

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA
V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO
INŽINIERSTVA

2125057

PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA NA SLOVENSKU

2011

Legéňová Lenka, Bc

SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA UNIVERZITA V NITRE
FAKULTA ZÁHRADNÍCTVA A KRAJINNÉHO
INŽINIERSTVA

PROTIPOVODŇOVÁ OCHRANA NA SLOVENSKU

Diplomová práca

Študijný program:	Krajinné inžinierstvo
Študijný odbor:	6.1.11 Krajinárstvo
Školiace pracovisko:	Katedra krajinného inžinierstva
Školiteľ:	Ing. Helena Horníková, PhD.

Nitra 2011

Lenka Legéňová, Bc.

Čestné vyhlásenie

Podpísaná Bc. Lenka Legéňová vyhlasujem, že som záverečnú prácu na tému „Protipovodňová ochrana na Slovensku“ vypracovala samostatne s použitím uvedenej literatúry.

Som si vedomá zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

V Nitre 13. mája 2011

Bc. Lenka Legéňová

Pod'akovanie

Touto cestou vyslovujem pod'akovanie pani Ing. Helene Horníkovej za pomoc, odborné vedenie, cenné rady a pripomienky pri vypracovaní mojej diplomovej práce.

Abstrakt

V diplomovej práci sme sa venovali problematike povodní, priblížením a vysvetlením termínov a spôsobom ochrany pred povodňami. Zamerali sme sa na technický spôsob ochrany – budovanie retenčnej nádrže – budovanie poldra.

Cieľom práce na základe metodiky bol hydrotechnický výpočet technických zariadení poldra Oreské na vodnom toku Chvojnica, čiže výpočet kapacity výtokového otvoru, bezpečnostného priepadu, funkčného objektu, navrhnutie vývaru, výpočet konzumčnej krivky koryta pod poldrom a výpočet transformácie povodňovej vlny, na základe ktorej sme posúdili, či je spomenutý polder účinný.

Najdôležitejšou časťou pri návrhu poldra je jeho funkčný objekt, ktorý má v dne toku výpustný otvor, súčasťou ktorého je bezpečnostný priepad. Ten bude vybudovaný nad korytom toku. Dnový otvor by mal dosiahnuť veľkosť kapacity koryta, keď hladina vody v poldri vystúpi na úroveň koruny bezpečnostného priepadu. Aby nedošlo k poškodeniu hrádze a k jej preliatiu v prípade vyšších hladín vody, je bezpečnostný priepad dimenzovaný na návrhový prietok Q_{100} . Konštrukčné riešenie priepadu by malo byť zvolené tak, aby bol lokalizovaný vodný skok do vývaru. Pre zvolené hladiny vody v poldri je vypočítaný prietok vody cez funkčný objekt poldra, ktorý je charakterizovaný konzumčnou krivkou objektu. Konzumčná krivka vypovedá o hodnotách odtoku vody z poldra.

Pri posúdení účinnosti poldra Oreské sme brali do úvahy transformáciu povodňovej vlny. Pri jej výpočte sme vychádzali z modelovej povodňovej vlny.

Z výsledkov, ktoré nám vyšli môžeme konštatovať, že polder Oreské úspešne transformuje povodňovú vlnu na prijateľnú mieru, čím si splní svoju retenčnú funkciu a účinne prevedie prietok do toku pod ním.

Kľúčové slová: povodeň, polder, retenčný priestor, výtokový otvor, bezpečnostný priepad, funkčný objekt, transformácia povodňovej vlny, konzumčná krivka.

Abstract

In the thesis we dealt with flooding, and focused on explanation of terms and ways of flood protection. We focused on technical means of protection - building water storage tanks - building a polder.

The aim of the work methodology was based on the calculation of hydrotechnical technical equipment of the polder Oreské in the watercourse Chvojnica, ie calculation of the outlet capacity hole, spillway safety, functional object, stock design, utility curve calculation through the polders and the calculation of flood wave transformation by which we judge whether the mentioned polder is effective.

The functional part of the polder with the flow outlet and the safety spillway was the most important part in the design. It will be built above the riverbed. The bottom hole should reach the capacity of riverbed in size when the water level rises up the highest point of the security spillway. To avoid damage if the dam is overflowed in the case of higher water levels, the safety spillway is designed up the flow rate at Q_{100} . Engineering spillway design solution should be chosen so that the water jump was localized into the decoction. The water flow through the functional polder object is calculated for selected water levels and the polder is characterized by the utility curve. The utility curve shows the amount of runoff water from the polder.

When assessing the effectiveness of polder Oreské the transformation of flood wave was taken into account. For its calculation we used a model flood wave.

We can conclude from the results we got that the polder Oreské transforms the flood wave successfully to acceptable levels which has met its retention function and is able to convert the flow into the stream below effectively.

Key words: flood, polder, retention chamber, spout, spillway safety, functional object, the flood wave transformation, utility curve.

1 Obsah

Obsah	6
Zoznam skratiek a značiek (pre technické a prírodné vedy).....	8
Úvod	12
1. PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY.....	14
1.1 Základné pojmy	14
1.2 Príčiny vzniku povodní a ich klasifikácia	16
1.3 Ochrana pred povodňami	18
1.3.1 Orgány štátnej správy ochrany pred povodňami	18
1.3.2 Stupne povodňovej aktivity	19
1.3.3 Opatrenia na ochranu pred povodňami	19
1.4 Ochrana pred vonkajšími - cudzími vodami	20
1.4.1 Lesnícke spôsoby ochrany	21
1.4.2 Agrotechnické spôsoby ochrany	23
1.4.3 Technické spôsoby ochrany	24
1.5 Polder.....	29
1.5.1 Charakteristika a rozdelenie poldra	29
1.5.2 Plnenie a prázdnenie nádrže (poldra) pri povodni	32
1.5.3 Návrh a hodnotenie účinnosti poldrov	34
1.5.4 Bezpečnosť poldrov počas povodňových situácií.....	35
1.6 Technické zariadenia poldra.....	37
1.6.1 Návrh priečneho profilu koryta pod poldrom	37
1.6.2 Návrh výpustného objektu	38
1.6.3 Návrh priepadu.....	39
1.6.4 Prepad cez haťové telesá.....	42
1.6.5 Priepad so širokou korunou	43
2. CIEĽ PRÁCE	45
3. METODIKA HYDRAULICKÉHO NÁVRHU OBJEKTOV.....	46
3.1 Popis územia.....	46
3.1.1 Hydrotechnický návrh objektov.....	47
3.2 Transformácia povodňovej vlny.....	51
4. VÝSLEDKY.....	55
4.1 Výpočet konzumčnej krivky odpadného koryta pod poldrom	55

4.2	Výpočet kapacity výtokového otvoru.....	56
4.2.1	Priepad so širokou korunou	56
4.2.2	Čiastočne zatopený výtok	57
4.2.3	Zatopený výtok	58
4.3	Výpočet kapacity bezpečnostného priepadu	59
4.4	Výpočet konzumčnej krivky funkčného objektu.....	61
4.5	Výpočet vývaru v obdĺžnikovom koryte	62
4.6	Výpočet transformácie povodňovej vlny.....	64
5.	Diskusia	66
	Záver	68
	Použitá literatúra	69
	Prílohy	71

2 Zoznam skratiek a značiek (pre technické a prírodné vedy)

a	rozmer otvoru	m
a_0	výška výtokového otvoru	m
b	šírka: konštrukcie, priepadu, dna koryta, plavidla; svetlá šírka	m m
b_k	šírka dna koryta pod výtokovým objektom	m
b_0	šírka výtokového otvoru	m
b_p	šírka bezpečnostného priepadu	m
b_v	šírka dna vývaru	m
D	šírka pásu	m
E_0	merná energia pred objektom vzťahnutá na dno toku za poldrom	 m
g	tiažové zrýchlenie $g = 9,81$	$m \cdot s^{-1}$
h	prepadová výška	m
h_0	prepadová výška so započítaním vplyvu prítokovej rýchlosti	m
h_1, h_2	združené (vzájomné) hĺbky na priepade so širokou korunou	 m
h_d	dolná hladina pod priepadom	m
h_σ	prevýšenie hladiny dolnej vody nad korunou priepadu	m
H	spád, výškový rozdiel hladiny hornej a dolnej vody	m
i	intenzita kritického dažďa alebo topenia snehu	$m \cdot s^{-1}$
K	modul prietoku	$m^3 \cdot s^{-1}$
KD	kóta hladiny vody za objektom (dolná voda)	m.n.m
KH_i	kóta hladiny v poldri	m.n.m
KH_{\max}	maximálna prípustná kóta hladiny v poldri	m n.m.
KHP_{\max}	maximálna hladina v poldri počas povodne	m n.m.

<i>KDT</i>	kóta dna toku za poldrom	m n.m.
<i>KDP</i>	kóta dna poldra (toku) pred výtokovým otvorom	m n.m.
<i>KDV</i>	kóta dna vývaru	m n.m.
<i>KHO</i>	kóta horného ohraničenia výtokového otvoru	m n.m.
<i>KP</i>	kóta koruny bezpečnostného priepadu	m n.m.
<i>L</i>	dĺžka chráneného svahu alebo vzdialenosť dvoch susedných pásov	m
<i>l_v</i>	dĺžka vývaru	m
<i>m</i>	sklon svahu koryta	-
<i>m_v</i>	sklon bočných stien vývaru	-
<i>O</i>	omočený obvod	m ²
<i>o</i>	odtokový súčiniteľ závislý na miestnych pomeroch (sklon svahu, priepustnosť pôdy, a pod.)	-
<i>q</i>	špecifický prietok	m ³ .s ⁻¹
<i>Q</i>	prietok	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_a</i>	dlhodobý priemerný ročný prietok	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_c</i>	celkový prietok cez výtokový objekt poldra	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_{kul,P}</i>	kulminačný prietok povodňovej vlny na prítoku do poldra	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_{kul,O}</i>	kulminačný prietok transformovanej povodňovej vlny	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_p</i>	prietok cez bezpečnostný priepad	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_P</i>	prítok do poldra	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_{pn}</i>	návrhový prietok na dimenzovanie bezpečnostného priepadu	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_n</i>	návrhový prietok na dimenzovanie vývaru	m ³ .s ⁻¹
<i>Q_K</i>	kapacitný prietok koryta pod poldrom	m ³ .s ⁻¹
<i>R</i>	hydraulický polomer	m
<i>r</i>	polomer všeobecne, polomer: metacentrický, zaoblenia koruny priepadu, šachtového priepadu	m

r_k	polomer zaoblenia koruny priepadovej plochy	m
r_p	polomer zakrivenia priepadu v pôdoryse	m
S	zatopená plocha poldra na určitej výškovej úrovni	m ²
s	výška koruny priepadu nad dnom poldra	m
s_d	výška koruny priepadu nad dnom toku za poldrom	m
t	čas	m
T_c	celkový čas trvania povodňovej vlny	hod
T_{vz}	čas trvania vzostupnej vetvy povodňovej vlny	hod
T_{kl}	čas trvania klesajúcej vetvy povodňovej vlny	hod
$T_{O,max}$	čas výskytu maximálneho odtoku	hod
T_0	počiatočný čas pre riešenie transformácie povodňovej vlny	hod
v_0	rýchlosť: prítoková, výtoková, pôvodná	m.s ⁻¹
W	objem povodňovej vlny	m ³
$W_{r,max}$	maximálny využitý retenčný objem poldra	m ³
w	vsakovacia intenzita pôdy v lesnom páse	m.s ⁻¹
y_d	hlbka vody v koryte za poldrom	m
y_c	najmenšia hĺbka za objektom	m
y_h	hlbka hornej vody	m
y_1, y_2	vzájomné hĺbky vodného skoku	m
z	hlbka vody v poldri	m
z_0	počiatočná hĺbka vody v poldri pre riešenie transformácie povodňovej vlny	m
z_T	hlbka ťažiska výtokového otvoru pod hladinou vody v poldri	m
α	Coriolisovo číslo $\alpha \cong 1,1$	-
β	Boussinesqovo $\beta \cong 1,1$	-
ΔQ	rozdiel prietokov, sploštenie povodňovej vlny	m ³ .s ⁻¹

Δt	časový krok	s
ΔT	časový posun kulminácií prítoku do poldra a odtoku z neho	hod
Δz	rozdiel hĺbok	m
φ	rýchlostný súčiniteľ, súčiniteľ výtokovej rýchlosti	-
μ_p	prepadový súčiniteľ	-
μ_v	výtokový súčiniteľ	-
σ	miera vzdutia vodného skoku	-
σ_z	súčiniteľ zatopenia	-

3 Úvod

Voda je základnou podmienkou života na našej planéte. Je nenahraditeľnou zložkou životného prostredia všetkých rastlinných a živočíšnych ekosystémov. Je od začiatku jedným z rozhodujúcich faktorov rozvoja ľudskej civilizácie. Faktorom pozitívnym, no v prípade povodní vysoko deštruktívnym.

Povodne sú z hydrologického, meteorologického, vodohospodárskeho a ekologického hľadiska fenomén, ktorý odjakživa sprevádza ľudstvo. Vznik katastrofálnej povodne podmieňuje súbeh viacerých okolností. Okrem orografických, geologických a geografických pomerov je to takmer vždy zvláštny vývoj počasia, zrážok a teplôt nad veľkým územím povodia. K tomu sa priraďujú ďalšie faktory - nasýtenosť podložia vodou, snehová pokrývka, počiatkové prietoky, prekážky vytvorené stavebnou a inou činnosťou človeka. Môžu vzniknúť rýchlo, pri intenzívnej búrke v priebehu pár minút môže nastať prudké zvýšenie hladiny vodného toku. Väčšinou sa nedá upozorniť ohrozené obyvateľstvo. Ale najčastejšie vznikajú pomaly, väčšinou cez jeden deň. Ich nepravidelný výskyt a variabilný rozsah nepriaznivo ovplyvňujú vnímanie rizík, ktoré prinášajú, čo komplikuje systematickú realizáciu preventívnych opatrení. Povodne predstavujú pre Slovenskú republiku najväčšie priame nebezpečenstvo v oblasti prírodných katastrof a môžu byť aj príčinou závažných krízových situácií, pri ktorých vznikajú nielen rozsiahle materiálne škody, ale taktiež straty na životoch obyvateľov postihnutých území a dochádza k rozsiahlej devastácii kultúrnej krajiny, vrátane ekologických škôd.

Limitujúcim faktorom zdravého životného prostredia by mala byť ochrana pred povodňami. I keď v dnešnej dobe je systém protipovodňovej ochrany na Slovensku pomerne dobre prepracovaný, blízka minulosť nám potvrdila, že povodne ešte stále dokážu mať katastrofálne následky.

Na veľkých tokoch je protipovodňová ochrana zabezpečovaná ochrannými hrádzami, sústavami vodných diel, priehradami, monitoringom a varovným systémom. Na malých tokoch je také niečo ekologicky a ekonomicky nemožné. A preto sa v poslednom čase stala veľmi progresívnym riešením výstavba poldrov.

Suché nádrže – poldre sú navrhované obyčajne ako bočné nádrže, ohraničené prirodzeným zvýšením terénu. Sú to zariadenia, ktoré slúžia na dočasné zadržanie povodňových prietokov z topenia snehu, či letných búrok v retenčných priestoroch za

účelom zamedzenia škôd na úseku toku ležiacom pod nimi. V období mimo povodní to môže byť normálne využívaná plocha - poľnohospodársky, ako pasienky, kde je možné pestovať rastliny, ktoré dokážu prežiť niekoľkohodinové zaplavenie. Základným účelom, za ktorým sa poldre budujú je tzv. transformácia povodňovej vlny. Ich účinnosť pri transformácii konkrétnej vlny závisí od počiatočného naplnenia pred príchodom povodne, hydraulických vlastností objektov, manipulačného poriadku a od tvaru a veľkosti povodňovej vlny.

V tejto práci sa budeme venovať možnostiam zvyšovaniu retenčnej schopnosti výstavbou poldra. Bude sa jednať o návrh suchého údolného poldra Oreské na toku Chvojnica, ktorý by mal zabezpečiť dostatočnú ochranu obce.

1. PREHLAD O SÚČASNOM STAVE RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

1.1 Základné pojmy

Povodeň

STN 75 0120 definuje povodeň ako fázu hydrologického režimu vodného toku vyznačujúcu sa náhlym a výrazným zvýšením hladiny vody v toku a jej vybrežením, pričom jej dôsledkom sú spravidla veľké hospodárske škody. Samotné zvýšenie hladiny môže byť vyvolané:

- a) zväčšením prietoku následkom privalových alebo dlhotrvajúcich dažďov,
- b) náhlym topením snehu,
- c) náhlym uvoľnením akumulovanej vody v nádrži,
- d) dočasným zmenšením prietochnosti koryta napríklad ľadovou zápchou alebo inou umelou prekážkou.

Inundačné územie

Zákon č. 364/2004 Z.z v § 46 ods. 1 definuje inundačné územie ako územie priľahlé k vodnému toku, zaplavované vyliatím vody z koryta, vymedzené záplavovou čiarou najväčšej známej alebo navrhovanej úrovne vodného stavu. Rozsah inundačného územia určuje orgán štátnej vodnej správy na návrh správcu vodného toku. Orgán štátnej vodnej správy môže uložiť správcovi vodného toku povinnosť vypracovať a predložiť takýto návrh.

Podľa nebezpečnosti povodňových prietokov sa inundačné územie člení na:

- a) aktívnu zónu, ktorou preteká povodňový prietok,
- b) pasívnu zónu, ktorú tvorí zostávajúca nechránená časť inundačného územia zasahovaná rozlievaním vôd mimo koryta vodného toku vzduťím pri povodňovom prietoku,
- c) potenciálnu zónu, ktorou je územie ohrozené zaplavením pri prekročení projektových parametrov ochranných opatrení alebo pri poruche vodnej stavby.

Obmedzenia využívania zón upravuje zákon.

Povodňová vlna

Horváthová (2003) definuje povodňovú vlnu ako priebeh povodne na toku. Za začiatok povodňovej vlny sa považuje okamih, keď dochádza k výraznému stúpaniu prietokov a za ukončenie povodňovej vlny sa považuje okamih, keď prietok na zostupnej vetve klesne na počiatočný alebo iný zotrvačný prietok. Najvyšší bod povodňovej vlny je charakterizovaný kulminačným prietokom. Povodňová vlna je charakterizovaná aj dĺžkou trvania stúpajúcej a klesajúcej vetvy a jej objemom. Jej tvar je odrazom príčin vzniku povodne a charakteru povodia nad vodomerným profilom.

Suchá nádrž (polder)

Zákon č. 666/2004 Z.z. v § 2 ods 12 definuje polder ako vymedzený priestor určený na zaplavenie vodou pre potreby transformácie povodňovej vlny.

Polder je podľa Procházku, (1979) bočná retenčná nádrž (nádrž mimo koryto rieky), do ktorej môže voda vtokovým objektom pritekať.

Podľa STN 73 6814 je polder špecifický protipovodňový objekt, ktorého umiestnenie a tým aj objem zvyčajne býva limitovaný morfológickými možnosťami údolia, polohou jednotlivých sídiel a objektov, ktoré nemožno jeho výstavbou a prevádzkou ohroziť alebo prípadne asanovať.

N - ročný prietok

N-ročný prietok je prietok vody v toku, ktorý môže byť dosiahnutý alebo prekročený priemerne jedenkrát počas „N“ rokov. Označuje sa Q_N , napríklad Q_{100} je prietok vody v toku, ktorý môže byť dosiahnutý alebo prekročený priemerne jedenkrát počas 100 rokov. Veľkosti N-ročných prietokov pre jednotlivé profily tokov určuje hydrologická služba Slovenského hydrometeorologického ústavu na základe štatistickej analýzy hydrometrických pozorovaní (Slovenský vodohospodársky podnik, š.p – www.svp.sk).

1.2 Príčiny vzniku povodní a ich klasifikácia

Najčastejšou príčinou vzniku povodní sú meteorologické príčiny ako extrémne intenzívne dažde alebo náhle roztápanie snehu alebo iné vplyvy, vznikajúce ľudskou činnosťou, predovšetkým poruchou vodného diela, ktorá môže viesť až k jeho pretrhnutiu alebo terorizmom, či vojenským napadnutím, čo si vyžaduje núdzové riešenie krízovej situácie na vzdúvajúcim vodnom diele (Horváthová, 2003).

Podľa príčiny vzniku sa povodne rozdeľujú aj do niekoľkých typov :

- a) *jarné povodne* - ktoré vznikajú prudkým topením snehu v dôsledku rýchleho oteplenia, väčšinou spojené s relatívne teplým dažďom.
- b) *ľadové povodne* - ktoré vznikajú zatarasením ľadovými kryhami a následne vzdujú hladinu. Sú to prudké povodne vznikajúce krátkymi, intenzívnymi zrážkami za relatívne krátku dobu.
- c) *letné povodne* - frontálne, dlhotrvajúce dažde so strednou intenzitou, pokiaľ zasahujú veľkú časť povodia (Horváthová, 2003).

