

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



Hydraulické navrhování pevných jezů

Hydraulic solution of weirs

Bakalářská práce

Bakalant: Denisa Hortenská

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vojtěch Havlíček

2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracovala samostatně pod vedením Ing. Vojtěcha Havlíčka, a že jsem uvedla všechny literární prameny, ze kterých jsem čerpala.

V Praze dne 21.3.2015

Poděkování

Děkuji touto cestou panu Ing. Vojtěchu Havlíčkovi, za ochotu, trpělivost, pomoc a cenné rady, které mě provázely během vytváření softwarového nástroje, i při zpracování této bakalářské práce.

Dále bych chtěla poděkovat mé rodině a hlavně sestře, kteří mi umožnili studovat na vysoké škole, a kteří mi byli oporou po celé studium.

Abstrakt

Tato bakalářská práce je věnována jezovým stavbám, vytvoření softwarového nástroje pro posouzení a stanovení kapacit objektů.

Tato práce se skládá z části věnované na studium odborných informačních zdrojů a projektové dokumentace k jednotlivým typům jezových staveb, jejich popisu a zejména hydraulickému řešení.

Z výsledků studia zdrojové literatury je vytvořen softwarový nástroj pro stanovení měrných křivek a kapacit jednotlivých typů jezů.

Klíčová slova

jez, hydraulika, hydraulické modelování, R, přeliv

Abstract

This thesis is devoted to the weir structures, creating a software tool for assessing and determining the capacity of the building.

This work consist od a section dedicated to the study od specialized information recources and project documentation to the variol types od weirs, their description and particularly hydraulic solutions.

The results od the study of literature will be created source software tool for determining the measurement curves and capacities of individual types od weirs.

Key words

weir, hydraulics, hydraulic modeling, R, spillway

Obsah

Úvod.....	10
1. Jezy.....	11
1.1 Účel jezu.....	11
1.2 Umístění jezu a základní názvosloví.....	12
1.3 Rozdělení jezů	13
1.3.1 Pevné jezy	14
1.3.1.1 Dřevené jezy.....	15
1.3.1.2 Kamenné jezy.....	17
1.3.1.3 Betonové jezy.....	18
1.3.2 Pohyblivé jezy.....	18
2. Hydrotechnické výpočty pevných jezů	20
2.1 Ustálený pohyb kapaliny v otevřených korytech	20
2.2 Přepady.....	22
2.2.1 Odvození rovnice přepadu	24
2.2.2 Ostrohranné přelivy	25
2.2.3 Jezové přelivy	29
2.2.4 Přepad přes širokou korunu	29
2.2.5 Přepad s proudnicovou přepadovou plochou.....	29
2.2.6 Dokonalý přepad	30
2.2.7 Nedokonalý přepad	30
2.3. Součinitel přepadu	31
2.4 Návrhový průtok.....	34
2.5 Specifický průtok	35
2.6 Průtočná kapacita jezu.....	36
2.7 Počet jezových polí	36

2. 8	Podjezí	36
2. 9	Vzdutí hladiny jezem.....	40
3.	Popis návrhu softwaru.....	41
3. 1	Popis jednotlivých funkcí	41
3. 1. 1	Výběr přepadu.....	42
3. 1. 1. 1	Bazinův přeliv	43
3. 1. 1. 2	Ponceletův přeliv.....	43
3. 1. 1. 3	Thomsoův přeliv	43
3. 1. 1. 3	Cipolettiho přeliv	43
3. 1. 1. 4	Jezový obdélníkový přeliv	43
3. 1. 1. 5	Jezový lichoběžníkový přeliv.....	43
3. 1. 1. 6	Přepad přes širokou korunu.....	44
3. 1. 2	Měrná křivka	44
3. 1. 3	Graf měrné křivky	45
3. 2	Příklady použití softwaru	45
3. 2. 1	Příklad.....	45
3. 2. 2	Příklad.....	47
3. 2. 2	Příklad.....	48
4.	Závěr	49
	Přehled literatury a použitých zdrojů	50
	Přehled internetových zdrojů	51
	Seznam obrázků	52
	Seznam tabulek	54
	Seznam použitých zkratk a symbolů	55
	Přílohy.....	58

Úvod

Stavby jezů patří mezi nejstarší vodní stavby. Jejich výstavbu u nás je možno sledovat již od 9. – 10. století. Jednalo se spíše o konstrukce z kamene nebo ze dřeva, případně vybudované kombinací dřeva a kamene.

Jejich hlavním účelem bylo vzdout vodu pro přímou přeměnu v mechanickou energii, později pro plavbu. Zásobování vodou nebo stabilizace toků se objevuje až v 19. a ve 20. století. Dnes je v ČR v provozu několik tisíc jezů (starých i více než 500 – 600 let).

