trouby DN 400. Ta byla shledána jako plně funkční, proto byla zachována. Po realizaci šlo předpokládat s vytvořením vodní nádrže o ploše 1810 m² a užitém objemu 1980 m³. Dotaci vody zajišťuje povrchový odtok ze zpevněných ploch z téměř celé obce. Návrh stavby spočíval v určení povrchového odtoku z obce při přivalovém dešti o intenzitě 160 l/s/ha. Na základě stanoveného průtoku byl navržen lichoběžníkový přeliv z kamenné dlažby na sucho a navazující vegetační opevnění. Dále skluz z kamenné dlažby a navazující opevnění koryta kamennou dlažbou s retardačními výstupky. Pod spodní výpustí bylo navrženo nové stabilizační železobetonové čelo.

Veškeré projektované stavby byly projednány s dotčenými orgány, správcem vodního toku a následně povoleny vodoprávním úřadem. Následná realizace proběhla dodavatelsky, autorský dozor nebyl na stavbu přizván, investor si nezajišťoval technický dozor stavby. Po realizaci stavby byl v rámci této bakalářské práce zdokumentován dokončený stav provedených prací a výsledné hodnoty byly porovnány s projektovou dokumentací.

4.4.1 Těleso hráze a prostor nádrže

Dokumentace uvažovala se zarovnáním nivelety koruny hráze a jejím zachování na stávající úrovni 505,85 m.n.m. Úroveň normální hladiny a zároveň přelivné hrany bezpečnostního přelivu byla navržena na 505,00 m.n.m. Tím byla zajištěna retence neovladatelného prostoru o hodnotě cca 1700 m³. Úroveň hladiny zároveň respektovala niveletu potrubí odtoku z obecní ČOV. Na vzdušním líci, bezprostředně v blízkosti navrhovaného bezpečnostního přelivu, je soliterní *Vrba bílá* (*Salix alba*), kterou je doporučeno smýtit a odstranit pařez, aby v budoucnu při možném vyvrácení nebyl poškozen bezpečnostní přeliv či skluz. Zároveň by se minimalizovala možnost poškození stavební konstrukce kořenovým systémem.

Koruna hráze byla zachována, avšak úroveň přelivné hrany je zrealizována 290 mm pod korunou hráze, tedy na kótě 505,56 m.n.m. Úroveň normální hladiny je oproti návrhu o 0,3 m výše. Neovladatelná retence je tímto snížena o cca 550 m³. Strom v prostoru vzdušního líce byl smýcen, avšak pařez nebyl odstraněn a velmi rychle obrostl výmladky.

4.4.2 Bezpečnostní přeliv, skluz, koryto odtoku

Bezpečnostní přeliv nádrže vykazuje kromě odchylky nivelety přelivné hrany (jak uvedeno v kapitole 4.4.1) i rozpor oproti PD v použitém materiálu a rozměrech přelivu. Vzhledem ke skutečnosti, že vodní nádrž neleží na vodoteči, byl navržen bezpečnostní přeliv, který pokrývá rozdíl mezi přítokem a kapacitou spodní výpusti. Jedná se o lichoběžníkový přeliv z kamenné dlažby na sucho s vyklínkováním. Přeliv měl vyhovovat požadavku přejezdu mechanizace při obsluze nádrže a údržbě okolních ploch. Začátek přelivné hrany měl být stabilizován betonovým monolitickým práhem. Nad kamennou dlažbou jsou navrženy ohumusované a oseté svahy, zapěstované pravidelnou sečí. Šířka přelivné hrany byla navržena 1,2 m, boční sklony 1:4, výška opevnění 0,25 m. Navazující skluz byl navržen materiálově i v rozměrech korespondujících s přelivem a měl podélný sklon 1:2. Pod skluzem bylo koryto toku rozšířeno, aby pojal vody jednak od spodní výpusti, ale také nově z bezpečnostního přelivu. Na levé straně skluzu měla být v místě zúžení svislá železobetonová stěna, která se pod skluzem lomila o 90° a tvořila zároveň čelo spodní výpusti. Pod skluzem a výpustí mělo být koryto v délce 5 m opevněno kamennou dlažbou s retardačními výstupky ve dně, jež tlumí kynetickou energii vody. Opevnění mělo být ukončeno příčným betonovým monolitickým práhem.