Rozoznávame tri základné typy povodní, a to podľa príčin vzniku:

- a) *regionálne povodne* – vyvolané dlhotrvajúcimi zrážkami na rozsiahlom území alebo topiacim sa snehom v povodiach, zasahujú veľké územné celky, majú dostatočnú intenzitu a trvajú viac hodín ako dní. Ide o klasické povodne, ako ich poznáme najbežnejšie, postihujú celé povodia a riečne systémy. Vznikajú pri prudkom jarnom oteplení, ktoré spôsobí rýchle topenie snehu (Plate, 2002).
- b) *prívalové povodne* – spôsobené lokálnymi krátkotrvajúcimi intenzívnymi lejakmi, ich účinok sa obmedzuje na relatívne malé územia. Najprv vznikne „klasický“ búrkový mrak. Tento mrak môže prejsť ponad viacero údoliami, resp. prejde väčšiu vzdialenosť počas ktorej, za vhodných podmienok, stále do seba akumuluje vodné pary, ktoré vznikajú odparovaním vlhkých údolí, resp. plôch. Mrak takto naakumuluje enormné množstvo vodnej pary, ktorá sa skondenzuje na vodu, ktorej množstvo priamo úmerne závisí od naakumulovanej vodnej pary. Vodné zrážky z takéhoto mraku môžu spôsobiť katastrofálne následky, nakoľko sa jedná o niekoľko centimetrové zrážky za jednu hodinu.
- c) *bariérové „ povodne* – vznikajúce v dôsledku dočasného prirodzeného alebo umelého prehradenia toku (Kovář, 2004).

Príčiny povodní možno v zásade rozdeliť aj na objektívne a subjektívne:

- a) *objektívne príčiny* možno hľadať v nepriaznivých klimatických a iných podmienkach, ktoré povodni predchádzali. Sú to napr. rýchle topenie snehu naviac kombinované s intenzívnym dažďom, prietrže mračien alebo dlhotrvajúce dažde, odlesnenie rozsiahlych plôch, ľadové bariéry na toku, neúmyselné poškodenie ochranných hrádzí, starnutie materiálu objektov na tokoch a pod.
- b) *subjektívne príčiny* spočívajú v ľudskom činiteľovi. Môže to byť nedostatočná odborná príprava pracovníkov zaradených do systému ochrany, podceňovanie nebezpečenstva, ale aj sabotážne akcie najmä vo vojnovom období a pod (Kabina a kol., 2001).

Kovář (2004) uvádza, že *prirodzená povodeň* je povodeň spôsobená prírodnými javmi.

Možno ju rozdeliť na:

- a) *zimné a jarné povodne* spôsobené topením snehovej pokrývky, poprípade v kombinácii s dažďovými zrážkami. Tieto povodne sa najviac vyskytujú na podhorských tokoch a propagujú sa ďalej i v nížinných úsekoch veľkých tokov,
- b) *letné povodne spôsobené dlhotrvajúcimi regionálnymi zrážkami*. Vyskytujú sa spravidla na všetkých tokoch v zasiahnutom území, obvykle s výraznými dôsledkami na stredných a väčších tokoch,
- c) *letné povodne spôsobené krátkodobými zrážkami* veľkej intenzity (často i cez 100 mm za niekoľko málo hodín) zasahujúce pomerne malé územia. Môžu sa vyskytovať kdekoľvek na malých vodných tokoch, katastrofálne dôsledky majú predovšetkým na sklonitých vejárovitých povodiach,
- d) *zimné povodňové situácie spôsobené ľadovými javmi* aj pri relatívne menších prietokoch. Vyskytujú sa v úsekoch tokov náchylných k vzniku ľadových zátaras a ľadových zápch.

Zvláštna povodeň je povodeň spôsobená umelými vplyvmi, tj. situácia, ktorá môže nastať pri stavbe alebo prevoze vodných diel, ktoré vzdúvajú alebo môžu vzdúvať vodu, predovšetkým pri narušení telesa vzdúvajúceho vodného diela, porušením hradiacích konštrukcií výpustných zariadení vodného diela alebo núdzovom riešení kritických situácií z hľadiska bezpečnosti vodného diela (Kovář, 2004).

1.3 Ochrana pred povodňami

Zákon o povodňovej ochrane č.666/2004 definuje ochranu pred povodňami ako súbor technických a organizačných opatrení orgánov štátnej správy a obcí, povodňových komisií, správcov vodohospodársky významných vodných tokov a správcov drobných vodných tokov, vlastníkov a správcov vodných stavieb, iných právnických a fyzických osôb na predchádzanie vzniku povodne a na zmiernenie jej následkov.

Kovář (2004) uvádza, že ochrana pred povodňami je opatrenie k predchádzaniu a zamedzeniu škôd pri povodniach na životoch a majetku občanov, spoločnosti a na životnom prostredí uskutočňovaná predovšetkým systematickou prevenciou, zvyšovaním retenčnej schopnosti povodí a ovplyvňovaním priebehu povodní.

1.3.1 Orgány štátnej správy ochrany pred povodňami

Orgány štátnej správy ochrany pred povodňami riadia a zabezpečujú ochranu pred povodňami v období prípravy na povodňové situácie, organizujú a kontrolujú činnosť subjektov zapojených do ochrany pred povodňami počas povodne a v období bezprostredne po zániku povodne a kontrolujú plnenie opatrení na odstránenie následkov spôsobených povodňami (Zákon č.666/2004). Orgánmi štátnej správy ochrany pred povodňami sú:

- a) ministerstvo,
- b) krajské úrady životného prostredia,
- c) obvodné úrady životného prostredia,
- d) obce.

Orgány štátnej správy ochrany pred povodňami radia a zabezpečujú ochranu pred povodňami v období prípravy na povodňové situácie, organizujú a kontrolujú činnosť účastníkov zapojených do ochrany pred povodňami a kontrolujú plnenie opatrení na odstránenie následkov spôsobených povodňami (Zákon č.666/2004).

Vláda Slovenskej republiky a orgány štátnej správy ochrany pred povodňami zriaďujú na výkon povodňovej ochrany *povodňové komisie*, ktorými sú:

- a) Ústredná povodňová komisia,
- b) krajské povodňové komisie,
- c) obvodné povodňové komisie,

-
- d) povodňové komisie obcí (Zákon č.666/2004).

Ostatné orgány:

- a) ministerstvo vnútra,
- b) krajský úrad,
- c) krajské riaditeľstvo Hasičského a záchranného zboru,
- d) vyššie územné celky,
- e) obvodný úrad,
- f) okresné riaditeľstvo Hasičského a záchranného zboru (Zákon č.666/2004).

1.3.2 Stupne povodňovej aktivity

Stupne povodňovej aktivity (stupne PA) charakterizujú mieru nebezpečenstva povodne, viazanú na stanovené vodné stavy alebo prietoky na vodných tokoch a na vodných stavbách pri povodňovej situácii. Vodné stavy a prietoky zodpovedajúce stupňom PA schvaľuje Ministerstvo životného prostredia SR na návrh správcu vodného toku po prerokovaní s orgánom štátnej správy ochrany pred povodňami a so Slovenským hydrometeorologickým ústavom (Zákon č.666/2004).

V povodňových plánoch sa určujú tieto *stupne povodňovej aktivity*:

- a) I. stupeň PA – stav bdlosti,
- b) II. stupeň PA – stav pohotovosti,
- c) III. stupeň PA – stav ohrozenia (Zákon č.666/2004).

1.3.3 Opatrenia na ochranu pred povodňami

Podľa Zákona o povodňovej ochrane č.666/2004 Z.z. každý, kto zistí nebezpečenstvo povodne je povinný neodkladne to ohlásiť povodňovému orgánu, hasičskému a záchrannému zboru, koordináčnemu stredisku integrovaného záchranného systému, policajnému zboru, alebo správcovi vodných tokov. Opatrenia na ochranu pred povodňami sa vykonávajú preventívne, v čase nebezpečenstva povodne, počas povodne a po povodni (Zákon č.666/2004).

Základné opatrenia na ochranu pred povodňami sú:

- a) povodňové plány,
- b) povodňové prehliadky,
- c) predpovedná povodňová služba a hlásna a varovná povodňová služba,
- d) hliadková služba,

e) povodňové zabezpečovacie práce (Zákon č.666/2004).

Preventívnymi opatreniami sú najmä technické a biotechnické opatrenia v povodí, ktoré spomaľujú odtok vôd z povodia do vodných tokov, výstavba retenčných nádrží, ochranných hrádzí, protipovodňových línii a zariadení na prečerpávanie vnútorných vôd, úprava vodných tokov a ich nevyhnutná oprava a údržba, ako aj budovanie poldrov (Zákon č.666/2004).

Medzi protipovodňové opatrenia patria aj tie opatrenia, ktoré znižujú ročné riziko vzniku povodne. Dá sa to dosiahnuť tromi spôsobmi :

- a) znížením povodňového maxima - kulmináčného prietoku : (regulovanie nádrže, úprava menej vzácnych záplavových území, pričlenenie susedného jazera alebo nádrže, stavba poldrov),
- b) korekciami v záplavových územiach : (stavebné opatrenia, plánovacie opatrenia, výstražná služba pri nebezpečenstvi povodní, záchranná služba),
- c) zvýšením prietokovej kapacity koryta : (zvýšenie brehov, vyrovnanie trasy toku, rozšírenie prietokového profilu, stavba odľahčovacích kanálov) (Vischer, 1978).

1.4 Ochrana pred vonkajšími - cudzími vodami

Príčinou zamokrenia záujmového územia môžu byť vonkajšie vody (nazývané aj cudzie vody), ktoré pritekajú z okolitého územia povrchovou alebo podpovrchovou cestou. Môže to byť voda stekajúca z vyššie ležiacej časti územia pri dlhotrvajúcich a privalových dažďoch alebo pri rýchlom topení snehu, prípadne voda presakujúca hrádzami alebo ich podložími. Ochrana záujmového územia pred vonkajšími vodami je dôležitá najmä s ohľadom na zníženie zaťaženia podrobnej odvodňovacej siete, ale aj v záujme poľnohospodárskeho obrábania pôdy, pretože vonkajšie vody sú často dôvodom nedodržania agrotechnických termínov a erózných javov (Šíbl a i., 2002).

Na ochranu pred vonkajšími vodami možno použiť:

- a) lesnícky spôsob ochrany,
- b) agrotechnický spôsob ochrany,
- c) technický spôsob ochrany (Kabina a kol., 2001).

1.4.1 Lesnícke spôsoby ochrany

Dôležitým prvkom protipovodňovej ochrany na Slovensku sú lesy. Už v minulosti sa mnohokrát osvedčila obnova lesného porastu, pretože pri správnej skladbe lesa môžeme výrazne ovplyvniť plošný odtok zrážkovej vody a tým značne zredukovať, alebo znížiť povodňovú vlnu (Procházka a i., 2005).

Vplyv lesa na hydrologický režim vodných tokov, hlavne na severe Slovenska je mimoriadne veľký a preto si treba uvedomiť, že lesný porast nám ponúka obrovské výhody:

- a) *mimoriadnu schopnosť zadržiavať zrážkovú vodu* v odtoku do vodných tokov (retenčná schopnosť),
- b) *schopnosť kumulovať zrážkovú vodu* na pomerne rozsiahlom povrchu lesného porastu, v pôdnej prikrývke (koreňový režim) a nakoniec v samotnej pôde (akumulačná schopnosť),
- c) *schopnosť spomaľovať odtok zrážkovej vody* premenou povrchového odtoku na odtok podzemný (retardačná funkcia) (Procházka a i., 2005).

Najvýraznejší odtok vody je vo flyšových oblastiach (povodeň v lete 1997 – oblasť Kysúc), kde aj malý úbytok v lesnom poraste sa odrazí vo výraznom stúpnutí odtokových množstiev a ich rozkolísanosti. Najmenej je odtok vody ovplyvnený tam, kde rozhodujúcu úlohu zohráva horninové prostredie a transformácia atmosférických zrážok do podzemných vôd. Tam je účinok zmeny v lesnom poraste na odtok vody asi polovičný ako vo flyšových oblastiach. Dôležitým činiteľom pri odtoku vody z lesných porastov je infiltrácia lesných pôd (Procházka a i., 2005).

K lesníckym opatreniam zaradujeme:

- a) ochranné zalesňovanie,
- b) výsadba ochranných vsakovacích pásov (Benetin a kol., 1987).

Ochranné zalesňovanie

Je nežiadúce, aby všetky horské polohy na rozvodí toku, strmé svahy a neplodné, poľnohospodársky nevyužívané plochy boli zalesnené (Benetin a kol., 1987). To ale nie je postačujúce, je nesmierne dôležité, aby na týchto a všetkých ostatných lesných pôdach bol dobre založený a vyvinutý les o priemernom zakmenení minimálne 80 % (t.j pomer skutočného množstva stromov ku množstvu, ktoré je v daných

podmienkach stanovištných, druhových a vekových optimálny), ktorý len v hospodársky a biologicky dobrom stave môže účinne plniť aj svoju vodohospodársku funkciu. Veľkoplošné lesné porasty zvyšujú množstvo ročne spadnutých zrážok len asi o 5 %, ale podstatne znižujú povrchový odtok. Je to spôsobené tým, že pri daždi sa časť zrážok zachytí v korunách stromov, kde sa aj časť hneď odparí (Kabina a kol., 2001).

Proces infiltrácie je ďalej zlepšovaný lesnou hrabankou a skutočnosťou, že pôdny povrch v lese nie je natoľko dažďovými kvapkami utláčaný. Množstvo zadržanej vody v lesoch závisí od druhu dreviny. Tak napríklad smrek zadrží z celkového množstva zrážok 32 %, borovica 15 %, buk 20 %. Najlepšiu vodohospodársku funkciu majú zdravé, zapojené a zmiešané lesy, v ktorých je pôda pokrytá dobre sa rozkladajúcim humusom, a u ktorých rôzne koreňové systémy dobre napomáhajú vsakovaniu vody do pôdy pri súčasnej ochrane pôdy proti jej eróznemu zmyvu (Kabina a kol., 2001).

Výsadba ochranných vsakovacích lesných pásov

Pre zalesnenie sa predovšetkým navrhujú svahy so sklonom väčším než 30% a plochy, ktoré neumožňujú iné kultúrne využitie. Niektoré svahy o väčšom sklone sú však poľnohospodársky využívané a v týchto prípadoch nie je možné ich zalesniť, ale je vhodné ich aspoň prerušiť zasakovacími lesnými pásmi (Benetin a kol., 1987).

Zasakovacie lesné pásy účinne zadržujú odtok z dažďov, alebo z topiaceho sa snehu. Z hľadiska porastu majú byť zasakovacie pásy aspoň trojvrstevnaté s hustým kríkovým podrastom a s pôdou pokrytou silnou vrstvou hrabanky o vysokej vsakovacej schopnosti. Hustota porastu má dosahovať až úplnej nepriechodnosti (výsadba o spone 1 x 1 m). Najlepšie plní zasakovaciu funkciu pás umiestnený asi uprostred svahu a pás umiestnený v mieste náhlych zmien sklonu (Kabina a kol., 2001). Potrebnú šírku pásu môžeme vypočítať zo vzťahu:

$$D = \frac{o \cdot i}{w - i} \cdot L \quad (1.1)$$

kde: D = šírka pásu

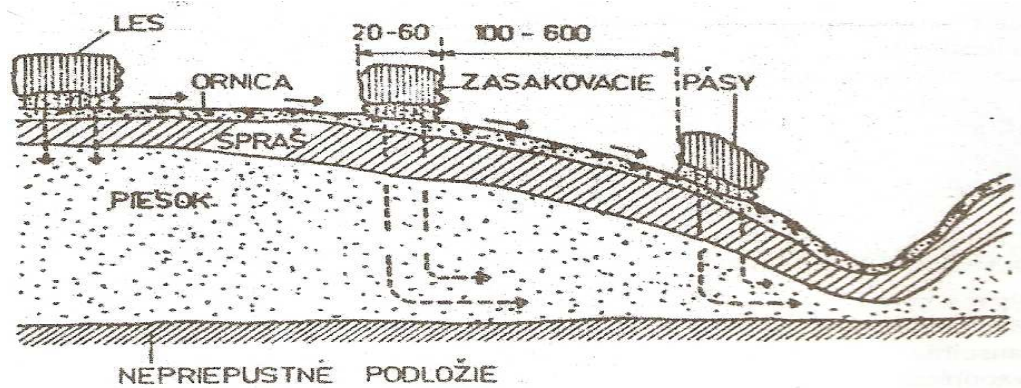
L = dĺžka chráneného svahu alebo vzdialenosť dvoch susedných pásov

i = intenzita kritického dažďa alebo topenia snehu

w = vsakovacia intenzita pôdy v lesnom páse

o = odtokový súčiniteľ závislý na miestnych pomeroch (sklon svahu, priepustnosť pôdy a pod.)

Podobnú funkciu ako vsakovacie lesné pásy majú tiež vsakovacie ovocné sady (Kabina a kol., 2001).



Obrázok 1: Zasakovacie lesné pásy na svahu (Kabina a kol., 2001).

1.4.2 Agrotechnické spôsoby ochrany

Ich účelom je predovšetkým umožniť odvedenie prebytočnej vody z povrchovej orníčnej vrstvy pôdy, urýchliť na jar ich vysušenie a prevzdušnenie (Benetin a kol., 1987). Na pozemkoch miernejšie svažitých, využívaných intenzívne pre poľnohospodársku výrobu, môžeme čeliť škodlivému vytváraniu povrchového odtoku účelným usporiadaním pozemkov a modernou *agrotechnikou*, ktorá vytvára viaceré možnosti na zlepšenie vsakovacej schopnosti pôdy (Kabina a kol., 2001). Vsakovacia schopnosť pôdy sa dá zlepšiť :

- úpravou pôdnej štruktúry,
- stálou a pomerne hustou vegetačnou pokrývkou pôdy,
- ako aj zdršňovaním povrchu pôdy (Benetin a kol., 1987).

Správne usporiadanie pozemkov na svahoch taktiež účinne znižuje vytváranie povrchového odtoku. Veľmi nevhodné sú dlhé a úzke pozemky situované po svahu (tzv. remeňové pozemky). Takéto závady sa odstraňujú pri hospodársko-technických úpravách pozemkov. Preto svahové hony musia byť usporiadané svojim dĺžkovým rozmerom naprieč svahu, aby bola umožnená orba po vrstevnici (horizontálna orba), napomáhajúca intenzívnemu vsakovaniu vody v dobe, keď sú pozemky bez vegetačného krytu (Kabina a kol., 2001).

1.4.3 Technické spôsoby ochrany

Navrhujeme ich v prípadoch, keď je potrebné ihneď riešiť alebo zlepšiť ochranu voči prítoku cudzích vôd na záujmové územie (Kabina a kol., 2001). Ako *technické spôsoby ochrany* môžeme navrhnúť:

- a) ochranné kanály,
- b) úpravy tokov,
- c) ochranné hrádze,
- d) ochranné nádrže (retenčné nádrže – tzv. poldre).

Je možné jednotlivé spôsoby ochrany vzájomne kombinovať. Avšak pri použití technických spôsobov ochrany je potrebné naďalej dôsledne uplatňovať zásady poľnohospodársko - lesníckych spôsobov ochrany v celom záujmovom území (Kabina a kol., 2001).

Ochranné kanály

Medzi kanály plniace ochrannú funkciu patria:

- a) *záchytné (obvodové) kanály* – zachytávajú cudzie prívalové vody, ktoré na záujmové územie pritekajú z vyšších polôh vo forme plošného povrchového prítoku z prívalových dažďov alebo topiaceho sa snehu, povrchového prítoku sústredeného v potokoch a bystrinách alebo vo forme podzemného prítoku. Navrhujú sa po obvode odvodňovacieho územia, najčastejšie na úpäť svahov, z ktorých voda priteká (Šíbl a i., 2002). Musia byť ale navrhnuté tak, aby pri zabezpečení priaznivých prietokových pomerov vyúsťovali do recipientu gravitačne (Benetin a kol., 1987).



Obrázok 2: Usporiadanie záchytného kanála (Kabina a kol., 2001).

- b) *odľahčovacie kanály* – odvádzajú z vodného toku prechádzajúceho záujmovým územím časť povodňového prietoku, ktorý by inak spôsobil záplavy. Odbočujú z odľahčovaného toku nad záujmovým územím (Benetin a kol., 1987). Trasa je

vedená najkratším smerom do recipientu tak, aby bolo možné jeho gravitačné vyústenie pri všetkých vodných stavoch recipientu. Prietoková kapacita odľahčovacieho kanála sa určí podľa vzťahu:

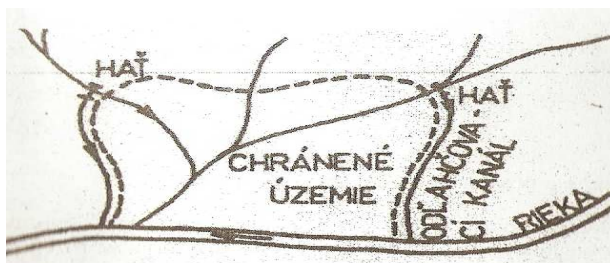
$$Q_{ok} = Q_N - Q_k \quad (1.2)$$

kde: Q_{ok} = je prietok vody použitý na dimenzovanie odľahčovacieho kanála,

Q_N = je návrhový prietok odľahčovaného toku, ktorý zodpovedá požadovanému stupňu ochrany (je väčší ako Q_k),

Q_k = je prietoková kapacita odľahčovaného toku, ktorá nespôsobuje záplavy

(Šíbl a i, 2002).



Obrázok 3: Usporiadanie odľahčovacích kanálov (Kabina kol., 2001).

Úpravy tokov

Úpravy tokov tvoria súbor technických zásahov a opatrení vodohospodárskeho významu. Majú za účel vytvoriť vhodný zásah do súčasného režimu vodného toku, s cieľom zamedzenia alebo zmiernenia nevhodných pôsobení na ľudí, technické objekty, organizmy žijúce v toku alebo krajinu. Riešia sa tak opakované škody spôsobované tokom, a tiež zlepšenie možností pre jeho využívanie (Jurík, Matyo, 2007).

Sú najčastejším spôsobom ochrany proti vonkajším vodám. Spravidla tieto toky slúžia i ako recipient pre odvodňované územie. Úprava toku má zabezpečiť neškodný priechod povodne určitej četnosti výskytu podľa požadovaného stupňa bezpečnosti ochrany pred záplavami, pričom však nesmie prísť k nepriaznivému ovplyvneniu hladiny podzemnej vody na priľahlých pozemkoch, napr. nadmerným prehĺbením koryta (Šíbl a i., 2002). Smerové, sklonové a prietokové pomery upravovaných tokov sa riešia aj s ohľadom :

-
- a) na ochranu priľahlého územia pred povodňami,
 - b) na zabezpečenie gravitačného zaústenia odvodňovacích sústav, pokiaľ je to možné,
 - c) na nízke vodné stavy, aby nebol spôsobený škodlivý pokles podzemných vôd v priľahlom území (Šíbl a i., 2002).

Pre upravovaný tok je dôležité stanoviť stupeň ochrany (N), ktorý udáva pre aký N -ročný prietok Q_N poskytuje úprava záruku pred záplavami. To znamená, že návrhový prietok Q_N sa vyskytuje s pravdepodobnosťou prekročenia raz za N -rokov. Do problematiky úprav tokov patrí aj návrh trasy toku, návrh vhodného sklonu nivelety, ako aj návrh potrebného opevnenia dna a svahov koryta toku (Šíbl a i., 2002).

Ochranné hrádze

Ochranné hrádze (tiež inundačné) sú stavby lichobežníkového priečneho profilu zo zemného materiálu pozdĺž toku, ktoré zamedzujú rozlievanie veľkých vôd v údolí vodného toku. Slúžia na ochranu plochého a rozsiahleho inundovaného územia, keď vlastné koryto toku nemožno upraviť na kapacitu prietoku najväčších vôd, potom tam, kde recipient vzdúva za povodne vodu prítoku vysoko nad jeho prirodzené brehy, no a nakoniec tam, kde chceme chrániť pred záplavami sídliská, veľké objekty a komunikácie (Jurík, Matyo, 2007).

Budujú sa pozdĺž riek a nádrží vtedy, ak nemožno z technických prípadne ekonomických dôvodov zabrániť vyliatiu vody z tokov a zaplaveniu územia pri vyšších vodných stavoch (Benetin a kol., 1987).

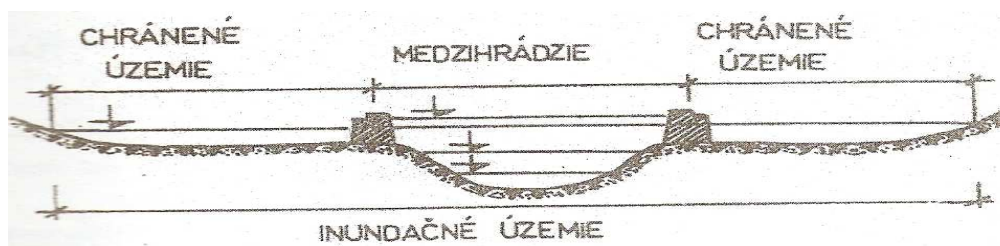
Hrádze rozdeľujú jednotné inundačné územie na tri časti, čo zobrazuje aj (obrázok 4). V prostriedku medzi hrádzami je koryto toku, upravené väčšinou na strednú vodu (Q_5 , Q_{10} , Q_{20}) a tzv. predhrádzie, ktoré tvorí územie medzi korytom a hrádzou. Územie medzi obidvoma hrádzami sa nazýva medzihrádzie. Územie za hrádzou po oboch stranách je chráneným územím (Kabina a kol., 2001).

Podľa účelu rozdeľujeme :

- a) *hrádze na úplnu ochranu* - sa stavajú pre veľké vody 50 až 100-ročné, v mestách na 200 až 1000-ročné, sú to tzv. hlavné, zimné alebo neprelievateľné hrádze,
- b) *hrádze na čiastočnú ochranu* – sú nižšie a chránia územie len pred menšími letnými vodami, sú to tzv. vedľajšie, letné alebo prelievané hrádze, pri týchto

hrádzach môžu vzniknúť jarné záplavy, ktoré prichádzajú ešte pred vegetačným obdobím.

Niekedy sa používa tzv. *dvojitý hrádzový systém* (kombinované hrádze). V tomto prípade sa postaví v predhrádzí rovnobežne s hlavnou hrádzou nižšia – vedľajšia hrádza na zachytenie letných povodní (Kabina a kol., 2001).

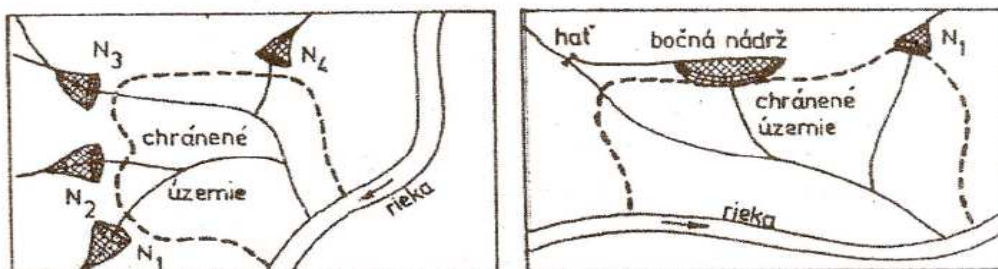


Obrázok 4: Prierezný rez inundačným územím a záhradzovým tokom (Kabina a kol., 2001).

Ochranné nádrže

Slúžia najmä na zachytenie vrcholovej časti povodňových prietokov a na ich akumuláciu počas určitej doby. Akumulovaná voda sa môže z nádrže vypúšťať ihneď po znížení prietoku v takom množstve, ktoré umožňuje vodný stav v recipiente, vtedy nazývame *nádrž retenčnou*. Ak sa voda v nádrži zadrží dlhší čas a využíva sa napríklad na závlahy, výrobu elektrickej energie, ide o *akumulačnú nádrž*. Vhodnejšie sú nádrže s kombinovanou funkciou akumuláčnou i retenčnou. Celkový nádržný objem je rozdelený tak, že dolný objem, tzv. akumuláčny je určený na vodohospodárske využívanie a horný objem, tzv. retenčný plní ochrannú retenčnú funkciu (Šíbl a i., 2002).

Ochranné nádrže umiestňujeme nad chráneným územím a navrhujeme ich ako *prietočné* alebo *neprietočné (bočné)*. Často používame ochranné nádrže na ochranu sídlisk pred záplavami na tokoch pretekajúcich mestom. Pri výpočte retenčného obsahu nádrže doporučuje Júva (1957) vychádzať z prítokovej čiary n -ročnej povodne $Q_p = f(t)$ a odtoku Q_0 , ktorý nespôsobuje škody na chránenom území (Kabina a kol., 2001).



Obrázok 5: Ochrana záujmového územia prietočnými a neprietočnými/(bočnými) retenčnými nádržami (Kabina a kol., 2001).

Ak je potom prítok do nádrže Q_p , zadrží sa v nádrži v časovom intervale dt množstvo vody Q_R

$$dt = (Q_p - Q_o).dt \quad (1.3)$$

kde: Q_p = prítok do nádrže

Q_o = odtok z nádrže (poldra)

dt = časový interval

Pri trvaní povodne v čase t_1 až t_2 vypočítame potrebný obsah nádrže zo vzťahu:

$$O_n = \int_{t_1}^{t_2} Q_R . dt = \int_{t_1}^{t_2} (Q_p - Q_o) . dt \quad (1.4)$$

kde: O_n = obsah nádrže

Q_R = množstvo vody (Kabina a kol., 2001).

Na ochranné účely sa využívajú aj *suché nádrže*, tzv. *poldre*. Sú navrhované obyčajne ako bočné nádrže, ohraničené prirodzeným zvýšením terénu. Územie vybrané pre polder sa zaplavuje len zriedka pri veľkých povodniach, a preto ho možno využívať na pestovanie plodín, ktorým neškodí krátkodobé zaplavenie (Benetin kol., 1987).

1.5 Polder

1.5.1 Charakteristika a rozdelenie poldra

Podľa nemeckej normy DIN 19 700 sú poldre objekty, ktoré slúžia na dočasné zadržanie povodňových prietokov v retenčných priestoroch s účelom obmedziť možnosti vzniku škôd na úseku toku ležiacom pod nimi, prípadne k vytvoreniu oblasti bez ohrozenia povodňami. Ide o umelý retenčný priestor alebo suchú nádrž, a teda aj o prvok úpravy toku resp. krajiny. Na rozdiel od viacúčelových nádrží, ktoré môžu mať aj protipovodňovú funkciu, ide o jednoúčelové nádrže, ktorých pôvodná funkcia je vytvoriť stály pohotovostný retenčný priestor. Plocha poldra je poľnohospodársky obrábaná, spravidla ako trvalý trávnatý porast, či pasienky. Pre ich prevádzku je charakteristické, že po každom naplnení dochádza k čo najrýchlejšiemu vyprázdneniu nádrže, samozrejme s ohľadom na povodňovú situáciu na území pod nádržou (DIN 19 700).

Každý suchý polder sa skladá z viacerých objektov, ktorými sú:

- a) výtokový objekt,
- b) zemná hrádza,
- c) zaplavovaný priestor v dobe povodní (Bačík, 2002).

Výtokový objekt

Kľúčovým objektom u nás navrhovaných poldrov je *funkčný objekt - výtokový objekt* tvoriaci súčasť hrádze. Tento objekt má v dne toku, na ktorom sa navrhuje, výpustný otvor a súčasťou objektu je aj bezpečnostný priepad, ktorého úlohou je bezpečne prevádzať tie prietoky, ktoré sú väčšie ako kapacita výtokového otvoru v dne (Kamenský, Kedrovič, 2002).

Je nutné ho navrhovať tak, aby v prípade potreby umožnil úplne vyprázdnenie a udržiavanie vyprázdneného poldra. Pri návrhu musí byť zohľadnený vplyv alebo ochrana proti zanášaniu a prísunu hrubých plavenín. Tvar vtokového otvoru regulačného priepustu treba navrhnuť vo vhodnom súlade s tvarom a šírkou koryta, ktoré prechádza poldrom tak, aby objekt výrazne neovplyvňoval tvar prúdenia a nespôsobil ukladanie splavenín pred objektom. Na utlmenie kinetickej energie vody prepadajúcej cez bezpečnostný priepad alebo odtekajúcej z priepustu je treba

vývar alebo iný typ objektu (rozrážачe, zdrsnený sklz, kamenné opevnenie) (Nijssen, 2009).

Hrádza

Návrh typu hrádze poldra je podmienený typom navrhovaného poldra, výškou hrádze, veľkosťou objemu poldra a druhu materiálov na ich výstavbu (Kamenský, Kedrovič, 2002). Návrh hrádze musí obsahovať výpočtové overenie stability svahov, vzniku priesakov cez teleso hrádze a cez podložie hrádze pre predpokladané priebehy povodňových stavov. V prípade prelievaných hrádzí treba posúdiť opevnenie hrádze a koryta pod hrádzou proti deštrukcii pre všetky možné priebehy povodňových stavov (Nijssen, 2009).

Zátopová oblasť

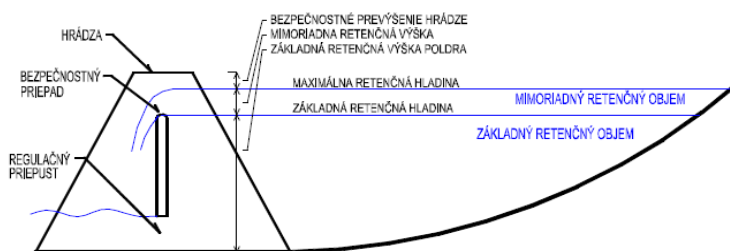
Nesmú byť v nej umiestnené stavby pre bývanie, výrobné priemyselné objekty, sklady látok, ktoré by mohli ohroziť akosť vody alebo funkčné objekty poldra. Tvar a sklony svahov zátopového územia treba upraviť tak, aby vplyvom zatápania nedošlo k zosuvu a erózii svahov. Tvar taktiež treba posúdiť a upraviť tak, aby nevznikali miestne a trvalé bezodtokové zatopené plochy po povodni. Ak je predpoklad zvýšeného prísunu splavenín do zátopovej oblasti je vhodné navrhnuť opatrenia na ich zachytávanie. Zátopová oblasť je najčastejšie využívaná ako poľnohospodárska pôda, pasienky alebo na lesnícke účely. Spôsob využívania je závislý od režimu (sezónnosti) a periodicity zaplavovania územia, miestnych klimatických pomerov, pôdných pomerov alebo iných územných požiadaviek (Bouwer a i., 2009).

Rozdelenie poldrov podľa typov regulačných objektov:

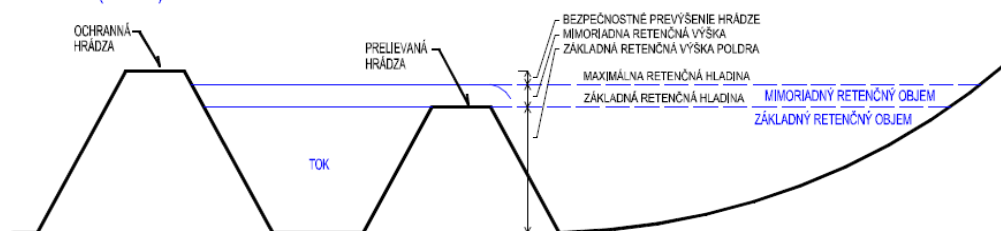
- a) *Pretekaný polder* - je vytvorený priečnym prehradením koryta toku hrádzou. Sú vhodné pre výstavbu na malých podhorských tokoch v relatívne úzkych údoliach (napr. polder Oreské), kde sa retenčný objem vytvára krátkou priečnou hrádzou a vyššou výškou vzdutia. Prietok je transformovaný dnovým regulačným priepustom alebo regulačným dnovým otvorom. Väčšie prietoky ako návrhový prietok regulačného priepustu prevádza polder v súčinnosti s bezpečnostným priepadom (Čomaj, 2004). *Nevýhodou* je častejšie zaplavovanie zátopového územia v dôsledku transformácie aj menších ako bezpečných prietokov dnovým výpustom. *Výhodou* pretekaných poldrov je menší rozsah stavebných objektov hrádze (Čomaj, 2004).

- b) *Nepretekany polder* – typické pre toky v rovinatom území (poldre na rieke Morava), kde sú toky lemované ochrannými hrádzami vyvýšenými nad terénom. Tok je oddelený od poldra regulačným priepadom, ktorý je umiestnený na korune hrádze. Tvar koryta je vhodné upraviť tak, aby nad a v úseku, kde voda prepadá do poldra, bola prevádzaná voda pri čo najvyššej hladine za účelom dosiahnutia maximálneho možného objemu poldra. Voda zo zásobného objemu sa po povodni vypúšťa do toku ovládateľným priepustom alebo priepustom so spätnou klapkou (Čomaj, 2004). *Výhodou* je ich vysoká účinnosť tým, že celú časť prietoku nad bezpečný prietok prevádzajú do poldra. Vzhľadom na princíp plnenia poldra a prechodu extrémnych prietokov nie je potrebný bezpečnostný priepad. *Nevýhodou* je nákladnejšia výstavba a pomalšie vypúšťanie vody z poldra po povodni (Čomaj, 2004).
- c) *Kombinovaný polder* – je taký, ktorý využíva na transformáciu vlny do určitého prietoku regulačný priepust a od vyššieho prietoku regulačný priepad a opačne. Napríklad pretekany polder cez ktorý prechádza koryto, je od zátopovej plochy poldra oddelený ochrannými hrádzami, aby sa základný retenčný objem zaplavoval až od určitého zvoleného prietoku. Vyššie prietoky sú už regulované vplyvom hradiaceho dnového priepustu v objekte priečnej hrádze ako pri pretekanom poldri (Čomaj, 2004).

PRIETOČNÝ POLDER



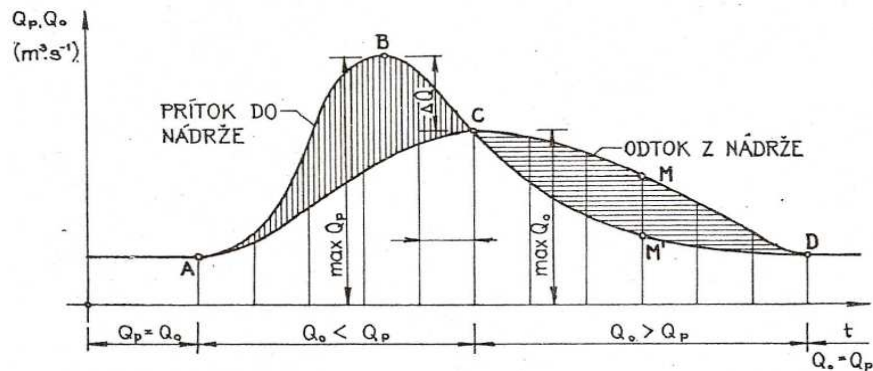
NEPRIETOČNÝ (BOČNÝ) POLDER



Obrázok 6: Schéma prietočného a neprietočného poldra (Čomaj, 2004).

1.5.2 Plnenie a prázdnenie nádrže (poldra) pri povodni

Najvšeobecnejší prípad nastáva vtedy, keď sa s časom mení prítok do nádrže aj výtok z nej. Všimnime si jeden z možných a pre technickú prax dôležitých prípadov. Ide o priebeh povodňovej vlny cez nádrž. Povodňová vlna, ktorá vzniká z extrémnych zrážok, topenia snehu a ľadu alebo z iných dôvodov, je charakterizovaná svojím maximálnym prítokom (kulminačný bod) a celkovým objemom (Mäsiar, Kamenský, 1991).



Obrázok 7: Plnenie a prázdnenie nádrže počas povodne (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Do nádrže nech priteká povodňová vlna vyznačená na (obrázku 7), ako čiara prechádzajúca bodmi ABCMD. Povodňová vlna je zakreslená v súradnicovej sústave, kde je na vodorovnej osi vyneseny čas t a na zvislej osi prítok do nádrže Q_p a výtok z nej. Zvýšený prítok v toku sa v nádrži zachytí tak, že sa rozleje po väčšej ploche a vyplní určitý objem. Hladina v nádrži stúpne a odtok sa zvýši. Čiara odtoku prechádza bodmi ACMD (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Celý časový priebeh tohto javu možno rozdeliť na štyri úseky. V prvom, pred príchodom povodňovej vlny do nádrže, je prítok a odtok rovnaký $Q_p = Q_o$. V ďalšom časovom úseku prudko rastie Q_p až po kulminačný bod, potom prítok klesá. Výtok z nádrže v druhom úseku stále rastie a kulminuje v bode C tam, kde sa pretína Q_p a Q_o . Tento poznatok vyplýva z jednoduchého rozboru (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Vieme, že pre najvšeobecnejší prípad zmien prítoku, odtoku a hladiny vody v nádrži platí diferenciálna rovnica

$$(Q_p - Q_o)dt = S.dz \quad (1.5)$$

Ak bude $Q_p = Q_o$, súčasne bude $\frac{dz}{dt} = 0$. To však značí, že keď sa nemení s časom poloha hladiny v nádrži nemení sa ani odtok z nej, čiže

$$\frac{dQ_o}{dt} = 0 \quad (1.6)$$

To je podmienka extrému (kulminácie) odtoku.

V druhom časovom úseku stále platí $Q_p > Q_o$ čo značí, že pred nádržou sú v toku väčšie prietoky, než za ňou (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Tretí úsek je charakterizovaný poklesom obidvoch čiar – prítoku aj odtoku. Čiara prítoku (povodňová vlna) však klesá strmšie a čiara odtoku miernejšie. Na tomto úseku platí $Q_p < Q_o$, teda prietok v toku pred nádržou je menší než za ňou. Posledný časový úsek (od bodu D) je zasa charakterizovaný vyrovnaním prítoku aj odtoku z nádrže, čiže rovnosťou $Q_p = Q_o$. Vidíme, že nádrž zmenšila kulminačný prietok v toku za ňou o ΔQ . Na túto zmenu povodňovej vlny pri prechode cez nádrž treba však mať v nádrži voľný určitý objem, ktorý nazývame *retenčným priestorom*. Jeho veľkosť je na (obrázku 7) pre danú povodňovú vlnu graficky znázornená plochou ABC (šráfovaná zvislo), alebo plochou CMDM' (šráfovaná vodorovne) (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Je pochopiteľné, že tieto dva objemy sú si navzájom rovné, lebo v nádrži po prechode do 4. úseku (za bod D) neostáva nijaký zväčšený objem. Na riešenie čiary odtoku z nádrže za predpokladu danej čiary prítoku (povodňová vlna) a známej čiary objemov existuje viacero metód, ktoré sú založené na riešení základnej rovnice (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Najčastejšie sa uvádza v tvare konečných rozdielov ako diferenčná rovnica

$$(Q_p - Q_o)\Delta t = S.\Delta z \quad (1.7)$$

alebo aj po dosadení $S.\Delta z = \Delta V$

$$(Q_p - Q_o)\Delta t = \Delta V \quad (1.8)$$

kde: $\Delta V =$ zmena objemu

Pričom zmena objemov musí zodpovedať čiare objemov nádrže. Pri výpočte alebo grafických metódach riešenia rovníc (1.7) a (1.8) sa vychádza zo známej Q_p , volí sa Δt a vypočíta sa odtokové množstvo na konci tohoto časového intervalu, prípadne možno zvolíť Q_o a počítat' čas, za ktorý takýto odtok nastane. Výsledkom riešenia je potom požiadavka na retenčný priestor nádrže a maximálny prietok pod nádržou $max Q_o$ (Mäsiar, Kamenský, 1991).