Při realizaci byl lichoběžníkový přeliv proveden ze silničních panelů, šířka ve dně je 2,4 m, výška přelivu 0,29 m, sklony svahů 1:4,31. Oproti návrhovému průtoku 0,43 m³/s je skutečná hodnota průtoku bezpečnostním přelivem při maximální hladině 0,94 m³/s (výpočet dle vzorce 11). Navazující skluz svým příčným profilem koresponduje s bezpečnostním přelivem. Ve spodní části dochází k nevhodné změně směru proudění ve skluzu a podélný sklon skluzu je velmi vysoký a dosahuje hodnoty 1:1,33. Pro zhotovení skluzu je použita kamenná dlažba kladená do betonu. Kapacita skluzu je dostačující, návrhový stav byl 0,79 m³/s a skutečnost odpovídá hodnotě 1,89 m³/s (výpočet dle kapitoly 2.4.5). Průřezová rychlost vody ve skluzu je 1,82 m/s oproti návrhu 1,45 m/s (dle vzorce č. 21). Čelo spodní výpusti a navazující svislá stěna skluzu je provedena ze zdiva z lomového kamene. Koryto pod nádrží je ve dně opevněno silničním panelem. Příčný stabilizační práh chybí.

Obr. č. 8, Skluz a navazující koryto odtoku, ponechaná Vrba bílá



4.4.3 Zhodnocení

Z provedení stavby je velmi patrná tendence navýšování úrovně normální hladiny v nádrži, což mělo nepříznivý dopad i na navazující stavby. Došlo k zatopení přítokového potrubí od obecní ČOV a následný nátlak provozovatele ČOV vyvolal opětovné snížení hladiny. Zhotovení bezpečnostního přelivu z betonových panelů nekoresponduje s použitím přírodních materiálů ve významném krajinném prvku, avšak v kontextu s existencí stavby v zastavěném území obce je tato změna přijatelná. Zvětšení konstrukce bezpečnostního přelivu a skluzu není ekonomické, neboť zde není předpoklad naplnění kapacity těchto objektů. Oproti tomu navýšení podélného sklonu skluzu způsobí vyšší průřezovou rychlost a konstrukce budou vystaveny vyšší energii vody. Takto vysoký sklon je rovněž nevhodný pro následnou údržbu skluzu. Úspora na ukončujícím příčném práhu koryta může mít reálný vliv na životnost opevnění koryta. Rovněž absence retardačních prvků ve dně koryta se může negativně projevit zvýšeným výskytem břehových nátrží pod opevněním. Nejzávažnějším nedostatkem celé stavby je zachování pařezu *Vrby bílé* (viz

obrázek č. 8), což bude pravděpodobně v budoucnu narušovat přilehlé stavební konstrukce.

Stavbu samotnou lze hodnotit jako dostatečnou. Základní stavební objekty jsou splněny, bezpečnost samotného vodního díla je zajištěna, nicméně dílčí nedostatky stavby a opomenutí doprovodných zásahů mohou zkracovat životnost navržených konstrukcí.

5. Závěr

Tato bakalářská práce se v teoretické části snažila podrobně popsat MVN a odchylky od projektové dokumentace při vlastní realizaci staveb. V rámci empirické části bakalářské práce se autor rozhodl použít vlastní projektové dokumentace stavby, které byly povoleny a zrealizovány. Následovala kontrola již hotových staveb a popis odchylek a chyb, které byly méně či více závažné. Realizovaný postup naplnil cíl bakalářské práce, kterým bylo poukázat na konkrétních případech zhotovených staveb odchylky od projektové dokumentace, vyhodnotit jejich závažnost a vliv na bezpečnost či funkci staveb nebo okolí.