1.5.3 Návrh a hodnotenie účinnosti poldrov

Návrh poldra vychádza z komplexného posúdenia hydrologických a morfológických pomerov na danom území spolu s inými „čiasočnými“ možnosťami riešenia protipovodňovej ochrany (úprava kapacity toku, zníženie odtoku z povodia, a pod.)

Podkladmi pre návrh poldra sú:

- a) hydrologické podklady,
- b) geodetické podklady,
- c) geologické podklady,
- d) inžiniersko-geologické,
- e) majetko-právne podklady (Čomaj, 2004).

Návrh poldrov vychádza z predpokladov:

- a) poldre budú vytvorené v údoliach tokov zemnými hrádzami s funkčným objektom v telese hrádze a v čase mimo povodní budú suché; ich priestor môže byť využívaný pre poľnohospodársku výrobu a pre rekreáciu,
- b) funkčný objekt v hrádzi poldra musí byť schopný prevádzky v ktoromkoľvek čase a jeho prevádzka musí byť úplne automatická, bez akéhokoľvek zásahu človeka,
- c) hlavným účelom poldra je, aby pre všetky hladiny hornej vody, ktoré sú na nižšej úrovni ako kóta koruny bezpečnostného priepadu bol prietok vody v koryte pod poldrom menší ako korytový prietok, teda prietok, ktorý nevystúpi z brehov na tomto úseku – neškodný prietok Q_n ,

d) bezpečnostný prípad musí byť navrhnutý tak, aby bezpečne previedol povodňové prietoky to aj za predpokladu, že výtokový otvor v dne je vyradený z prevádzky - upchatý (Kamenský, Kedrovič, 2002).

Účinnosť jednotlivých suchých *poldrov* v prevádzke bude závisieť od parametrov konkrétnych povodňových vln. Rozhodujúcim prvkom limitujúcim ich schopnosť transformovať povodňovú vlnu je čas trvania povodne (Bačík a i., 2002).

Pri dlhšie trvajúcich povodniach sa budú poldre postupne zaplňovať a úmerne k objemu zachytenej vody bude klesať ich schopnosť znižovať prietoky pod nimi. Po úplnom zaplnení jednotlivých poldrov dôjde k vyrovnaniu prietoku vody pritekajúcej a odtekajúcej z poldra (Čomaj, 2004).

Podľa STN 73 6814 sa *účinnosť poldrov* alebo retenčných priestorov nádrží posudzuje na základe úrovne transformácie návrhovej a kontrolnej povodňovej vlny.

Polder je špecifický protipovodňový objekt, ktorého umiestnenie a tým aj objem zvyčajne býva limitovaný morfológickými možnosťami údolia, polohou jednotlivých sídiel a objektov, ktoré nemožno jeho výstavbou a prevádzkou ohroziť alebo prípadne asanovať. Preto sa všade nedajú vytvárať poldre s takými objemami, ktoré by aj pri extrémne veľkých povodniach prepúšťali do tokov iba neškodné prietoky. Tak sa môže stať, že ak sa pri posudzovaní *účinnosti* navrhovaného poldra na základe simulácie transformácie návrhovej alebo kontrolnej povodňovej vlny ukáže pomerne malá miera zmenšenia kulminačného prietoku Q_{\max} , zastaví sa príprava jeho výstavby ako objektu s malou účinnosťou (STN 73 6814).

1.5.4 Bezpečnosť poldrov počas povodňových situácií

Samotnú bezpečnosť poldrov delíme na:

- a) bezpečnosť *hydrologickú* (schopnosť s dostatočnou presnosťou určiť návrhovú povodeň, ktorú má polder bezpečne transformovať),
- b) bezpečnosť *konštrukčnú* (hrádze, objekty, podložie, podhrádzie a iné).

Základným podkladom pre návrh suchej nádrže je prieskum územia, ktoré má byť nádržou chránené. Predovšetkým sa jedná o stanovenie neškodného prietoku v intravilánoch sídiel, priemyselných aglomerácií, prípadne iných objektov (TNV 75 2415).

Hrádze musia byť navrhnuté tak, aby boli schopné odolávať tlaku vody, prílišnej nasiakavosti a vodnej erózii, ktoré pri plnení poldra vznikajú. Nasiakavosť a vodonepriepustnosť hrádzí musí byť v súlade s požiadavkou na dĺžku trvania zatopenia poldra. Povrch hrádze musí byť z takého materiálu (väčšinou trávnatý pokryv), aby nedochádzalo k vymieľaniu zrn z telesa hrádze, čo môže spôsobiť nebezpečné priesaky s prípadnou deštrukciou telesa hrádze (Žilavý, 2003).

Na objektoch poldra vzniká množstvo problémov, počnúc samotným technickým riešením ako nebezpečné sadanie objektov, zle zrealizovaný styk betónových častí objektu so zemným telesom hrádze, poddimenzovanie objektov, slabá mrazuvzdornosť materiálu a ďalšie (Žilavý, 2003).

Výpustné zariadenie musí byť navrhnuté tak, aby do chráneného územia pod hrádzou prepúšťalo len maximálny neškodný prietok, až po dosiahnutí maximálnej kóty v nádrži, ktorá je totožná s kótou priepadovej hrany bezpečnostného priepadu (Žilavý, 2003). Suchá nádrž môže byť vybavená iba jednou spodnou výpusťou. Minimálne dvomi výpustnými zariadeniami sa obyčajne vybavujú nádrže o objeme väčšom ako 1 mil.m³, resp. s výškou hrádze väčšou ako 9 m. Dve spodné výpuste sa zriaďujú pre suché nádrže, ktorým hrozí nebezpečenstvo upchatia vtoku do výpuste splaveninami z povodia a tým znemožnenie skorého vyprázdnenia retenčného priestoru (TNV 75 2415). Treba ho navrhnuť aj tak, aby ho bolo možné v prípade potreby opraviť alebo vyčistiť, preto sa minimálna svetlosť dnového potrubia navrhuje aspoň 800 mm. Pred výpustné zariadenie je nutné inštalovať hrubé hrablice, aby chránili potrubie dnového výpustu pred upchatím (Žilavý, 2003)

Bezpečnostné priepady začnú prepúšťať vodu cez svoju priepadovú hranu, keď hladina vody v poldri dosiahne maximálnu kótu. Voda musí byť bezpečne odvedená pod hrázu práve bezpečnostnými priepadmi, aby nedošlo k poškodeniu a tým k ohrozeniu stability telesa hrádze. Kapacitu bezpečnostného priepadu je nutné nadimenzovať na maximálny prietok, ktorý môže do nádrže pritecť (Žilavý, 2003).

Výšková poloha koruny bezpečnostného priepadu má vždy vplyv na účinnosť funkcie poldra pri transformácii vlny. Čím vyššie je položená koruna priepadu, tým väčšiu účinnosť polder dosiahne (Bačík a i., 2002).

Bezpečnosť priepadu proti erózii a podmieľaniu je nutné zabezpečiť vhodným opevnením a založením do podložia a telesa hrádze. Je tiež nevyhnutné zaistiť ideálne

spojenie medzi telesom hrádze a konštrukciou bezpečnostného priepadu. Objekt bezpečnostného priepadu je možné zazemniť ľahkou zeminou a následne zatrávniť a tým výrazne prispieť k celkovému začleneniu diela do prostredia. Po prechode povodne a využití bezpečnostného priepadu sa tento znovu zazemní a zatrávni, pričom jeho funkcia musí ostať prioritou (Žilavý, 2003).

Pri stavbe poldra je nevyhnutné urobiť geologický prieskum podložia. So zvyšujúcim sa vodným stĺpcom v nádrži počas povodne narastajú aj priesakové rýchlosti v podloží. Ak by boli hodnoty priesakov veľké, mohli by ohroziť stabilitu hrádze a tým aj celkovú bezpečnosť diela. Potom je nevyhnutné zabezpečiť filtračnú stabilitu podložia, napríklad injektážou. Druhá časť bezpečnosti poldrov sa týka hydrologickej bezpečnosti – je to schopnosť diela previesť akúkoľvek povodeň bez rizika ohrozenia chránenej oblasti (krajiny) pod poldrom. Polder musí byť navrhnutý tak, aby nedošlo k preliatiu hrádzí a tým k ohrozeniu ich stability a celého diela. Problém je v zlom odhade návrhových parametrov vlny, ktorú by malo dielo transformovať (Žilavý, 2003).

1.6 Technické zariadenia poldra

1.6.1 Návrh priečného profilu koryta pod poldrom

Prietokový prierez je plošný obsah S rezu prúdu plochou kolmou v každom bode na smer rýchlosti.

$$S = (b_k + m \cdot y_d) \cdot y_d \quad (1.9)$$

kde: S = plocha prietokového prierezu

b_k = šírka dna koryta pod výtokovým objektom

m = sklon svahu koryta

y_d = hĺbka vody v koryte za poldrom

Omočený obvod O je dĺžka časti obvodu prietokového prierezu, na ktorej sa kvapalina stýka s pevným vedením prúdu, so stenami.

$$O = b_k + 2 \cdot y_d \sqrt{1 + m^2} \quad (1.10)$$

kde: O = omočený obvod

Hydraulický polomer R je základná geometrická charakteristika prietokového profilu definovaná:

$$R = \frac{S}{O} \quad (1.11)$$

Prietok (objemový) je objem kvapaliny, ktorý pretečie prietokovým prierezom za jednotku času

$$Q = C.S \sqrt{R.i_0} \quad (1.12)$$

Chézyho súčiniteľ

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad (1.13)$$

(Horníková, 2006).

1.6.2 Návrh výpustného objektu

Ustálený výtok otvorom je hydraulický jav, pri ktorom sa jeho charakteristiky – výtoková rýchlosť a výtokové množstvo – s časom menia. Z hydraulickej stránky rozlišujeme výtok:

- voľný (nezatopený) – kvapalina vyteká do vzduchu a výtokové charakteristiky nie sú ovplyvňované kvapalinou za otvorom,
- zatopený – kvapalina vyteká pod hladinou kapaliny,
- čiastočne zatopený – kvapalina vyteká súčasne pod hladinu a do vzduchu tak, že časť výtokového otvoru je pod hladinou; výtokové charakteristiky čiastočne ovplyvňuje kvapalina za otvorom (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Otvory majú rozličný tvar. Podľa pomeru maximálnej (konštrukčnej) výšky otvoru a a hĺbky ťažiska otvoru pod hladinou z_t rozoznávame otvory:

- hydraulicky malé so zanedbateľne malými zmenami rýchlosti vo výtokovom otvore, vyhovujúce nerovnosti ,
- $\frac{a}{z_t} < \left(\frac{1}{2} \text{ až } \frac{3}{5} \right)$ (1.14)

kde: a = výška otvoru

z_t = hĺbka ťažiska výtokového otvoru pod hladinou vody v poldri

- hydraulicky veľké vyhovujúce nerovnosti (Horníková, 2006).

$$\frac{a}{z_t} > \left(\frac{1}{2} a \lesssim \frac{3}{5} \right) \quad (1.15)$$

Teoretickým základom pre určenie hydraulických charakteristík výtoku – výtokovej rýchlosti a výtokového množstva je Bernoulliho rovnica. Jej použitie dostávame pre jednotlivé druhy otvorov. Pre výtokové množstvo používame zjednodušený výraz:

$$Q = \mu_v \cdot S \cdot \sqrt{2g \cdot H} \quad (1.16)$$

kde: Q = prietok (prepadový prietok)

μ_v = výtokový súčiniteľ

S = prierezová plocha otvoru

g = tiažové zrýchlenie $g = 9,81$

H = spád, výškový rozdiel hladiny hornej a dolnej vody
(Mäsiar, Kamenský, 1991).

1.6.3 Návrh priepadu

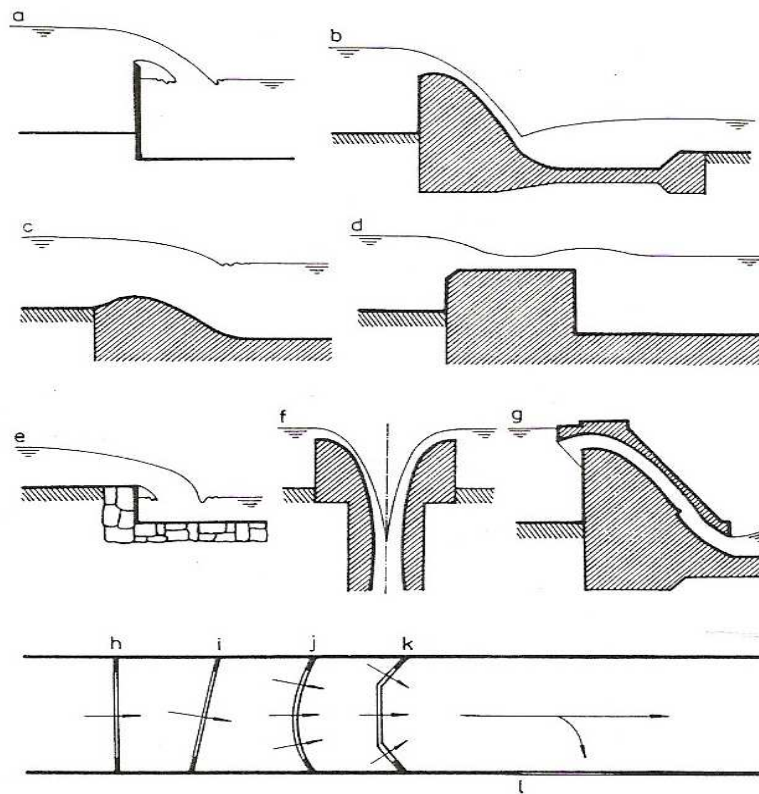
Zariadenia vybudované na korune vzdúvacích objektov v toku alebo kanáli, prípadne iné zariadenia, cez ktoré prepadá (vrchom preteká) isté množstvo vody sa nazývajú *priepady*. Priepady majú regulačnú, prevádzkovú a ochrannú – bezpečnostnú funkciu. Umelú prekážku – konštrukciu v prúde vody s voľnou hladinou, cez ktorú voda prepadá nazývame *prepad*. Je to aj hydraulický jav, ktorý nastáva pri pretekaní kvapaliny ponad priepad (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Prepadom nazývame aj výtok vody hydraulicky veľkým otvorom, u ktorého hladina nedosahuje hornú časť otvoru (Horníková, 2006).

Podľa tvaru a hrúbky priepadovej steny rozoznávame tieto základné typy priepadov:

- a) ostrohranné priepady (Obr.8 a),
- b) haťové a priehradové priepady (Obr.8 b),
- c) priepady s nízkym (Jamborovým) prahom (Obr.8 c),

- d) priepady so širokou korunou (Obr.8 **d**),
- e) stupne v dne koryta (Obr.8 **e**),
- f) šachtové priepady (Obr.8 **f**),
- g) násoskové priepady (Obr.8 **g**) (Mäsiar, Kamenský, 1991).



Obrázok 8: Tvary a pôdorysné usporiadanie priepadov (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Podľa situovania priepadov v koryte – pôdorysného usporiadania priepadu rozoznávame:

- a) čelný priepad (Obr.8 **h**),
- b) šikmý priepad (Obr.8 **i**),
- c) zakrivený priepad (Obr.8 **j**),
- d) lomený priepad (Obr.8 **k**),
- e) bočný priepad (Obr.8 **l**) (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Z hydraulického hľadiska rozdeľujeme priepady na dve skupiny:

- a) *dokonalý prepad* je jav, pri ktorom voda za priepadom neovplyvňuje prietokovosť cez priepad (keď hladina dolnej vody neovplyvňuje hornú),

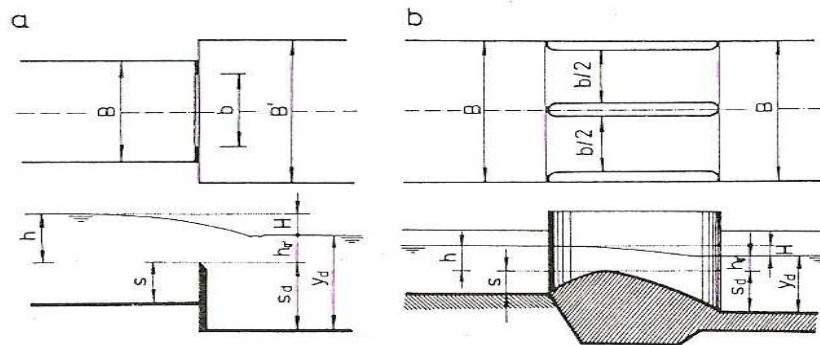
- b) *nedokonalý prepád* je jav, pri ktorom výskyt vody za priepadom negatívne ovplyvňuje prepádový prietok, hladina dolnej vody vystúpi nad prepádovú hranu (Mäsiar, Kamenský, 1991)

Podmienky pre existenciu dokonalého priepadu:

$$-h_d \geq s \quad , \quad -\frac{H}{s} \leq 0,7 \quad (1.17)$$

Na priepade rozoznávame:

- priepadovú hranu* – je to tá časť hrany na ostrohranných priepadoch, cez ktorú sa prelieva voda,
- korunu priepadov* – najvyššia časť haťových priepadov,
- priepadovú stenu* – je šikmá alebo zvislá (prípadne zakrivená) stena na návodnej strane priepadu (Mäsiar, Kamenský, 1991).



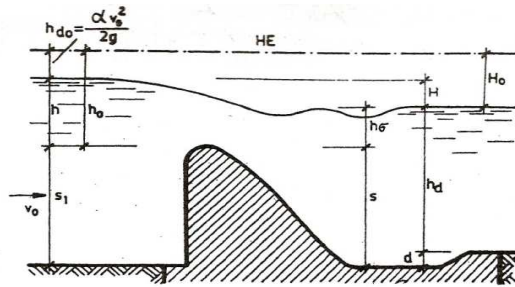
Obrázok 9: Charakteristické rozmery priepadu prepádu (Mäsiar, Kamenský, 1991).

Charakteristickými rozmermi priepadov a prepádov sú:

- šírka prívodového koryta pred priepadom B, prípadne za ním B´,
- šírka priepadu (dĺžka priepadovej hrany) b,
- výška priepadovej hrany (koruny priepadu) nad dnom koryta pred priepadom s,
- výška priepadovej hrany (koruny priepadu) nad dnom koryta za priepadom s_d,
- prepádová výška h (meria sa vo vzdialenosti minim. 3 až 4h od priepadovej steny),
- hĺbka vody v koryte za priepadom y_d,
- spád hladín na priepade (rozdiel hladiny hornej a dolnej vody) H,
- prevýšenie hladiny dolnej vody nad korunou priepadu (Mäsiar, Kamenský, 1991).

1.6.4 Prepad cez haťové telesá

Hať ja vzdúvacie zariadenie vybudované v koryte toku, pričom má zabezpečiť dostatočnú hĺbku v mieste odberu, vytvoriť spád hladín, zabezpečiť dostatočnú plavebnú hĺbku, zmierniť rýchlosť v toku, zvýšiť hladinu podzemnej vody v príľahlom území atď. Cez toto vzdúvacie zariadenie, ktoré má rozlične tvarovaný priečny rez, voda zvyčajne prepadá (Horníková, 2006).



Obrázok 10: Haťový priepad (Horníková, 2006).

Prepadový prietok cez haťové telesá pre dokonalý prepád stanovíme vzťahom:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_p b_0 \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2} \quad (1.18)$$

kde: μ_p = prepádový súčiniteľ

b_0 = šírka výtokového otvoru

h_0 = prepádová výška so započítaním vplyvu prítokovej rýchlosti

a pre nedokonalý prepád pomocou súčiniteľa zatopenia:

$$Q = \frac{2}{3} \sigma_z \mu_p b_0 \sqrt{2g} h_0^{3/2} \quad (1.19)$$

kde: $h_0 = h + \frac{\alpha v_0^2}{2g}$

b_0 = efektívna šírka hate, ktorú dostaneme, ak od svetlej – konštrukčnej šírky odčítame vplyv bočného zúženia

σ_z = súčiniteľ zatopenia

Pre určenie prepadového súčiniteľa sa udáva Rehbockov empirický vzťah:

$$\mu_p = 0,312 + 0,09 \frac{h}{s} + \sqrt{0,30 - 0,01 \left(5 - \frac{h}{r} \right)} \quad (1.20)$$

kde: h = prepadová výška

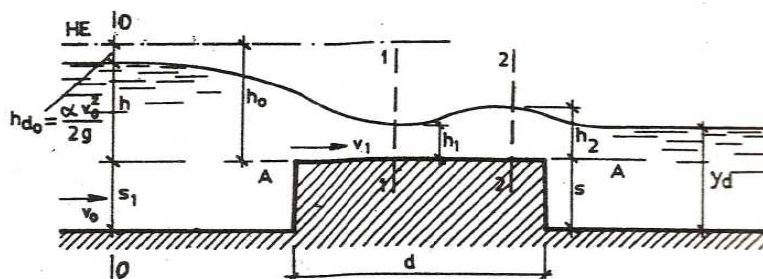
s = výška koruny priepadu nad dnom prírodného koryta

r = polomer všeobecne, polomer:metacentrický, zaoblenia koruny priepadu, šachtového priepadu

Hranice jeho platnosti sú $0,02 < r \leq s, \frac{h}{s} \leq 2 \left(\frac{3s-r}{s+3r} \right)$ (Mäsiar, Kamenský, 1991).

1.6.5 Priepad so širokou korunou

O priepade so širokou korunou hovoríme vtedy, keď platí podmienka: $d \geq (2 \text{ až } 3) h$. Pre šírky koruny do $10h$ sa na priepade vytvorí vlnovitý vodný skok charakterizovaný vzájomnými hĺbkami h_1 a h_2 . Pre väčšie šírky koruny je hladina nad skoro celým priepadom zvlnená a vlny dosahujú až vstupnú hranu (Mäsiar, Kamenský, 1991).



Obrázok 11: Prepad cez širokú korunu (Horníková, 2006).

Podmienkou dokonalého prepadu je platnosť nerovnosti:

$$s_d + h_2 \geq y_d \quad (1.21)$$

kde: $h_2 = \varepsilon_2 \cdot h_0$ a ε_2 je súčiniteľ zvislej kontrakcie.

s_d = výška koruny priepadu nad dnom odpadového koryta

Prepadový prietok môžeme stanoviť podľa vzťahu:

$$Q = \phi b h_1 \sqrt{2g(h_0 - h_1)} \quad (1.22)$$

kde: h_1 = hĺbka vodného skoku

h_0 = prepadová výška so započítaním vplyvu prítokovej rýchlosti

Alebo z Weisbachovej rovnice:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_p b \sqrt{2g} \cdot h_0^{3/2} \quad (1.23)$$

Nedokonalý prepad cez širokú korunu je charakterizovaný zatopením vlnovitého vodného skoku a spĺňa kritérium:

$$h_2 + s_d \leq y_d \quad (1.24)$$

Prepadový prietok v tomto prípade bude:

$$Q = \phi b h_\sigma \sqrt{2g(h_0 - h_\sigma)} \quad (1.25)$$

kde: h_σ = prevýšenie hladiny dolnej vody nad korunou priepadu
(Horníková, 2006).

2. CIEĽ PRÁCE

Jedným z protipovodňových opatrení, ktoré ochraňuje územia pred zatopením povodňovou vlnou je aj *polder*. Cieľom práce je hydrotechnický výpočet poldra Oreské na vodnom toku Chvojnica a to:

- hydrotechnický návrh funkčných objektov,
- transformácia povodňovej vlny.

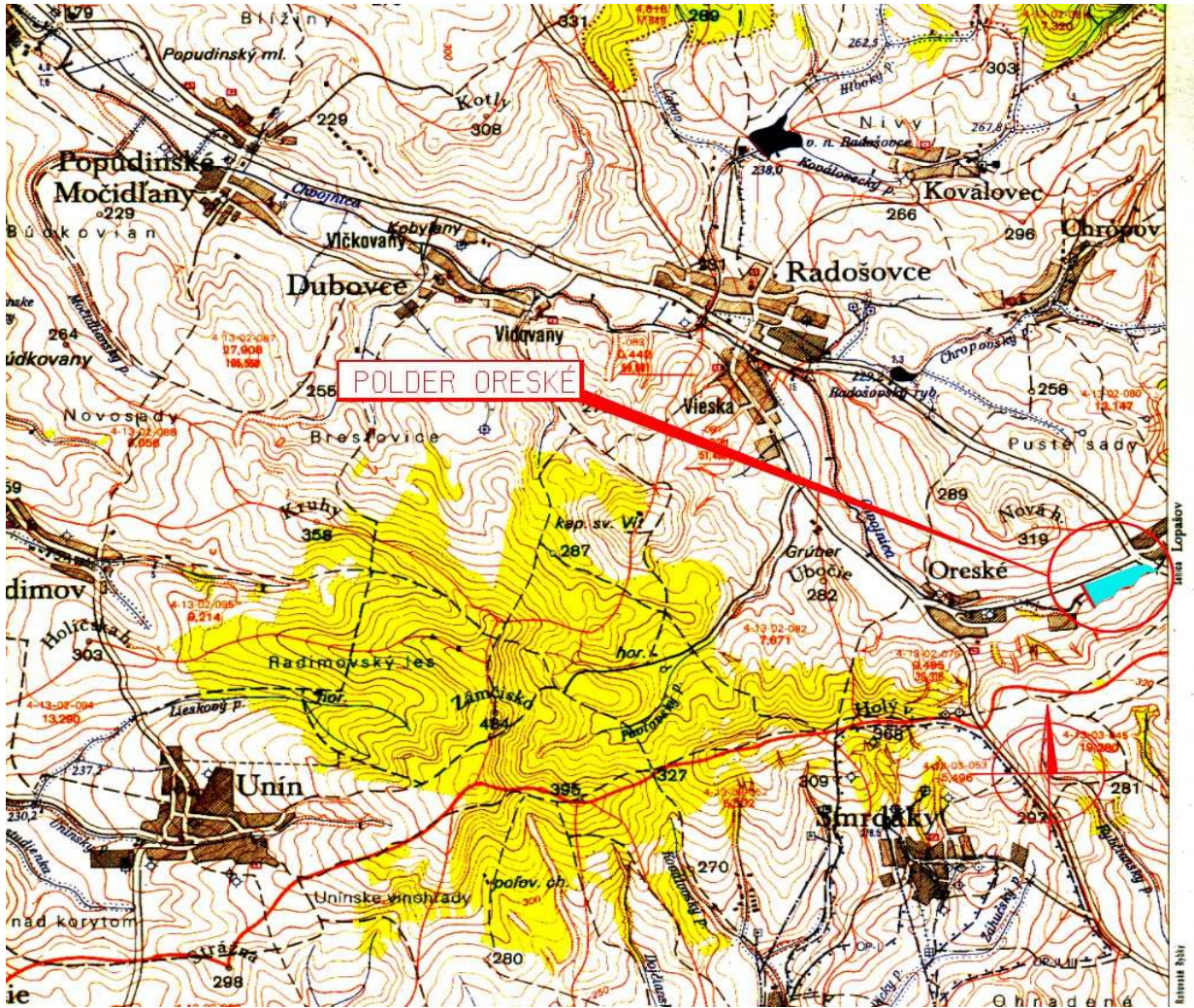
Obsahom hydrotechnického výpočtu poldra je:

- výpočet kapacity výtokového otvoru,
- výpočet kapacity bezpečnostného priepadu,
- stanovenie kapacity funkčného objektu,
- stanovenie návrhu vývaru,
- transformácia povodňovej vlny.

3. METODIKA HYDRAULICKÉHO NÁVRHU OBJEKTOV

Metodika pozostáva z návrhu výpočtu suchého poldra Oreské. Pri návrhu poldra je potrebné navrhnuť koryto pod poldrom, výtokový otvor, bezpečnostný priepad a vývar (Príloha 8).

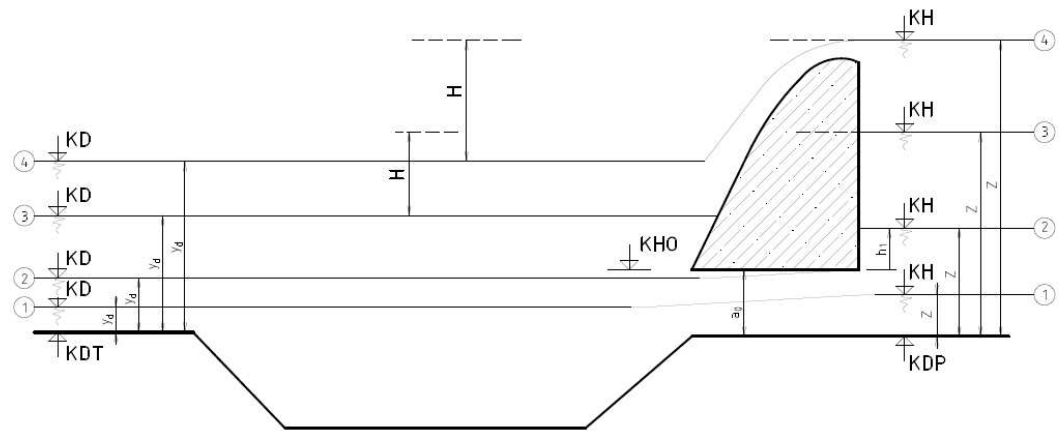
3.1 Popis územia



Obrázok 13 : Lokalizácia poldra Oreské

Na uvedenom obrázku vidíme polder Oreské, ktorý je vybudovaný na toku Chvojnicka. Chráni obce Oreské, Radošovce, Dubovce, Popudinské Močidlany na Záhorí pred zaplavením počas privalových dažďov. Plocha povodia je 125 km^2 , dĺžka toku po profil poldra je $31,50 \text{ km}$ a dlhodobý priemerný ročný prietok je $0,22 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

3.1.1 Hydrotechnický návrh objektov



Obrázok 14: Hydraulické riešenie výtokového otvoru

1. Hladina vody v koryte za poldrom i hladina vody v poldri samotnom sú nižšie ako je horné ohraničenie výtokového otvoru. Medzi príslušnými kótami platí vzťah:

$$KD < KH < KHO \quad (3.1)$$

- kde: KD = kóta hladiny vody za objektom (dolná voda)
 KH = kóta hladiny vody v poldri (horná voda)
 KHO = kóta horného ohraničenia výtokového otvoru

Prietok výtokovým otvorom stanovíme:

$$Q = \frac{2}{3} \mu_{v1} b \sqrt{2g} \left(H^{\frac{3}{2}} - z_1^{\frac{3}{2}} \right) [m^3 \cdot s^{-1}] \quad (3.2)$$

2. Prúdenie cez výtokový otvor je čiastočne zatopený výtok. Hladina dolnej vody je pod horným ohraničením výtokového otvoru a hladina hornej vody je nad touto úrovní, platí teda :

$$KH > KHO > KD \quad (3.3)$$

Prietok výtokovým otvorom stanovíme:

$$Q_0 = \mu_v \cdot b_0 \sqrt{2g} \left[\frac{2}{3} \left(H^{\frac{3}{2}} - h_1^{\frac{3}{2}} \right) + y_d \sqrt{H} \right] \quad (3.4)$$

kde $h_1 = KH - KHO$ a $H = KH - KD$ a výtokový súčiniteľ μ_v pre ostrohrannú úpravu v toku určíme z výskumov získaného empirického vzťahu :

$$\mu_v = -0,3376 \left(\frac{h_1}{H} \right) + 0,3772 \left(\frac{h_1}{H} \right) + 0,6104 \quad (3.5)$$

3. Ide o zatopený výtok, pri ktorom je výtokový otvor celý pod úrovňou hladiny hornej i dolnej vody, čo vyjadríme vzťahom

$$KH > KD > KHO \quad (3.6)$$

Prietok cez výtokový otvor je funkciou rozdielu hladín – spádu H a počítame ho zo známeho výrazu

$$Q = \varphi_v \cdot S_v \cdot \sqrt{2gH} \quad (3.7)$$

kde: $H = KH - KD$

Hodnotu výtokového súčiniteľa pre ostrohrannú úpravu určíme z experimentálne získaného empirického vzťahu

$$\mu_v = 0,3123 \left(\frac{H}{y_d} \right)^2 - 0,192 \left(\frac{H}{y_d} \right) + 0,9118 \quad (3.8)$$

kde: $H =$ spád (výškový rozdiel hladín)

4. *Dimenzovanie rozmerov* výtokového otvoru vychádza z predpokladu základnej podmienky návrhu údolného poldra :

$$\text{Pre } KH = KP \text{ je } Q_0 = Q_K \quad (3.9)$$

kde: $KP =$ kóta koruny bezpečnostného priepadu

Čo môžeme slovne vyjadriť podmienkou: *pri hladine vody v poldri na úrovni koruny priepadu je prietok výtokovým otvorom rovný kapacitnému prietoku vody v toku pod poldrom. Konzumčná krivka výtokového objektu charakterizuje prietoknosť tohto otvoru pri rôznych polohách hladiny vody v poldri počas povodňovej situácie. Závislosť*

$$Q_0 = f(KH) \quad (3.10)$$

pre hladiny vyhovujúce podmienke :

$$KH_{\max} \geq KH > KDP \quad (3.11)$$

kde: KH_{\max} = maximálna prípustná kóta hladiny v poldri

KDP = kóta dna poldra (toku) pred výtokovým otvorom

Stanovíme výpočtom prietoku podľa skôr uvedených vzťahov pre štyri rôzne prípady hydraulických javov, ktoré sa môžu počas povodne vyskytovať v závislosti od polohy hladiny vody v poldri KH a v toku za ním KD .

Návrh bezpečnostného priepadu

Dimenzovanie šírky priepadu možno urobiť s použitím jednoduchého vzťahu pre stanovenie prepadového prietoku bez uvažovania vplyvu prítokovej rýchlosti.

Potrebná šírka koruny priepadu potom bude :

$$b_p = \frac{Q_{pn}}{\frac{2}{3} \mu_p \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}}} \quad (3.12)$$

kde: b_p = šírka bezpečnostného priepadu

Q_{pn} = návrhový prietok na dimenzovanie bezpečnostného priepadu

kde $h = KH - KP$ je prepadová výška a prepadový súčiniteľ μ_p , pre ktorý sa udáva

Rehbockov empirický vzťah:

$$\mu_p = 0,312 + 0,09 \frac{h}{s} + \sqrt{0,30 - 0,01 \left(5 - \frac{h}{r} \right)} \quad (3.13)$$

kde: s = výška koruny priepadu nad dnom poldra

Konzumčnú krivku bezpečnostného priepadu – závislosť $Q_p = f(KH)$ je potrebné numericky stanoviť pre minimálne štyri polohy hladiny vody v poldri KH z intervalu :

$$KH_{\max} \geq KH > KP \quad (3.14)$$

podľa vzťahu :

$$Q_p = \frac{2}{3} \cdot \mu_p \cdot b_p \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{\frac{3}{2}} \quad (3.15)$$

Prepadový prietok pri maximálnej hladine v poldri musí vyhovovať podmienke :

$$Q_{p(h=h_{\max})} \geq Q_{pn} \quad (3.16)$$

kde $h_{\max} = KH_{\max} - KP$

Návrh vývaru

Dimenzovanie vývaru konštrukčného riešenia predstavuje najjednoduchší problém, lebo ide o vodný skok v obdĺžnikovom prizmatickom koryte.

Postup dimenzovania vývaru je nasledovný:

- návrh (v prvom iteračnom kroku odhad) hĺbky vývaru d ,
- výpočet mernej energie vzťahnutej na dno vývaru $E_0 = E + d$,
- výpočet najmenšej hĺbky vodného skoku za objektom .

$$y_c = \frac{q \cdot \sqrt{\alpha}}{\varphi \cdot \sqrt{2g(E_0 - y_c)}} \quad (3.17)$$

kde: q = špecifický prietok

E_0 = merná energia pred objektom vzťahnutá na dno toku za poldrom

merný prietok $q = \frac{Q_n}{b_v}$

výpočet druhej vzájomnej hĺbky vodného skoku za predpokladu, že $y_1 = y_c$

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left(\sqrt{1 + \frac{8 \cdot \beta \cdot q^2}{g \cdot y_1^3}} - 1 \right) \quad (3.18)$$

kde: β = Boussinesqovo číslo $\beta \cong 1,1$

y_1, y_2 = vzájomné hĺbky vodného skoku

- posúdenie návrhu hĺbky vývaru rovnicou pre výpočet miery zatopenia vodného skoku

$$\sigma = \frac{y_d + d}{y_2} = (1,05 \div 1,10) \quad (3.19)$$

Pričom jej hodnota sa musí nachádzať v uvedených hraniciach; ak je $\sigma < 1,05$ je potrebné návrh urobiť znovu s väčšou hĺbkou vývaru a ak je $\sigma > 1,10$ je potrebné návrh hĺbky vývaru zmenšiť a postup zopakovať.

e) pre stanovenie dĺžky vývaru odporúčame aplikovať Novákov vzťah

$$l_v = K(y_2 - y_1), \text{ pre ktorú platí:} \quad (3.20)$$

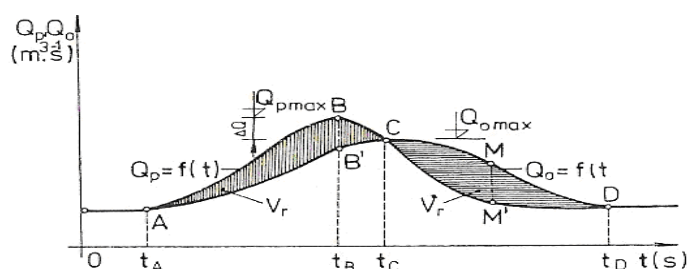
Parametre vývaru

Tabuľka 1

$K = 5,5$	$K = 5,0$	$K = 4,5$	$K = 4$
$y_2 / y_1 < 4$	$4 < y_2 / y_1 < 6$	$6 < y_2 / y_1 < 20$	$y_2 / y_1 > 20$

3.2 Transformácia povodňovej vlny

Účinnosť suchého údolného poldra je určená jeho schopnosťou transformovať priebeh povodňovej vlny vstupujúcej do neho na povodňovú vlnu, ktorá z neho výtokovým otvorom vyteká do toku pod ním.



Obrázok 15: Plnenie a vyprázdňovanie retenčného priestoru

Transformácia povodňovej vlny je špeciálnym prípadom riešenia úlohy o plnení a prázdnení nádrží s časovo sa meniacim prítokom, odtokom, polohou hladiny v nádrži a naplneným retenčným objemom nádrže. Táto úloha je korektne matematicky popísaná diferenciálnou rovnicou,

$$(Q_p - Q_o) dt = S \cdot dz \quad (3.21)$$

ktorá sa pre potreby numerického riešenia praktických vodohospodárskych úloh používa v tvare diferenčnom s konečným, väčšinou konštantným, časovým krokom Δt po výške Δz .

$$(Q_p - Q_o) \Delta t = S \cdot \Delta z \quad (3.22)$$

kde $Q_p = f_p(t)$ je časovo premenný prítok do nádrže

$Q_o = f_o(t)$ je časovo premenný odtok do nádrže

$S = f(z)$ je po výške sa meniaci pôdorysná plocha hladiny – zatopená plocha.

Na riešenie tejto rovnice existuje viacero zaužívaných metód. Pre numerické riešenie s využitím výpočtovej techniky je výhodné upraviť rovnicu (3.21) na tvar:

$$\Delta z = (Q_p - Q_o) \frac{\Delta t}{S} \quad (3.23)$$

Postup riešenia, ktoré sme používali a ktoré odporúčame má tieto základné fázy:

1. príprava vstupných údajov,
 2. stanovenie počiatkových a okrajových podmienok,
 3. vlastné riešenie,
 4. spracovanie potrebných výstupov.
-
1. Pre samotný výpočet transformácie povodňovej vlny je vhodné pripraviť v príslušnom tvare nasledovné vstupné údaje:
 - a. dlhodobý priemerný prietok Q_a
 - b. časový priebeh povodňovej vlny podľa údajov SHMÚ, ktorý pre tieto prípady menších tokov a menších povodí zadáva modelovú povodňovú vlnu trojuholníkového tvaru s lineárnym vzostupom i klesaním nasledovnými hodnotami:
 - objem povodňovej vlny W
 - čas trvania vzostupnej vetvy T_{vz}
 - čas trvania klesajúcej vetvy T_{kl}
 - kulminačný prietok $Q_{kul,P}$

Celkový čas trvania povodne je potom $T_c = T_{vz} + T_{kl}$ a vzájomný vzťah medzi týmito veličinami je daný rovnicou:

$$W = \frac{1}{2} \cdot T_c \cdot Q_{kul,P} = \frac{1}{2} (T_{vz} + T_{kl}) \cdot Q_{kul,P} \quad (3.24)$$

Časová závislosť prítoku do poldra $Q_p = f_p(t)$ potrebná do výpočtu je pre jednotlivé intervaly daná rovnicami:

pre $0 \leq t \leq T_{vz}$ je prítok do poldra $Q_p = Q_{kul,P} \cdot \frac{t}{T_{vz}}$ (3.25)

pre $T_{vz} < t < T_c$ je prítok do poldra $Q_p = Q_{kul,P} \cdot \frac{T_c - t}{T_{kl}}$ (3.26)

pre $t \geq T_c$ je prítok do poldra $Q_p = Q_a$ (3.27)

kóta dna poldra pred výtokovým otvorom KDP ,
 čiara zatopených plôch údolného poldra v tvare,

$$S = f(z) = f(KH - KDP) \quad (3.28)$$

konzumčná krivka výtokového objektu poldra v tvare.

$$Q_o = f(z) = f(KH - KDP) \quad (3.29)$$

2. Pred samotným výpočtom je vhodné stanoviť počiatočné a okrajové podmienky, teda čas T_0 , od ktorého začneme numerické riešenie rovnice (3.22) a k nemu prislúchajúce počiatočné hodnoty: hĺbky vody v poldri z_0 , kóty hladiny vody v poldri $KH_{(t=T_0)} = KDP + z_0$, prítoku do poldra $Q_{P(t=T_0)}$ a odtoku z neho $Q_{O(t=T_0)} = f(z_0)$. Za počiatočnú hĺbku, od ktorej nastáva plnenie poldra môžeme považovať takú, pri ktorej je hladina vody na kóte KHO , čiže

$$z_0 = KHO - KDP \quad (3.30)$$

Počiatočný odtok z poldra $Q_{P(t=T_0)}$ určíme z konzumčnej krivky výtokového objektu pre počiatočnú hĺbku z_0 . Predpokladáme, že na začiatku naplňovania poldra je prítok do neho približne o 5% väčší ako odtok z neho a teda počiatočný prítok bude:

$$Q_{P(t=T_0)} = 1,05 \cdot Q_{O(t=T_0)} \quad (3.31)$$

a k takto stanovenému prítoku určíme z lineárneho narastania prietoku vo vzostupnej fáze povodňovej vlny počiatočný čas zo vzťahu:

$$T_0 = T_{vz} \cdot \frac{Q_{P(t=T_0)}}{Q_{kul,P}} \quad (3.32)$$

3. Vlastné riešenie spočíva v iteračnom riešení rovnice (3.22) s pevným časovým krokom. Pri doposiaľ riešených úlohách tohto typu sa osvedčil časový krok

$$\Delta t = 1 \text{ hodina} = 3600 \text{ s.}$$

4. Výsledkom riešenia sú v i – tom časovom intervale:

- a) hodnoty odtoku z poldra $Q_{O,i}$,
- b) kóty hladiny vody v poldri KH_i ,
- c) zaplnený objem poldra – využitý retenčný priestor $W_{r,i}$.