Pro větší kvalitu celé bakalářské práce oslovil autor i odborníky z dané oblasti, aby popsaly nejčastější chyby a odchylky od projektové dokumentace. Podrobné výstupy jsou uvedeny v Příloze č. 2 této bakalářské práce.

Komplexně lze říci, že mezi časté chyby při provádění stavby patří neopodstatněné navyšování hladiny vody a objemu zadržené vody, které je dosahováno zvedáním nivelety přelivné hrany bezpečnostních přelivů a zvětšováním prostoru nádrží. Odchylka, která se dle vybraných příkladů vyskytuje nejčastěji, je v nedostatečném, někdy i zcela vynechaném opevnění koryta odtoku. Realizace doprovodných prvků, které mají podpořit ekologickou stabilitu a biodiverzitu bývá zcela opomíjena. Samotná konstrukce bezpečnostních přelivů a následných skluzů se svými parametry často liší od návrhu, nelze ovšem apriori tvrdit, že jde o snížení průtokového profilu. Oproti tomu realizace spodních výpustí bývá chybně provedena jen zřídka, nejčastěji zde dochází k absenci lávky k požeráku. Parametry těles hrází bývají dodrženy, povrchová úprava hrází (opevnění návodního líce, ohumusování a osetí neopevněných ploch) se daří dodržovat jen zřídka.

Lze vyzorovat, že lépe jsou prováděny stavby financované z veřejného rozpočtu, oproti tomu nádrže, které si financují privátní subjekty ze svých zdrojů, bývají zhotoveny v horší kvalitě. Otázkou zůstává, proč tvořit projektovou dokumentaci, jestliže jsou stavby mnohdy provedeny podle „lidové tvořivosti“ stavebníků či neodborných zhotovitelských firem? A zvláště velkou neznámou je vydávání kolaudačních souhlasů i u takovýchto staveb. Lze poukázat na skutečnost, že z §

152, odst. (4) stavebního zákona plyne pro stavebníka u staveb financovaných z veřejného rozpočtu povinnost zajistit autorský dozor. I tato povinnost je u malých staveb mnohdy opomíjena, což je následek nedostatečné kontroly legislativy. Projektová dokumentace respektuje legislativní a normativní předpisy, zapracovává veškeré požadavky dotčených orgánů (správců toku, povodí, správy chráněných oblastí, aj.), přesto je při realizaci z těchto podkladů ustupováno, mnohdy velkou měrou. Nemalou část odpovědnosti na tomto stavu nese exekutivní složka státní moci (vodoprávní úřad) a již uvedené dotčené orgány, které při kolaudačním řízení netrvají na dodržení povoleného stavu. Není však na místě plošně svalit vinu na pracovníka vodoprávního úřadu. V praxi je běžný jev, kdy na jednoho úředníka připadá několik stovek km² území s desítkami katastrálních území, přičemž agendu vodoprávního úřadu netvoří pouze MVN. Základní nedostatek hledejme v samotné kultuře stavebnictví, kdy investoři staveb mnohdy bagatelizují technické požadavky staveb MVN a kdy pozice projektanta pro většinu investorů končí vydáním stavebního povolení. Vztah projektanta a investora by měl být v rovině spolupráce jejíž cílem je získat technicky optimální a bezpečné řešení MVN. V praxi je ovšem projektant často chápán jako prostředník k získání nutných povolení a splnění administrativní agendy a samotné realizaci rozumí nejlépe stavebník. Stavba samotná se potom řídí podle hesla „kdo platí, ten poroučí“. Velkým nedostatkem je nepřizvání projektanta ani k projednáváním změnám v rámci realizované stavby, které se odehrávají v rovině stavebník – zhotovitel.