Z týchto numericky i graficky spracovaných údajov možno stanoviť potrebné parametre transformácie povodňovej vlny:

- maximálny – kulminačný odtok $Q_{kul,O}$,
- maximálnu – kulminačnú hladinu v poldri počas povodne KHP_{\max} ,
- využitý retenčný priestor poldra, ktorý je daný vzťahom

$$W_{r,\max} = S_{\max} \cdot z_{\max} = S_{\max} \cdot (KHP_{\max} - KDP) \quad (3.33)$$

- časový výskyt maxima odtoku je čas odpovedajúci rovnici $Q_O = Q_{kul,O}$,
- sploštenie povodňovej vlny je dané rozdielom kulminačných prietokov v toku nad a pod poldrom

$$\Delta Q = Q_{kul,P} - Q_{kul,O} \quad (3.34)$$

časový posun kulminácie odtoku voči kulminácie prítoku je rozdiel časov

$$\Delta T = T_{O,\max} - T_{vz} \quad (3.35)$$

4. VÝSLEDKY

4.1 Výpočet konzumčnej krivky odpadného koryta pod poldrom

Vstupné hodnoty koryta pod poldrom pre suchý polder Oreské sú:

- tvar koryta toku v profile poldra je lichobežníkový,
- sklon svahov 1:m (1:2, kde $m = 2$ m),
- Manningov stupeň drsnosti $n = 0,032$,
- šírka odpadového koryta $b = 5$ m,
- pozdĺžny sklon toku $i = 0,75\%$.

Použitím vzorcov (1.9) , (1.10) , (1.11) , (1.12) , (1.13) , dostaneme výsledky do tabuľky 2. Grafickým výstupom výpočtu je konzumčná krivka pod poldrom (Príloha 1), na základe ktorej sme zistili aká je hĺbka koryta pri prietoku Q_{100} . Z konzumčnej krivky vieme posúdiť, ako sa bude hladina vody v koryte pod poldrom zvyšovať v závislosti od prietoku.

Konzumčná krivka koryta pod poldrom

Tabuľka 2

h [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	C [m ^{1/2} .s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
0,2	1,08	5,890	0,183	23,551	0,942886
0,4	2,32	6,788	0,342	26,130	3,068996
0,5	3,00	7,236	0,415	26,985	4,514202
0,6	3,72	7,680	0,484	27,692	6,207562
0,8	5,28	8,577	0,615	28,822	10,34006
1,0	7,00	9,472	0,739	29,714	15,48503
1,2	8,88	10,366	0,856	30,454	21,676
1,5	12,0	11,708	1,025	31,378	33,01332
2,0	18,0	13,94	1,291	32,608	57,75252
2,5	25,0	16,180	1,545	33,600	90,42508
3,0	33,0	18,420	1,792	34,440	131,755
3,5	42,0	20,652	2,034	35,175	182,4518
4,0	52,0	22,890	2,272	35,830	243,2059

Na základe konzumčnej krivky sme zistili hĺbku koryta pri nasledovnom prietoku:

$$Q_{100} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \quad h = 1,18 \text{ m.}$$

V našom prípade vyšlo, že odpadné koryto pod poldrom Oreské by malo pri storočnej vode mať hĺbku minimálne 1,2 m.

4.2 Výpočet kapacity výtokového otvoru

Pri prúdeaní cez výtokový otvor nastávajú tieto prípady:

- prípad so širokou korunou - nezatopený výtok,
- čiastočne zatopený výtok,
- zatopený výtok.

Výpočet sme navrhli pre šírku výtokového otvoru $b = 1,5$ m.

4.2.1 Prípad so širokou korunou

Vstupné hodnoty pre výpočet nezatopeného výtoku, ktorý sa rieši ako prepád cez širokú korunu sú:

Vstupná hrana prípadu je plynulo zaoblená, z čoho plynú nasledujúce hodnoty:

- rýchlostný súčiniteľ $\varphi = 0,951$,
- súčiniteľ zvislej kontrakcie $\varepsilon_1 = 0,60$,
- súčiniteľ zvislej kontrakcie $\varepsilon_2 = 0,73$.

Na výpočet sme použili pre platnosť rovnosti dokonalého prepádu vzorce (1.21), pre prepádový prietok (1.22) a vychádzame aj z rovnice spojitosti:

$$Q = v_0 \cdot S \quad (4.1)$$

kde $S = h \cdot b \quad (4.2)$

Výsledky výpočtu nezatopeného výtokového otvoru sme zaznamenali do tabuľky 3.

Konzumčná krivka nezatopeného výtoku

Tabuľka 3

KH [m n.m.]	h [m]	h ₁ [m]	h ₂ [m]	Q [m ³ .s ⁻¹]	v ₀ [m.s ⁻¹]	h ₀ [m]
251,25	0,250	0,15	0,1825	0,300	0,799	0,250
251,50	0,500	0,30	0,3650	0,848	1,130	0,500
251,75	0,750	0,45	0,5475	1,557	1,384	0,750
251,95	0,950	0,57	0,6935	2,220	1,558	0,950

Grafickým výstupom výpočtu je konzumčná krivka nezatopeného výtoku na základe ktorej sa dá posúdiť, ako sa bude prietok vody v koryte pod poldrom zvyšovať v závislosti od hladiny vody.

4.2.2 Čiastočne zatopený výtok

Vstupné hodnoty pre výpočet čiastočne zatopeného výtokú sú:

- výtokový súčiniteľ je $\mu_{v1} = 0,74$,
- výtokový súčiniteľ je $\mu_{v2} = 0,72$,
- šírka výtokového otvoru $b = 1,5$ m,
- hĺbka vody v poldri $z_1 = KH - 252,00$,
- hĺbka vody v poldri $z_2 = KH - 252,00$,
- $H = KH - KD_{odhad}$,
- $KD_{odhad} = 251,00 + y_d$,
- Kóta hladiny KH volím po 50 cm.

Prietok výtokového otvoru stanovíme z výrazu, ktorý je súčtom voľného (3.2)

$$\text{a zatopeného výtokú : } Q_2 = \mu_{v2} b \cdot (z_2 - H) \cdot \sqrt{2gH} \quad (4.3)$$

Výsledky výpočtu čiastočne zatopeného výtokového otvoru sme zaznamenali do tabuľky 4.

Konzumčná krivka čiastočne zatopeného výtokú

Tabuľka 4

KH [m n. m.]	y_{d1} [m]	Q [m ³ .s ⁻¹]	y_{d2} [m]	KD_{odhad2} [m n. m.]	H [m]	Q ₁ [m ³ .s ⁻¹]	Q ₂ [m ³ .s ⁻¹]	Q [m ³ .s ⁻¹]
252,25	0,35	4,387	0,429	251,429	0,821	2,509	1,860	4,368
252,5	0,43	4,973	0,460	251,46	1,04	2,682	2,244	4,926
253,0	0,46	5,859	0,574	251,574	1,426	2,674	3,279	5,953
253,5	0,57	6,800	0,600	251,600	1,9	2,820	3,956	6,776
254,0	0,60	7,538	0,657	251,657	2,343	2,777	4,811	7,587
254,5	0,66	8,313	0,729	251,729	2,771	2,591	5,805	8,396
255,0	0,73	9,091	0,714	251,714	3,286	2,649	6,392	9,041
255,5	0,71	9,599	0,763	251,763	3,737	2,623	7,056	9,679
256,0	0,76	10,288	0,789	251,789	4,211	2,554	7,745	10,299
256,5	0,79	10,897	0,814	251,814	4,686	2,466	8,429	10,896
257,0	0,81	11,457	0,846	251,846	5,154	2,301	9,188	11,489
257,5	0,85	12,054	0,857	251,857	5,643	2,269	9,739	12,008
258,0	0,86	12,552	0,871	251,871	6,129	2,202	10,315	12,517
258,5	0,87	13,033	0,886	251,886	6,614	2,110	10,900	13,011
259,0	0,89	13,523	0,917	251,917	7,083	1,833	11,675	13,508
259,5	0,92	13,999	0,928	251,928	7,572	1,737	12,216	13,562

4.2.3 Zatopený výtok

Vstupné hodnoty pre výpočet zatopeného výtoku sú:

- výtokový súčiniteľ je $\mu_{v2} = 0,72$,
- $S.v = a.b = 1.1,5 \text{ m} = 1,5 \text{ m}^2$,
- $H = KH - KD_{\text{odhad}}$,
- $KD_{\text{odhad}} = 251,00 + y_d$,
- y_d = odčítam z konzumčnej krivky koryta,
- KH volím po 50 cm.

Na výpočet konzumčnej krivky zatopeného výtoku sme použili vzorec (3.7).

Výsledky výpočtu zatopeného výtokového otvoru sme zaznamenali do tabuľky 5.

Konzumčná krivka zatopeného výtoku

Tabuľka 5

KH [m n. m.]	KD _{odhad1} [m n. m.]	y _{d1} [m]	H* [m]	Q* [m ³ .s ⁻¹]	y _{d2} [m]	KD _{odhad2} [m n. m.]	H [m]	Q [m ³ .s ⁻¹]
260,0	251,95	0,95	8,05	13,573	0,943	251,943	8,057	13,579
260,5	251,94	0,94	8,56	13,996	0,949	251,949	8,551	13,989
261,0	251,95	0,95	9,05	14,391	0,957	251,957	9,043	14,386
261,5	251,96	0,96	9,54	14,776	0,971	251,971	9,529	14,767
262,0	251,97	0,97	10,03	15,15	1,000	252,000	10,00	15,128
262,5	252,00	1,00	10,5	15,165	1,029	252,029	10,471	15,480
263,0	252,03	1,03	10,97	15,844	1,031	252,031	10,969	15,844
263,5	252,03	1,03	11,47	16,202	1,033	252,033	11,467	16,199
264,0	252,03	1,03	11,97	16,55	1,057	252,057	11,943	16,532

Grafickým výstupom výpočtu nezatopeného, čiastočne zatopeného a zatopeného výtokového otvoru je konzumčná krivka celkového výtokového otvoru (Príloha 2) na základe ktorej vieme zhodnotiť, že kapacitný prietok pri pri šírke otvoru 1,5 m bude $Q_k = 16,53 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ zaznamenaný v tabuľke 6.

KH [m n. m.]	Q [m ³ .s ⁻¹]	KH [m n. m.]	Q [m ³ .s ⁻¹]
251,25	0,300	257,5	12,008
251,50	0,848	258,0	12,517
251,75	1,557	258,5	13,011
251,95	2,220	259,0	13,508
252,25	4,368	259,5	13,562
252,5	4,926	260,0	13,579
253,0	5,953	260,5	13,989
253,5	6,776	261,0	14,386
254,0	7,587	261,5	14,767
254,5	8,396	262,0	15,128
255,0	9,041	262,5	15,480
255,5	9,679	263,0	15,844
256,0	10,299	263,5	16,199
256,5	10,896	264,0	16,532
257,0	11,489		

4.3 Výpočet kapacity bezpečnostného priepadu

Bezpečnostný priepad je možné riešiť dvomi spôsobmi :

- s výtokovým otvorom,
- bez výtokového otvoru.

Vstupné hodnoty pre výpočet bezpečnostného priepadu sú:

- priepad má polkruhové zaoblenie po jeho oboch stranách s rovnými časťami,
- priepad je nadimenzovaný na návrhový prietok $Q_{100} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- rýchlostný súčiniteľ $\mu_p = 0,835$,
- prepádová výška je $h = KH - 263,5 = 0,5$,
- dĺžka častí $l = 5,5 \text{ m}$,
- polomer zakrivenia priepadu $r_p = 3,0 \text{ m}$,
- polomer zaoblenia koruny priepadu $r_k = 0,25 \text{ m}$,
- výška koruny priepadu nad dnom poldra $s = 12,5 \text{ m}$,
- KH = zvyšujem po 10 cm.

Na výpočet bezpečnostného priepadu sme použili nasledujúce vzorce :

- Priepad s výtokovým otvorom (3.15) :

$$Q_n = \frac{2}{3} \mu_p \cdot b_{navrh} \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (4.4)$$

$$b_{min} = 13,96 \text{ m}$$

Prietok, ktorý bude vytekať dnovým otvorom :

$$Q_n = Q_{100} - 8,822 \quad (4.5)$$

$$Q_n = 12,178 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

- Priepad bez výtokového otvoru:

$$Q_{100} = \frac{2}{3} \mu_p \cdot b_{navrh} \cdot \sqrt{2g} \cdot h^{3/2} \quad (4.6)$$

$$b_{max} = 24,089 \text{ m}$$

Konzumčnú krivku bezpečnostného priepadu – závislosť $Q_p = f(KH)$ sme stanovili podľa vzťahu (3.15). Pričom μ_p prepádový súčiniteľ pre kruhové zaoblenie koruny priepadu je podľa Rehbocka (3.13). Celková šírka bezpečnostného priepadu bude:

$$b = 2 \cdot l + r \cdot \pi \quad (4.7)$$

$$b_{navrh} = 20,42 \text{ m}$$

Výsledky výpočtu konzumčnej krivky bezpečnostného priepadu sme zaznamenali do tabuľky 7 :

Konzumčná krivka priepadu

Tabuľka 7

KH [m n. m.]	h [m]	μ_p [-]	Q_{pn} [m ³ ·s ⁻¹]
263,55	0,05	0,902	0,608
263,60	0,1	0,901	1,718
263,70	0,2	0,898	4,845
263,80	0,3	0,896	8,873
263,90	0,4	0,893	13,620
264,00	0,5	0,890	18,975

Pre prípad vo funkcii výtokového otvoru návrh šírky $b_{\min} = 13,96$ m vyhovuje prípadu, lebo $b_{\text{navrh}} = 20,42$ m . Ale pre prípad bez funkcie výtokového otvoru bude prípadom navyše pretekať $24,089 - 20,42 = 3,6$ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Grafickým výstupom výpočtu bude konzumčná krivka bezpečnostného prípadu (príloha 4) .

4.4 Výpočet konzumčnej krivky funkčného objektu

Kapacita funkčného objektu je daná súčtom kapacity výtokového otvoru a bezpečnostného prípadu. Vstupné hodnoty na výpočet funkčného objektu sú:

- kóta dna poldra $KD = 251,00$ m n.m.,
- kóta koruny bezpečnostného prípadu $KP = 263,5$ m n.m.,
- kóta maximálnej hladiny vody v poldri $KH_{\max} = 264,0$ m n.n.,
- celková šírka bezpečnostného prípadu je $b_p = 20,42$ m,
- veľkosť výtokového otvoru $a \cdot b = 1,5$ m.

Výsledky výpočtu konzumčnej krivky funkčného objektu sme uviedli do tabuľky 8.

Konzumčná krivka objektu

Tabuľka 8

KH [m n. m.]	Q_0 [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]	KH [m n. m.]	Q_0 [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
251,25	0,300	257,5	12,008
251,50	0,848	258,0	12,517
251,75	1,557	258,5	13,011
251,95	2,220	259,0	13,290
252,25	4,368	259,5	13,562
252,5	4,926	260,0	13,579
253,0	5,953	260,5	13,989
253,5	6,776	261,0	14,386
254,0	7,587	261,5	15,375
254,5	8,396	262,0	16,846
255,0	9,041	262,5	20,325
255,5	9,679	263,0	24,717
256,0	10,299	263,5	29,819
256,5	10,896	264,0	35,507
257,0	11,489		

Grafickým výstupom výpočtu je konzumčná krivka funkčného objektu (Príloha 3) na základe ktorej sa dá posúdiť, že pri hladine vody na korune bezpečnostného priepadu KH = 263,5 m n.m. je kapacita výtokového otvoru pri šírke otvoru 1,5 m je $Q_k = 29,82 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

4.5 Výpočet vývaru v obdĺžnikovom koryte

Vstupné hodnoty pre výpočet vývaru sú:

- návrhový prietok $Q_n = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- šírka odpadového koryta $b = 5 \text{ m}$,
- špecifický prietok $q_n = \frac{Q_n}{b} = 4,2$,
- kóta dolnej hladiny KD = 252,39 m n.m.,
- kóta hornej hladiny KH = 264,15 m n.m.,
- hĺbka vody v koryte toku pod poldrom $y_d = 1,399 \text{ m}$,
- merná energia pred objektom $E = 13,15 \text{ m}$,
- najmenšia hĺbka vodného skoku $y_c = 0,347$,
- $\Delta y = 2,447$,
- Coriolisovo číslo $\alpha = 1,10$,
- Boussinesqovo číslo $\beta = 1,1$.

Postup výpočtu je nasledovný :

1. návrh hĺbky vývaru d - volili sme hĺbku od 2 m,
2. výpočet mernej energie vzťahnutej na dno vývaru $E_0 = E + d$,
3. výpočet najmenšej hĺbky vodného skoku za objektom y_c (3.17),
4. výpočet druhej vzájomnej hĺbky vodného skoku y_2 (3.18) - výpočet druhej vzájomnej hĺbky vodného skoku za predpokladu, že $y_1 = y_c$,
5. posúdenie návrhu hĺbky vývaru σ rovnicou pre výpočet miery zatopenia vodného skoku (3.19),
6. stanovenie dĺžky vývaru z Novákovho vzťahu l_v (3.20).

d	E_0	y_c	y_2	σ	l_v
2	15,15	0,272	3,689	0,921	15,38
2,1	15,25	0,271	3,696	0,947	15,41
2,2	15,35	0,270	3,703	0,972	15,45
2,3	15,45	0,269	3,710	0,997	15,48
2,4	15,55	0,268	3,717	1,022	15,52
2,5	15,65	0,268	3,723	1,047	15,55
2,6	15,75	0,267	3,730	1,072	15,59
2,7	15,85	0,266	3,737	1,097	15,62
2,8	15,95	0,265	3,744	1,122	15,65
2,9	16,05	0,264	3,750	1,146	15,69
3	16,15	0,263	3,757	1,171	15,72
3,2	16,35	0,262	3,770	1,220	15,79
3,4	16,55	0,260	3,783	1,269	15,85
3,6	16,75	0,258	3,796	1,317	15,92
4	17,15	0,255	3,821	1,413	16,04
4,2	17,35	0,254	3,833	1,461	16,11
4,4	17,55	0,252	3,846	1,508	16,17
4,6	17,75	0,251	3,858	1,555	16,23
5	18,15	0,248	3,882	1,648	16,35
5,2	18,35	0,247	3,894	1,695	16,41
5,4	18,55	0,245	3,906	1,741	16,47
5,6	18,75	0,244	3,917	1,787	16,53
6	19,15	0,241	3,940	1,878	16,65

Z výpočtu sme posúdili správnosť návrhu hĺbky vývaru na základe rovnice pre výpočet miery zatopenia vodného skoku pre hĺbku $d = 2,7$ m a dĺžku vývaru $l_v = 15,65$ m.

4.6 Výpočet transformácie povodňovej vlny

Pri návrhu poldra vychádzame z hydrologických údajov z SHMÚ:

- objem povodňovej vlny $W_{Q100} = 1,512 \text{ mil.m}^3$,
- čas trvania vzostupnej vetvy $T_{vz} = 13,4 \text{ hod}$,
- čas trvania klesajúcej vetvy $T_{kl} = 26,6 \text{ hod}$,
- kulminačný prietok $Q_{100} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- kóta dna poldra $KDP = 251 \text{ m n.m.}$

Na výpočet krivky zatopených plôch sme použili tieto vzorce :

$$0 < z < 5 \text{ m, } S = 3516,4 \cdot z \quad (4.8)$$

$$z \geq 5 \text{ m } S = 2513,8 \cdot z^2 - 9598,9 \cdot z - 1503,6 \quad (4.9)$$

Výsledné hodnoty pre krivku zatopených plôch a objemov sme zaznamenali do tabuľky 10 a graficky (Príloha 5) a krivku objemov graficky (Príloha 6).

Krivka zatopených plôch a objemov

Tabuľka 10

z [m]	KH [m n. m.]	S [m ²]	V [m ³]
1	252	3516	1758
2	253	7033	7033
3	254	10549	15824
4	255	14066	28131
5	256	17582	43955
6	257	31400	68446
7	258	54480	111386
8	259	82588	179920
9	260	115724	279077
10	261	153887	413882
11	262	197078	589365
12	263	245297	810553
13	264	298543	1082473

Výpočet transformácie povodňovej vlny sme riešili pomocou známej diferenciálnej rovnice (3.22) s konštantným časom $\Delta t = 1 \text{ hodina} = 3600 \text{ s}$. Výsledky výpočtu nám udáva tabuľka 11 a graf (príloha 7).

KH [m n. m.]	z [m]	t [hod]	Q_p [m ³ .s ⁻¹]	Q_0 [m ³ .s ⁻¹]	W [m ³]
251,00	0	1,4	2,19	1,53	1659
251,94	0,94	2,4	3,76	2,20	5657
252,74	1,74	3,4	5,33	5,42	8310
253,15	2,15	5,4	8,46	6,19	12237
253,59	2,59	6,4	10,030	6,93	21912
254,49	3,49	7,4	11,597	8,39	33278
255,33	4,33	8,4	13,16	9,46	45730
256,07	5,07	9,4	14,73	10,39	60227
256,66	5,66	10,4	16,29	11,09	77423
257,21	6,21	11,4	17,87	11,71	97884
257,69	6,69	12,4	19,43	12,39	121650
258,00	7,0	13,4	21,00	12,52	149598
258,56	7,56	14,4	20,21	13,04	177769
258,97	7,97	15,4	19,42	13,27	201738
258,22	8,22	16,4	18,63	13,41	222204
259,43	8,43	17,4	17,84	13,52	239380
259,60	8,6	18,4	17,05	13,56	253433
259,74	8,74	19,4	16,26	13,57	264558
259,85	8,85	20,4	15,47	13,58	272824
259,94	8,94	21,4	14,68	13,59	278237

Výsledkom riešenia transformácie povodňovej vlny sú pre Q_{100} :

- kulminálny odtok $Q_{kul,O} = 13,59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- kulminálny prítok $Q_{kul,P} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- maximálna kulmináčna hladina vody v poldri $KHP_{max} = 259,94 \text{ m n.m.}$,
- využitý retenčný objem poldra $W_{r,max} = 278\,237 \text{ m}^3$,
- sploštenie povodňovej vlny $\Delta Q = 7,41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- časový posun kulminácií $\Delta T = 8 \text{ hod.}$

5. Diskusia

Jedným z najvhodnejších spôsobov riešenia protipovodňovej ochrany je výstavba poldrov – suchých retenčných nádrží. Z vodohospodárskeho hľadiska je u nás v protipovodňovej ochrane a zvyšovaní retenčnej schopnosti územia málo využívanou možnosťou.

V diplomovej práci sa venujeme konkrétnemu poldru Oreské na rieke Chvojnica, ktorý chráni obce Oreské, Radošovce, Dubovce, Popudinské Močidlany na Záhorí pred zaplavením počas privalových dažďov. Na toku Chvojnica bola už niekoľkokrát situácia s topiacim sa snehom na jar alebo s privalovými dažďami vážna, ale vždy účinne pomohol polder.

Jedným z najdôležitejších podkladov pre akýkoľvek vodohospodársky návrh je, na aké množstvo vody dimenzovať priepusty alebo bezpečnostné priepady, akú kapacitu zabezpečiť v retenčnom priestore poldra, aké maximálne množstvo vody možno očakávať (s určitou pravdepodobnosťou). Pre vypracovanie návrhu sa používajú predovšetkým údaje z SHMÚ. Pri návrhu poldra je potrebné poznať kótu dna poldra a toku, ktoré sú rovnaké $KDP = 251$ m n.n., kótu maximálnej hladiny $KH_{\max} = 264$ m n.m. a kótu koruny bezpečnostného priepadu $KP = 263,5$ m n.m.

Dôležitou časťou pri návrhu poldra je dimenzovanie jeho výtokového objektu, ktorý bude mať v dolnej časti výtokový otvor a nad korytom toku bezpečnostný priepad. Za objektom bude odpadové koryto, ktoré je napojené na pôvodné koryto.

Výtok dnovým otvorom dosiahne veľkosť kapacity koryta vtedy, keď hladina vody v poldri vystúpi na úroveň koruny bezpečnostného priepadu. V spodnej časti funkčného objektu bude výtokový otvor obdĺžnikový. Pred určením výšky otvoru je dôležité poznať maximálny prietok – tzv. kapacitný prietok, pri ktorom nedôjde k vyliatiu vody z toku. Pri návrhu výtokového otvoru sme vychádzali z kapacitného prietoku v koryte pod poldrom $Q_{100} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, na základe ktorého nám po výpočtoch vyšla maximálna hĺbka vody v koryte 1,2 m, ktorá by mala byť vyhovujúca a mala by úspešne previesť všetky prietoky menšie ako kapacitný prietok do toku Chvojnica. Z výpočtu výtokového otvoru pre navrhnutú šírku otvoru $b = 1,5$ m vyšiel kapacitný prietok $16,52 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, čo znamená, že nami navrhnuté koryto pod poldrom prevedie tento prietok do toku bez toho, aby spôsobilo škody a navrhnutá šírka otvoru vyhovuje. Na základe výpočtu konzumčnej krivky dnového otvoru sme preverili jeho kapacitu.

Ďalšou súčasťou funkčného objektu je aj bezpečnostný priepad. Výšková poloha koruny priepadu má vplyv na účinnosť funkcie poldra pri transformácii povodňovej vlny. Čím vyššie je položená koruna priepadu, tým väčšiu účinnosť polder dosiahne. Navrhnutý priepad poldra má kruhovo zaoblenú korunu. Jeho šírka je nadimenzovaná na návrhový prietok $Q_{100} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, ktorý je zmenšený o pretečený prietok, ktorý bude vytekať dnovým otvorom. Celková šírka priepadu po výpočte bude $b = 20,42 \text{ m}$ s polomerom zakrivenia $r_p = 3 \text{ m}$ a polomerom zaoblenia koruny $r_k = 0,25 \text{ m}$. Z konzumčnej krivky bezpečnostného priepadu možno určiť jeho kapacitu pre rôzne polohy hladiny vody v poldri. Hodnoty výtoku výtokovým otvorom zostávajú nezmenené, pripočítava sa k nim priepadový prietok, čo je graficky znázornené ako konzumčná krivka funkčného objektu. Navrhovaná koruna bezpečnostného priepadu je 253,5 m n.m., vtedy bude kapacita výtokového objektu pri šírke otvoru 1,5 m $Q_k = 29,82 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. To znamená, že pri prekročení tejto hodnoty dochádza k vybreženiu vody z poldra.

Za objektom je potrebné navrhnuť vývar, ktorý slúži na tlmenie energie vodného prúdu a lokalizuje vodný skok. Na získanie správneho návrhu vývaru sme vychádzali z najčastejšie využívaných vzťahov pre vývar. Vývar má obdĺžnikový tvar a je nadimenzovaný na $Q_{100} = 21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Výpočtom miery zatopenia sme dospeli k záveru, že návrh hĺbky vývaru je správny a bezpečný pre hĺbku $d = 2,7 \text{ m}$. Navrhnutá dĺžka vývaru stanovená podľa Novákovho vzťahu pre hĺbku $d = 2,7 \text{ m}$ bude $l_v = 15,62 \text{ m}$.

Základným účelom, pre ktorý sa poldre budujú je tzv. transformácia povodňovej vlny, čo znamená sploštenie a predĺženie povodňovej vlny a tým aj zníženie kulminačného prietoku. Pri výpočte transformácii povodňovej vlny sme vychádzali z modelovej povodňovej vlny. Pri samotnom výpočte sme použili diferenciálnu rovnicu v diferenčnom tvare s konštantným časom 1 hodina. Vychádzali sme z údajov z SHMÚ. Výpočtami sme dospeli k určitým výsledkom. Maximálny kulminačný odtok poldra bude $Q = 13,59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, maximálna kulminačná hladina v poldri počas povodne $KHP_{\max} = 259,94 \text{ m n.m.}$, využiteľný retenčný priestor poldra a sploštenie povodňovej vlny bude $\Delta Q = 7,41 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Podľa výpočtov z nebezpečného kulminačného prietoku $21 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, tak dokážeme poldrom zabezpečiť neškodný prietok $13,59 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Z výpočtov transformácie povodňovej vlny môžeme usúdiť, že pre tieto prietoky polder Oreské účinne prevedie povodeň do toku pod ním, bez toho, aby spôsobil škody.

Záver

Pri výbere reálnej možnosti riešenia protipovodňovej ochrany u nás sa posudzuje viacero aspektov a to hlavne účinnosť návrhu, časová náročnosť ako i výška finančných investícií. Z týchto požiadaviek sa ako najefektívnejšie riešenie javí budovanie ochranných nádrží – poldrov. Pred ich samotnou výstavbou je potrebné preveriť ich účinnosť.

Pri výpočte účinnosti poldra Oreské sme dospeli k určitým výsledkom. Najdôležitejšou časťou pri navrhovaní poldra je dimenzovanie jeho výtokového otvoru, ktorý vychádza z podmienky, že pri hladine vody v poldri na úrovni koruny priepadu je prietok výtokovým otvorom rovný kapacitnému prietoku. Návrh výtokového otvoru závisí od jeho veľkosti a polohy hladín hornej a dolnej vody. Pred určením výšky otvoru je dôležité poznať maximálny (kulminačný) prietok, pri ktorom nedôjde k vyliatiu vody z toku. Z konzumčnej krivky, ktorá charakterizuje prietoknosť otvoru pri rôznych polohách hladiny vody v poldri sa dá stanoviť hĺbka vody pri konkrétnom prietoku a aj to, ako sa hladina vody zvýši, keď odtok vody z poldra prekročí kapacitný prietok. Za každým objektom je potrebné navrhnuť vývar, v ktorom lokalizujeme vodný skok, a ktorý slúži na tlmenie energie vody. Je nesmierne dôležité navrhnuť aj bezpečnostný priepad, ktorého úlohou je prevádzať tie prietoky, ktoré sú väčšie ako kapacita výtokového otvoru v dne alebo keď hladina vody v poldri dosiahne maximálnu úroveň. Voda by mala byť teda bezpečne odvedená do priestoru pod hrádzou (koryto pod poldrom), aby nedošlo k poškodeniu hrádze a k ohrozeniu jeho stability. Z výsledkov výpočtu transformácie povodňovej vlny vyplýva, že polder zadrží povodňovú vlnu a dokáže ju transformovať na prijateľnú mieru, a že navrhnutý polder by mal zabezpečiť ochranu pre modelovú povodeň s prietokom Q_{100} stanovené Slovenským hydrometeorologickým ústavom.

Na základe výpočtu jednej návrhovej povodňovej vlny sa nedá posúdiť účinnosť poldra. Presnejšie určenie účinnosti dosiahneme, ak posúdime viaceré situácie ako len návrhovú povodeň, prípadne sa budeme venovať aj následkam zlyhania objektu, či dôkladnej hydrologickej štúdií. Objekt poldra by sa teda po vybudovaní mal stať účinným ochranným prostriedkom proti veľkým vodám.

Použitá literatúra

- 1) BAČÍK, M. 2002. *Návrh suchých údolných poldrov vhornej časti povodia Myjavy*. In: Vodohospodársky spravodajca č.2/2002. Nitra: NOI, 2002, s.9-10, ISSN 0322-886X.
- 2) BENETIN, J. a kol. 1987. *Odvodňovanie*. Bratislava. 064-024-87 ODV.1987.576 s.
- 3) BOUWER, L.M. – BUPECK, P.- WAGTENDONK, A.J. – AERTS, J.C.J.H. 2009. Inundation scenarios for flood damage evaluation in polder areas. In *Natural Hazards and Earth System Sciences*. ISSN 15618633, roč. 9, č. 6, 2009, s.1995 -2007.
- 4) ČOMAJ, M. – *Smernica pre navrhovanie poldrov*, Bratislava, 5/2004.
- 5) DIN 19 700 Teil 12: *Stauanlagen – Hochwasserrückhaltebecken*. Deutsches Institut für Normung, Berlin 1986.
- 6) HORNÍKOVÁ, H. 2006. *Hydromechanika*. Nitra. s.138.
- 7) HORVÁTHOVÁ, B. 2003. *Povodeň to nie je len veľká voda*. Bratislava, 224 s. ISBN 80-224-0735-6.
- 8) JURÍK, Ľ – MATYO, J. 2007. *Vodné stavby*. Nitra: SPU, 2007. s.222. ISBN 978-80-8069-843-0.
- 9) KABINA, P. 2001. *Ochrana proti prírodným katastrofám*. Nitra: SPU, 2001. s.82. ISBN 80-7137-898-1-1.
- 10) KAMENSKÝ, J. – KEDROVIČ, M.1991. *Možnosti zvýšenia retenčnej schopnosti poldrov*. In: Vodohospodársky spravodajca č.5/2002. Nitra:NOI, 2002, s.10-13, ISSN 0322-886X.
- 11) KLOPČEK, A. 1987. *Hydraulika*. Vysoká škola poľnohospodárska. Nitra. 275 s.
- 12) KOVÁŘ, M. 2004. *Ochrana před povodněmi: Řešení přirozených a zvláštních povodní*. Praha.100 s. ISBN 80-7254-499-3.
- 13) MAKEĽ, M. – MAJERČÁKOVÁ, O. – ŠŤASTNÝ, P. – LICHÝ, J. a kol. 2003. *Povodne pred, počas, po...* Slovenský hydrometeorologický ústav. Bratislava. s.65. ISBN 80-88907-38-1.
- 14) MÄSIAR, E. – KAMENSKÝ, J.: *Hydraulika II*. Bratislava: STU, 1991.s 208. ISBN 80-227-0431-8.

-
- 15) MÄSIAR, E. – KAMENSKÝ, J.: *Hydraulika pre stavebných inžinierov I*. Objekty a potrubia. ALFA. Bratislava. 1985.s.341.
 - 16) NIJSSEN, D. - SHUMANN, A. – PAHLOW, M. – KLEIN, B. 2009. Planning of technical flood retention measures in large river basins under consideration of imprecise probabilities of multivariate hydrological loads. In *Natural Hazards and Earth System Sciences*. ISSN 15618633, roč.9, 2009, č 4, s.1349 – 1363.
 - 17) PLATE, E.J. 2002. Flood risk and flood management. In *Journal of Hydrology* 267, s.2-11.
 - 18) SMERNICA EURÓPSKEHO PARLAMENTU A RADY č. 2007/60/ES o hodnotení a manažmente povodňových rizík.
 - 19) STN 73 6814: 1972. *Navrhovanie priehrad*.
 - 20) STN 75 0120: 2004. *Vodné hospodárstvo-Hydrotechnika-Terminológia*.
 - 21) ŠÍBL, J. – DERKA, T. – HOLUBOVÁ, K. a i. 2002. *Revitalizácia vodných tokov*. Nitra-Bratislava. 2002. 162 s. ISBN 80-8069-024-3.
 - 22) TNV 75 2415: 2006. *Suché nádrže*.
 - 23) VIRÁG, P. , Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. OZ Bratislava .
 - 24) Zákon NR SR č.666/2004 Z.z o ochrane pred povodňami.
 - 25) Zákon č. 364/2004 Z.z o vodách.
 - 26) ŽILAVÝ, M. 2003. Bezpečnosť poldrov počas povodňových situácií. In: *Vodohospodársky spravodajca č.10/2003*. Nitra: NOI, s.20, ISSN 0322-886X.
 - 27) KOVÁČ, P. 2005. *Účinnosť poldrov navrhovaných na rieke Morava a programové vybavenie na jej hodnotenie*. [online]. Bratislava: Stavebná fakulta STU, 2005 [cit. 2011-01-10]. Dostupné na internete: <http://www.fsv.cvut.cz/svoc2006prisp02kovac.pdf>
 - 28) Slovenský vodohospodársky podnik š.p. *N-ročné prietoky*. [online]. [cit. 2010-12-11]. Dostupné na internete: <http://www.svp.sk/dunaj/default.asp?id=10&ACT=5&content=3&menu=10>.
 - 29) PROCHÁZKA, P. – LEJA, Z. – ČIČKA, V. 2005. *Zvyšovanie retenčnej schopnosti územia*. [online]. [cit. 2010-11-11]. Dostupné na internete: http://labrisk.vsb.cz/cz/kmvp2005/Leja_2.pdf.
-

Prílohy

Zoznam príloh

Príloha 1 Konzumčná krivka koryta pod poldrom

Príloha 2 Konzumčná krivka celkového výtokového otvoru

Príloha 3 Konzumčná krivka bezpečnostného priepadu

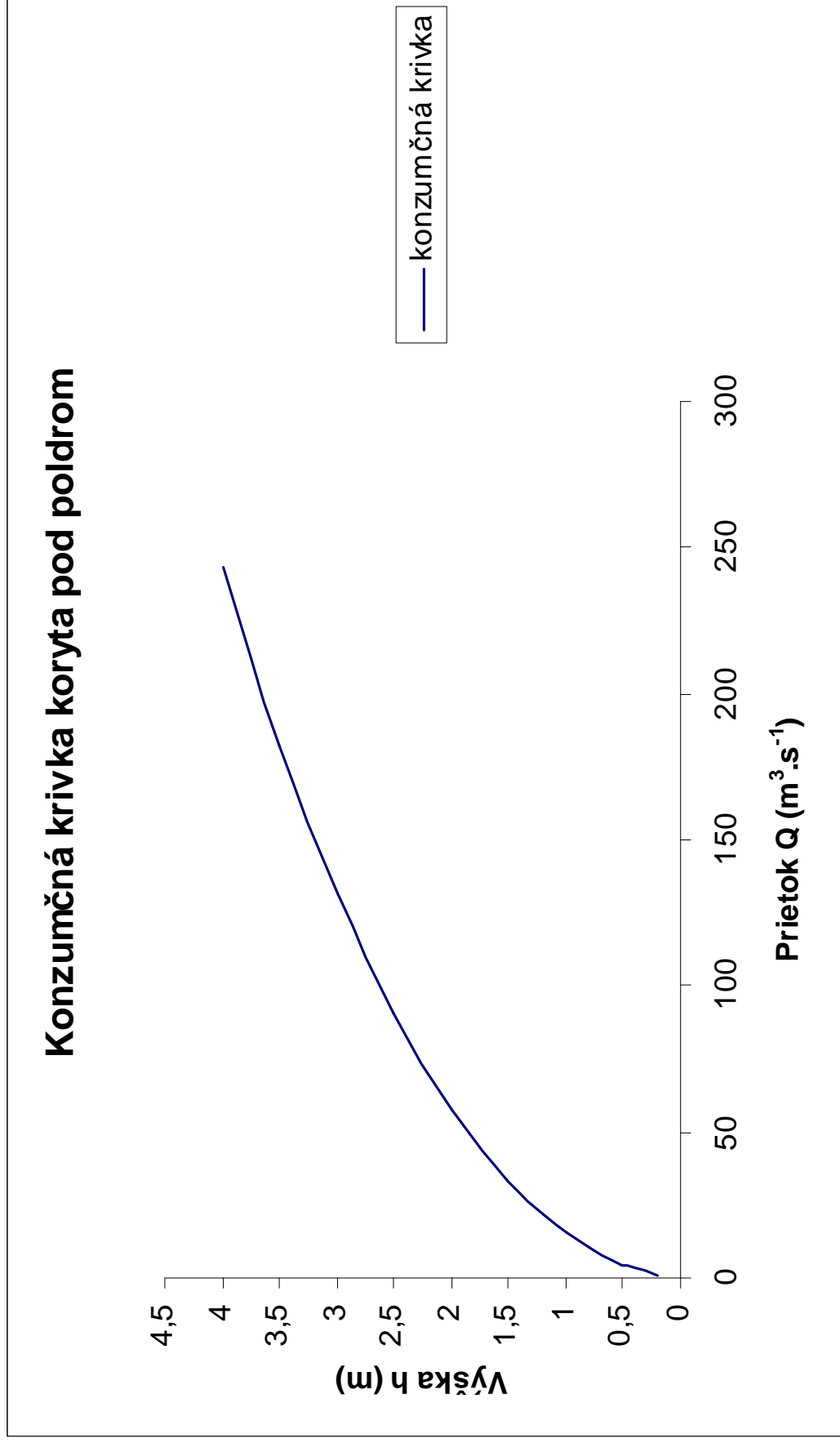
Príloha 4 Konzumčná krivka funkčného objektu