Zlepšení stavu, který je zvláště v chudších příhraničních regionech a u staveb nezřizovaných z dotačních titulů tristní, spočívá ve vymáhání platné legislativy a ve druhé řadě také osvěta stavebníků, která by měla probíhat již při tvorbě PD ze strany projektanta. Exekutivní složka státu, kterou zde představují vodoprávní úřady, by měla trvat na kontrolních prohlídkách stavby a na autorském dozoru. V neposlední řadě by vodoprávní úřad měl trvat na zhotoviteli, který je oprávněn ke stavbě vodních děl. Toto je však otázkou kapacit a odborné vybavenosti těchto úřadů. Problematika realizace MVN představuje značný prostor pro zlepšení prostředí ze strany všech zúčastněných stran, tedy ze strany stavebníka, projektanta, zhotovitele i vodoprávního úřadu. Není to však prostor beznadějný, neboť dotační politika značně narovnává tyto vztahy a podmiňuje poskytnutí finančních prostředků dodržením obecně závazných předpisů. Volný prostor však zůstává u staveb financovaných z vlastních zdrojů.

Seznam použité literatury:

HANÁK K., KUPČÁK V., SKOUPIL J., ŠÁLEK J., TLAPÁK V., ZUNA J., 2008: Stavby pro plnění funkcí lesa. Informační centrum ČKAIT, Praha

VRÁNA K., BERAN J., 2013: Rybníky a účelové nádrže. ČVUT v Praze, Praha

DOLEŽAL P., 2006: Projekt vodní hospodářství krajiny. VUT v Brně, Brno

DOLEŽAL P., GOLÍK P., ŘÍHA J., TORNER V., ŽATECKÝ S., 2011: Malé vodní a suché nádrže. Informační centrum ČKAIT, Praha

SOBOTA J., 2006: Stokování. ČZU v Praze, Praha

ROUB R., PECH P., 2003: Hydraulika - příklady. ČZU v Praze, Praha

JANDORA J., 2005: Hydraulika a hydrologie. VUT v Brně, Brno

ŠLESINGR M., 2002: Břehová abraze. VUT v Brně, Brno

KUNŠTÁTSKÝ J., PATOČKA C., 1971: Základy hydrauliky a hydrologie, Nakladatelstvo ALFA, n.p., Bratislava

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2003: ČSN 75 0124 – Vodní hospodářství – Terminologie vodních nádrží a zdrží. Český normalizační institut, Praha.

ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ, 2011: ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha.

ČESKÝ NORMALIZAČNÍ INSTITUT, 2006: ČSN 75 2310 – Sypané hráze. Český normalizační institut, Praha.

HAVLÍK A., FREMROVÁ L., SEDLÁK K., 2010: TNV 75 2102 – Úpravy potoků. Hydroprojekt CZ, a.s., Praha.

VODNÍ DÍLA TBD, A.S., MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, HYDROPROJEKT CZ, 2003: TNV 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních. Hydroprojekt CZ, a.s., Praha.

NOVÁK R., 2014: Návrh malé víceúčelové nádrže v k.ú. Velké Albrechtice, VUT v Brně, Brno

Seznam přednáškových textů:

KROVÁK F., 2008: Malé vodní toky. ČZU v Praze, Praha

SYNÁČKOVÁ M., Základy vodního hospodářství. ČZU v Praze, Praha

Internetové zdroje:

STEHLÍK D., 2014, Zkoušení zemin a materiálů v podloží pozemní komunikace

[http://lences.cz/skola/subory/Pozemni komunikace II/Cviceni/Téma 1 - Zkoušení zemin a materiálů v podloží PK.pdf](http://lences.cz/skola/subory/Pozemni_komunikace_II/Cviceni/Tema_1_-_Zkoušení_zemin_a_materiálů_v_podloží_PK.pdf)

Seznam použitých tabulek:

Tab. č. 1, Vhodnost zemin pro stavbu hrází (dle ČSN 75 2310)

Tab. č. 2, Orientační sklony svahů sypaných hrází (dle ČSN 75 2410)

Tab. č. 3, Určení přepadového součinitele m (Roub, 2003)

Tab. č. 4, Stoučinitele drsnosti n (Hanák a kol., 2008)

Tab. č. 5, Hydrologická data v profilu hráze dle ČHMÚ

Tab. č. 6, Porovnání bezpečnostních přelivů

Tab. č. 7, Hydrologická data v profilu nádrže dle ČHMÚ

Seznam použitých obrázků:

Obr. č. 1, Řez homogenním tělesem hráze (dle ČSN 75 2410)

Obr. č. 2, Řez nehomogenním tělesem hráze (dle ČSN 75 2410)

Obr. č. 3, Součinitele vtoku K_{v0}

Obr. č. 4, Ukončení dlažby pod mostním polem, betonový práh zcela chybí

Obr. č. 5, Těleso požeráku není jednolitě

Obr. č. 6, Opevnění návodního líce hráze

Obr. č. 7, Tělesohráze bez bezpečnostního přelivu, pod nádrží chybí šachtice

Obr. č. 8, Skluz a navazující koryto odtoku, ponechaná Vrba bílá

Příloha č. 1, Situace kaskády 2 MVN v k.ú. Tuněchody u Stříbra



"KASKÁDA 2 MVN - TUNĚCHODY"

k.ú. Tuněchody u Stříbra

Příloha č. 2, Chyby a odchylky dle respondentů z oboru

Pro získání širšího pohledu na chyby při stavbě MVN bylo osloveno několik respondentů z oboru s žádostí o výčet nejčastějších chyb v PD i při realizaci, se kterými se za svojí praxi setkávají. Odpovědi nejsou upravovány, jedná se o doslovný přepis a autor bakalářské práce neodpovídá za jejich obsah.

Miloslav Louženský (firma Milostav, s.r.o.), jednatel realizační firmy v oblasti vodohospodářských staveb.

Často se setkávám v PD špatně spočítán zemin/ nedostatečné m³ na zhotovení hráze/ špatně provedená nebo vůbec geologie. Některé veřejné zakázky vysoutěží firmy, které nemají zkušenosti v oblasti vodohospodářských staveb, z čehož vyplívají chyby při realizaci díla. Nevhodný materiál použitý na hráz/ nestabilní/ , vlastní výroba požeráku /často se po několika letech rozpadá/, Nedodržení poměrů vzdušný líc a návodní strana hráze, důvodem je nedostatek vhodného materiálu na stavbu hráze, nebo snížení nákladů.

Ing. Mojmír Dostál (firma Senea, s.r.o.), jednatelem realizační firmy v oblasti vodohospodářských staveb.

Návrh staveb MVN

** návrh staveb MVN do nevhodných lokalit – území s velkým spádem (výška hrázového tělesa, která ruší krajinný ráz), špatná ekonomická bilance stavby (zvýšené náklady na 1m³ zadržené vody, např. na 1 m³ vody musíte odstranit 3 m³ zeminy), propustnost podloží (zvýšené náklady na zatěsnění)*

** nesoulad mezi výkresovou částí projektové dokumentace a výkazem výměr (většinou s negativním dopadem na zhotovitele)*

** často neexistuje geologie pro zakládání stavby a rozbory zemin určených k hutnění hrázového tělesa*

** lidský faktor (chybně uvedené kóty, sklony... při porovnání jednotlivých výkresů)*

Provádění staveb MVN

** realizace MVN zhotoviteli, kteří nemají zkušenosti s problematikou vodohospodářských staveb*

** nedodržení projektové dokumentace při realizaci stavební firmou, především zakládání stavby (neodvodněná základová spára hrázového tělesa, nedostatečná skrývka humózních vrstev, neodstranění nevhodných zemin se zvýšenou vlhkostí)*