Príloha 5 Krivka zatopených plôch

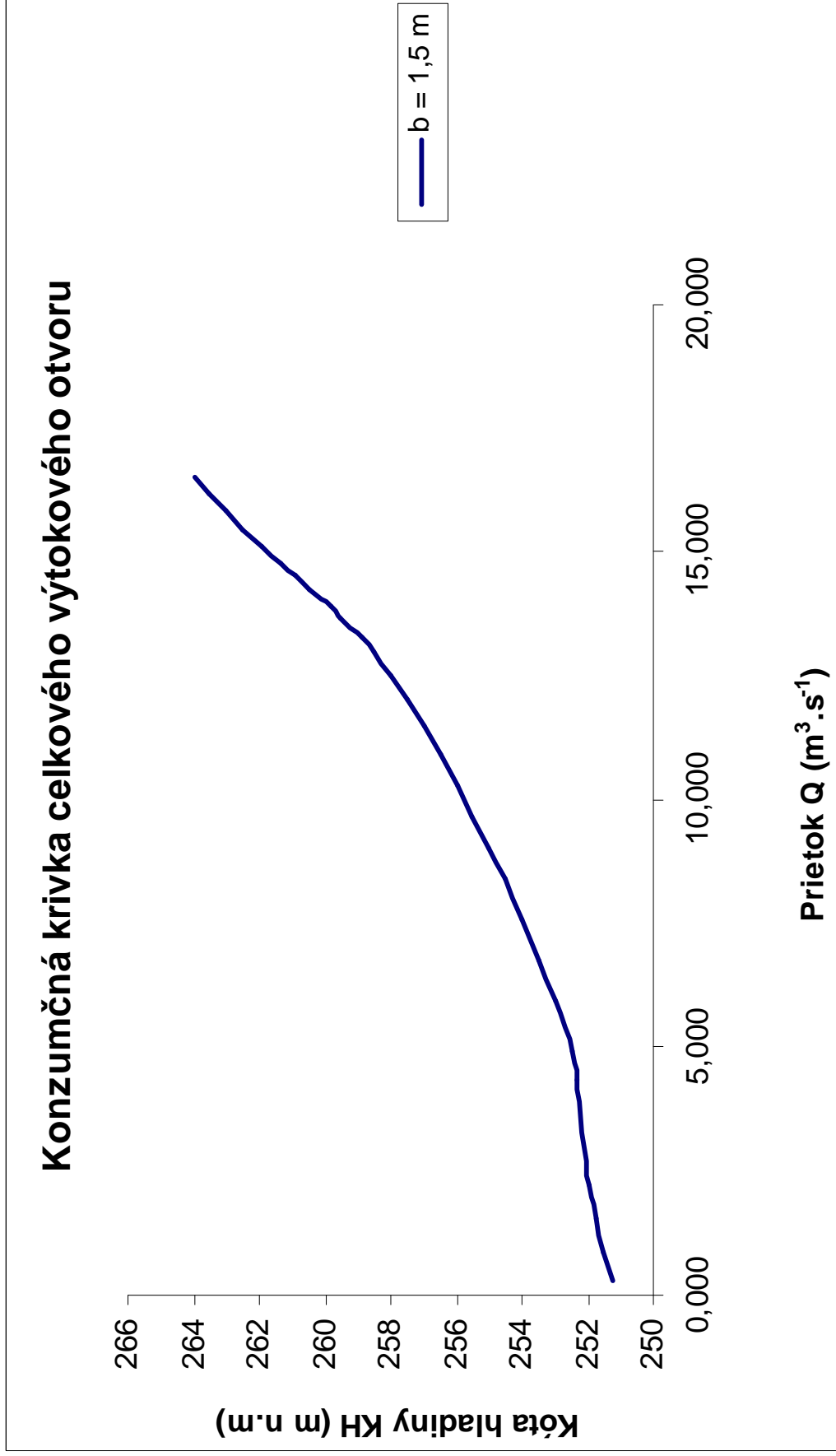
Príloha 6 Krivka objemov

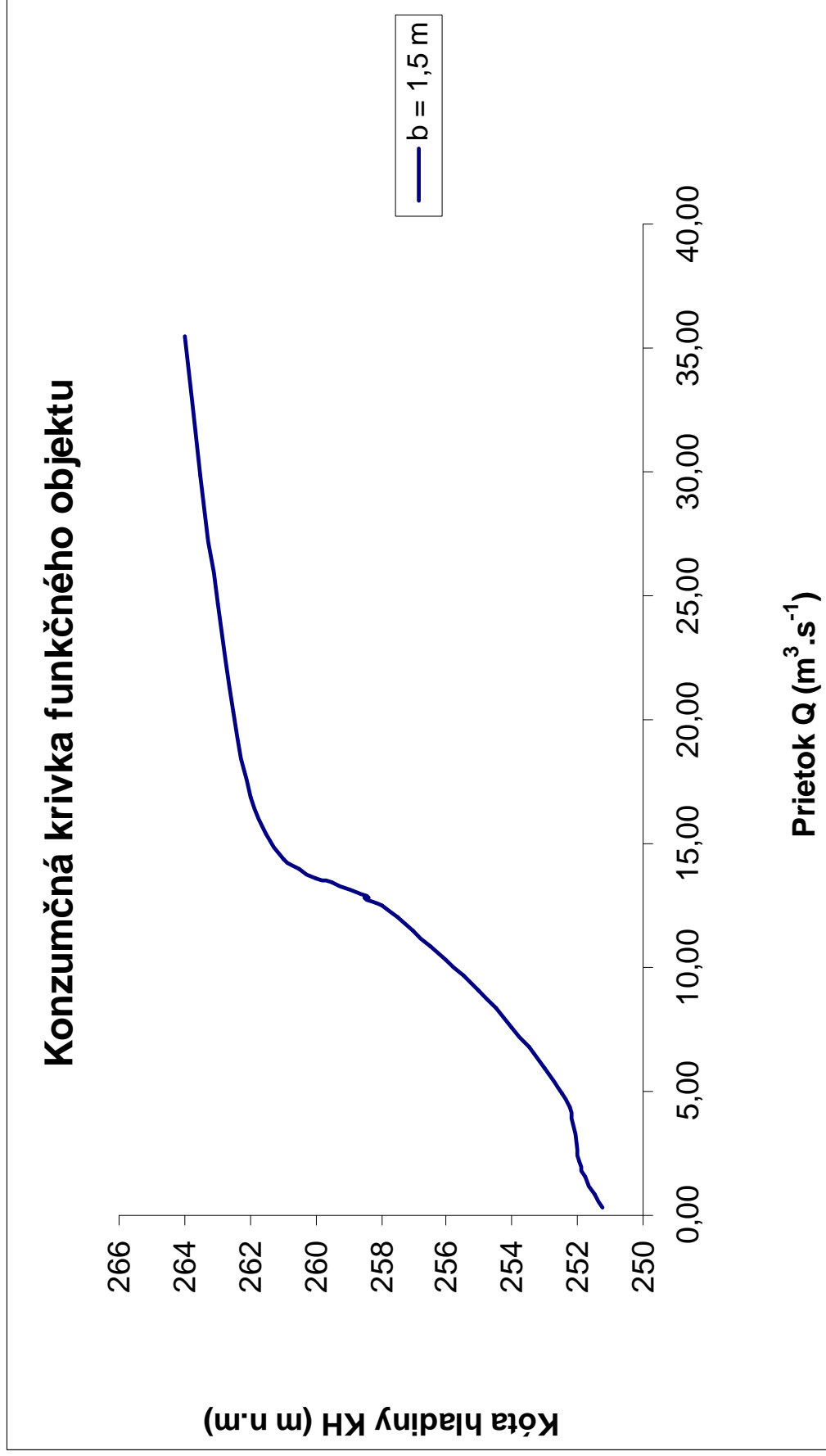
Príloha 7 Transformácia povodňovej vlny pre Q_{100}

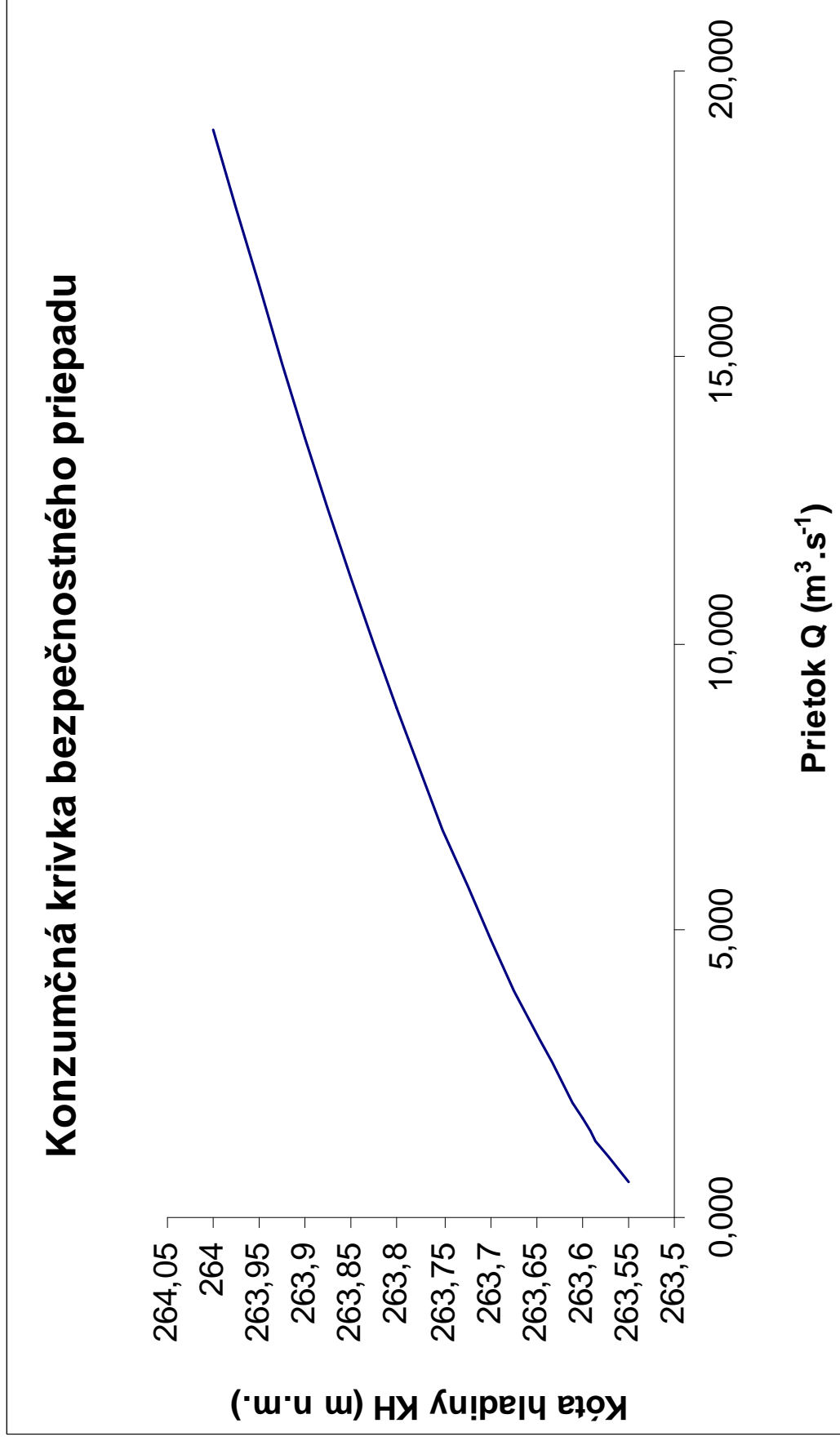
Príloha 8 Technické zariadenia poldra Oreské

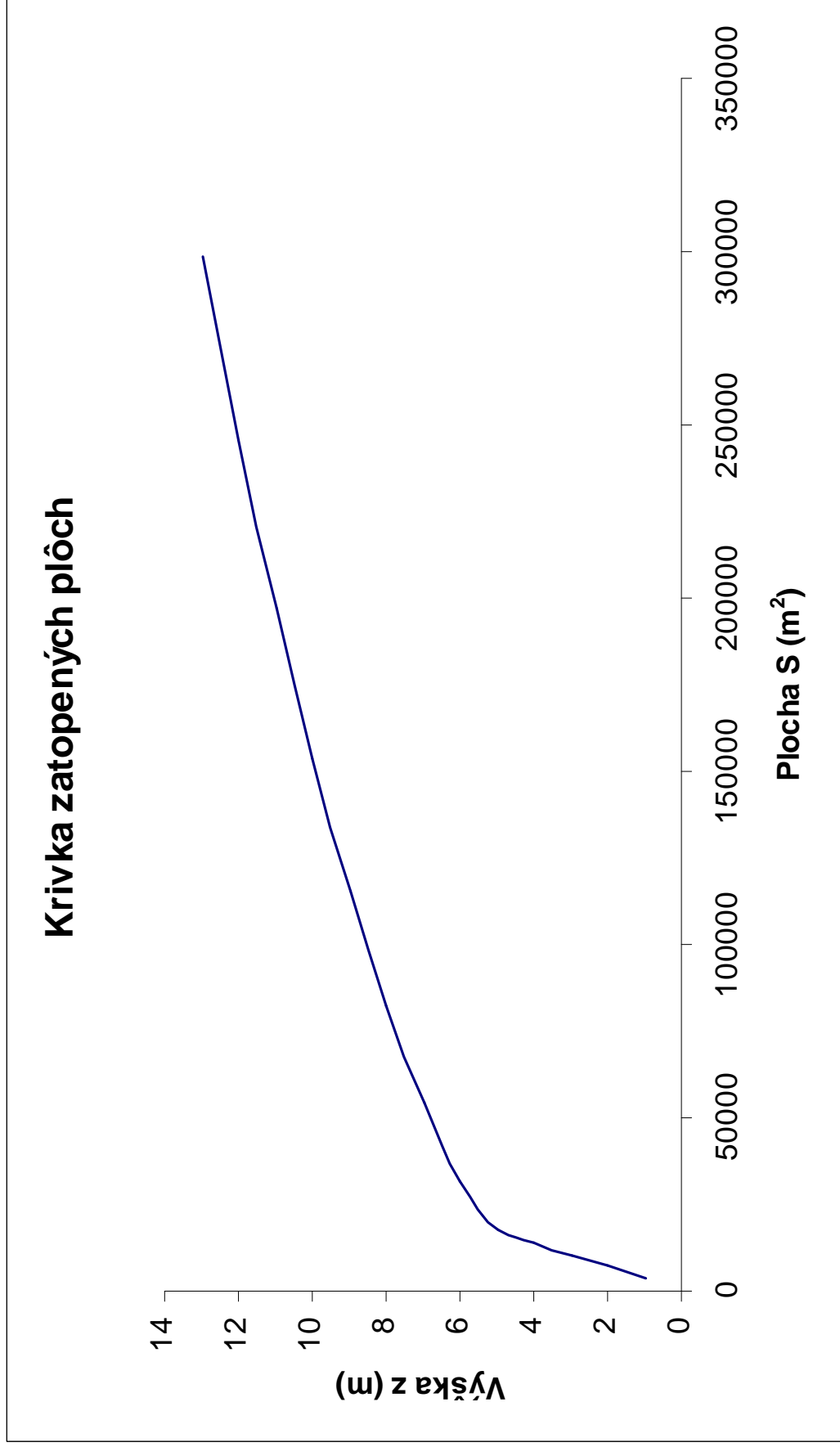


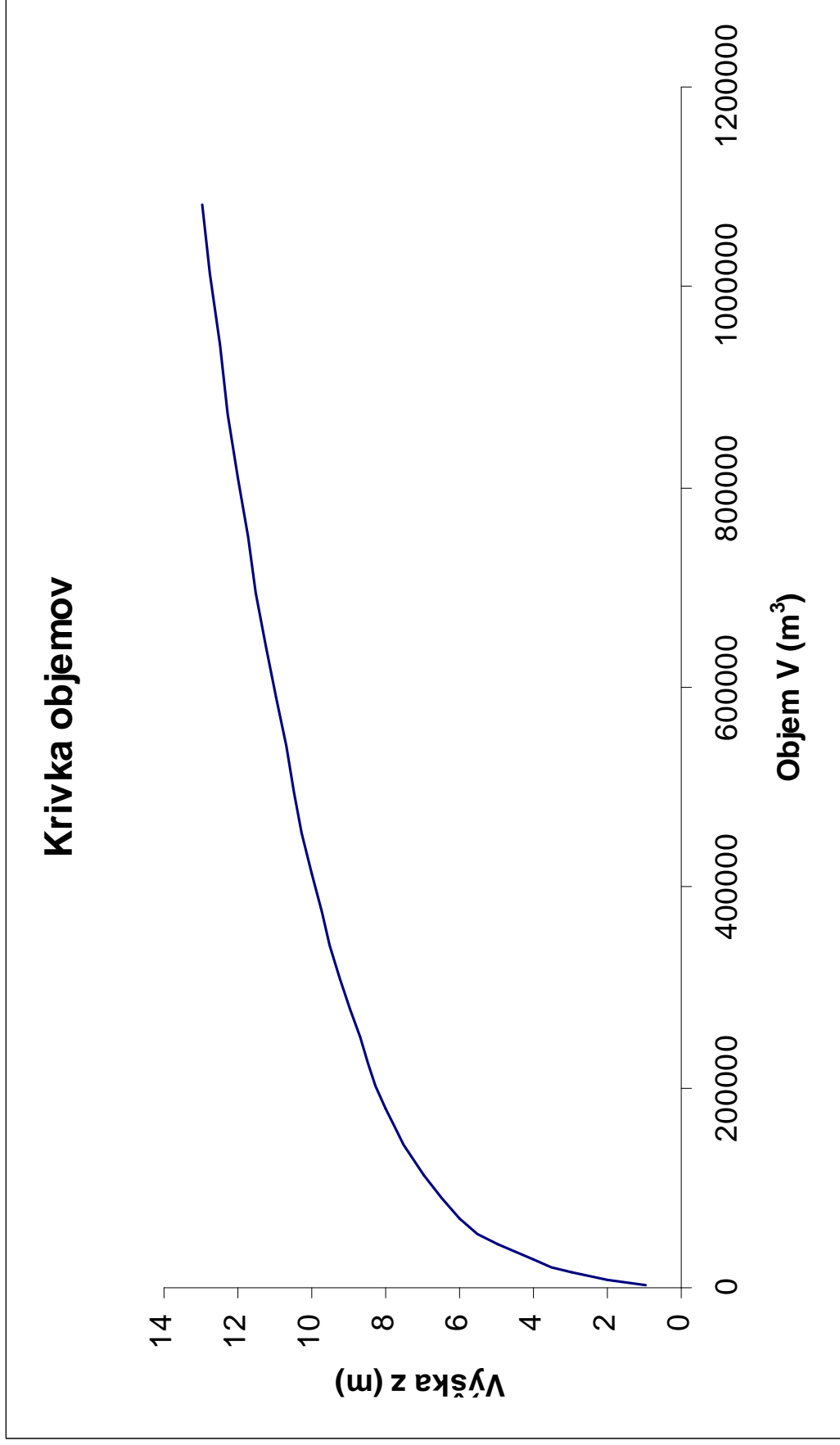
Príloha 2

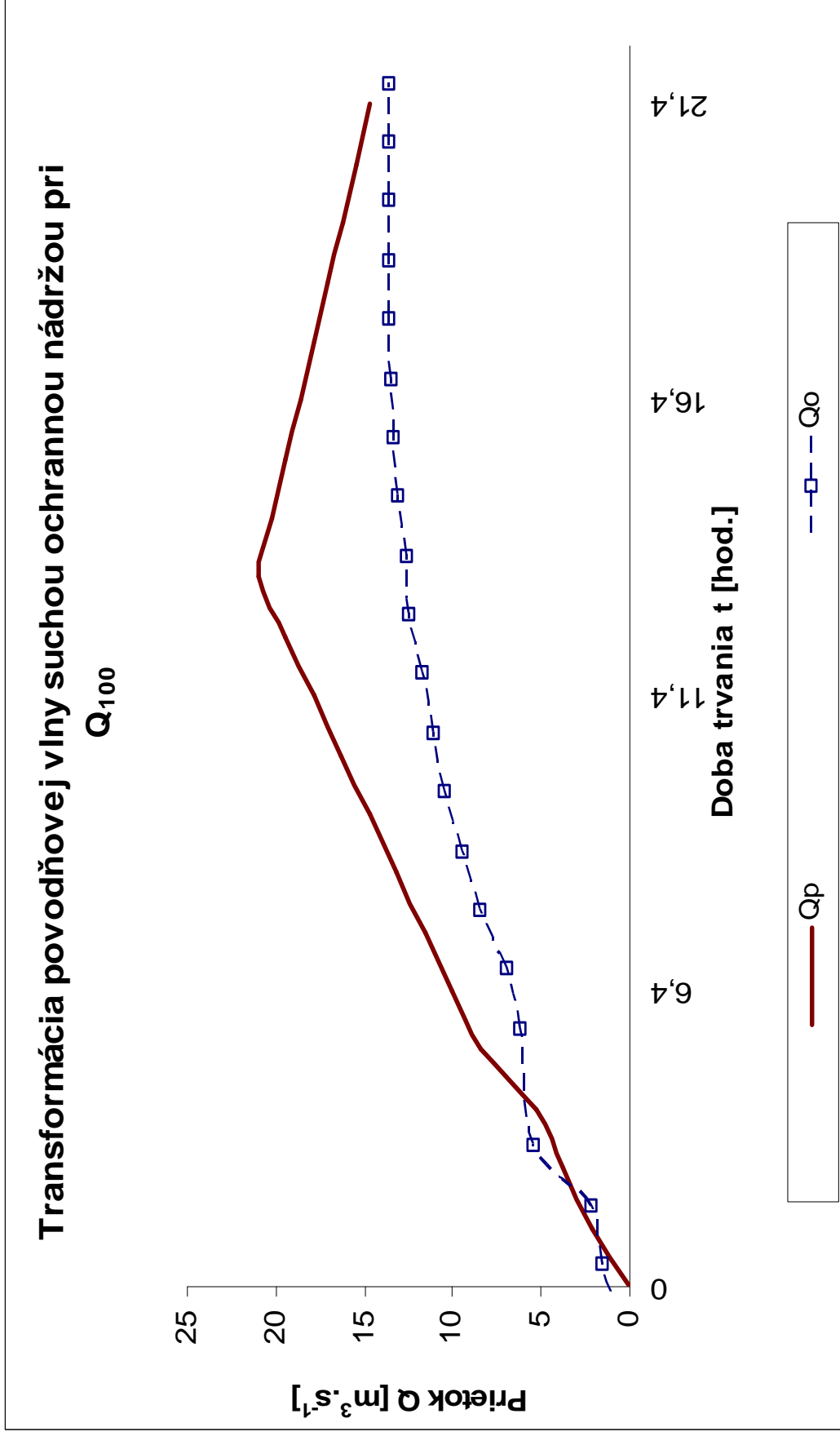












Príloha 8