** nedostatečné založení objektů stavby MVN (např. mělké základové pasy u korunového bezpečnostního přelivu, založení objektů do neúnosných podloží...)*

** nedodržení technologických postupů při hutnění hráze včetně používání nevhodné zeminy*

** nedodržení technologických postupů při ukládání vypustného potrubí včetně zabezpečení bezpečného vstupu do základové spáry překopu hráze*

** nedodržení specifikace materiálů (např. kvality betonových směsí) zhotovitelem, následné snížením životnosti stavby (patrné především při údržbě a opravě funkčních zařízení)*

** napojení betonových konstrukcí na zemní konstrukce tělesa hráze bez natírání betonových konstrukcí jílovým mlékem*

Ing. Jiří Krupička (Lesy ČR, s.p.), zástupce zadavatelské společnosti v oblasti vodohospodářských staveb.

Návrh:

- V PD nebývá dostatečně definována kvalita použitých materiálů, zejména betonu. Pro obetonování výpustního potrubí je podstatné požadovat konzistenci 3.

- Nedostatečně specifikované zkoušky hutnění – PD by měla stanovit, z jakých výškových úrovní budou odebrány vzorky na měření míry hutnění.

Provádění:

- nedostatečně upravená základová spára pod výpustným potrubím (ponechání zvodnělých vrstev zeminy; k převádění vody byl použit průkop hráze pro uložení výpustného potrubí)

- obetonování výpustného potrubí provedeno se svislými boky (z důvodu jednodušší bednění) – problematické řádné přihutnění zeminy

- nedodržení technologické kázně při betonáži (např. použití starého betonu), špatné ošetřování betonu

- použití dřevěných klínů ke stabilizaci výpustného potrubí proti příčnému posunu při betonáži

- problém, jak zajistit dodržení optimální vlhkosti zeminy při hutnění hráze; předkopaná zemina ze zemníku byla vystavena dešti bez zaplachtování

- hutnění ve vrstvách přes 30 cm

Nejvýznamnější chyby z hlediska bezpečnosti a funkčnosti MVN.

- nedostatečná kapacita bezpečnostního přelivu – někdy má přeliv odpovídající rozměry, ale je hrazený česlemi, které se snadno ucpou, popř. do něj trochu trávy nakosí rybáři, aby zvýšili stav

- nedostatečná péče o historická dřevěná výpustná potrubí – ponechání výpusti na suchu

- malý retenční prostor vyčleněný pro protipovodňovou funkci u nádrží nad sídly

Pavel Štelmák (vodoprávní úřad Tachov), zástupce státní správy v oblasti vodohospodářských staveb.

Chyby při projektování a provádění nádrží jsou známe z různých přednášek, které bych nerad opisoval či citoval. Jako příklad bych tedy uvedl závady a chyby, se kterými se lze setkat v naší praxi vodoprávního úřadu u čtenějších menších vodních nádrží, zejména ve vlastnictví fyzických osob. Za zmínku stojí provádění laických oprav hrází za

použití stavební suti do sypaných hrází, jsou případy i se zasypáváním celých pařezů a větví do tělesa hráze. Dále provizorní provádění bezpečnostních přelivů, tedy např. nevhodné ukládání potrubí různých průměrů v koruně hráze, které nezajistí bezpečné převedení vod. Nesprávným způsobem jsou také opravovány protržené hráze v místě výpustí, kdy došlo k jejich opětovnému protržení. Některé rybníky mají z důvodu zamezení manipulace cizími osobami požeráky pod hladinou vody. Při neovládaném vypouštění pak dochází k rázům v mnohdy již poškozeném potrubí a technický stav se dále zhoršuje. Chybou při projektování i výstavbě může být i nedostatečné odvedení vod od bezpečnostního přelivu pod hráz rybníka.