Jezy jsou vzdouvací stavby umístěné v korytě toku, v němž se trvale nebo dočasně vzdouvá voda k různým vodohospodářským účelům. Jejich účelem je dosažení dostatečné hloubky pro odběr, využití vodní energie, zajištění plavební hloubky, zlepšení režimu podzemních vod, zmírnění rychlosti proudění při úpravách toků, zlepšení životního prostředí (rekreace, estetický účinek vzduť hladiny ve městech), atd...

Dělí se na dvě základní skupiny, a to na jezy pevné a pohyblivé. Pevné jezy se dále dělí na kamenné, dřevěné, betonové či železobetonové. Jejich nevýhodou je, že nemají žádné pohyblivé části, díky tomu se nedá ovládat hladina vody nad jezem. Tato nevýhoda se projevuje hlavně při průtoku velkých vod, kdy je vzduť hladina zvýšená, a může tak dojít k dočasnému zaplavení terénu nebo ke zvýšení podzemní vody. Výhodou pevných jezů jsou malé stavební náklady a funkce jezu bez nutnosti obsluhy.

U každé jezové stavby trvalé rozeznáváme tyto hlavní součásti: vlastní těleso, základy, podjezí, připojení ke břehům. Není to však pravidlem, např. u dřevěných jezů se tyto znaky zřetelně neprojevují. Naopak u jezů zděných jsou tyto součásti jezu nezbytné.

O způsobu stavby, volbě materiálu, celkovém uspořádání a jezové soustavě rozhodují především místní poměry, výška požadovaného vzduť a hlavně jakost základové půdy.

1. Jezy

Jez je vzdouvací stavba umístěná v říčním korytě napříč toku. Díky jezovým stavbám, které přehrazují koryto toku, se trvale nebo dočasně vzdouvá vodní hladina v toku. Čímž je umožněno využívání vody k vodohospodářským i jiným účelům.

Jezy se dnes navrhují a budují jako víceúčelové stavby, které umožňují komplexní využití toků, na nichž jsou situovány (Gabriel, 1989).

1.1 Účel jezu

Účelem jezu je vzdouvat vodní hladinu v korytě na požadovanou úroveň, tak aby bylo možné koryto využívat pro různé vodohospodářské potřeby (např. závlahy, plavba, odběry pro zásobování, atd.).

Důvodem pro vybudování jezů bývá velká rozkolísanost průtoků nebo malá hloubka vody v korytě toku.

Vybudování vzdouvacího zařízení v podobě jezu umožní dosáhnout (Medřický, 2009):

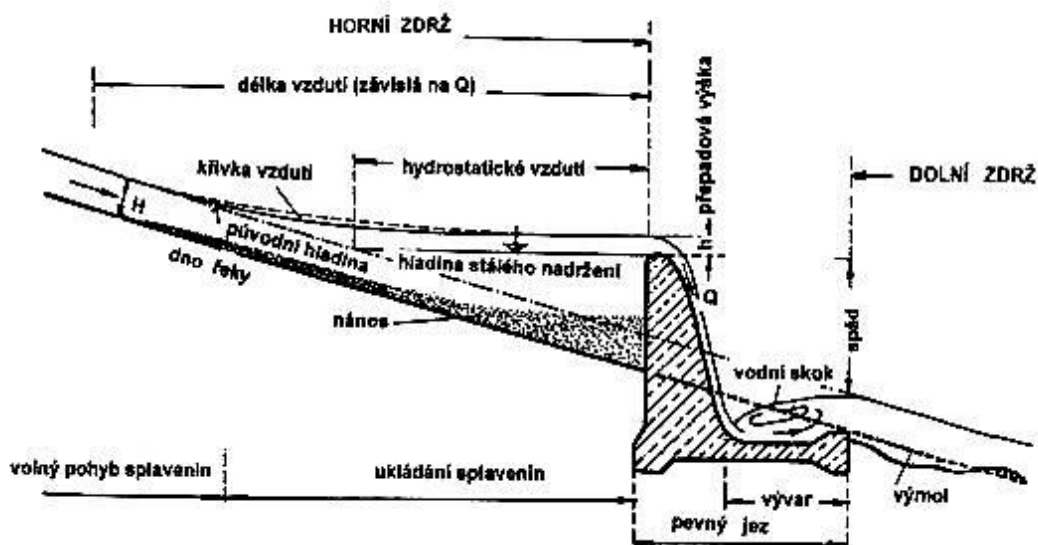
- zvětšení hloubky vody nad jezem pro požadované odběry,
- zmírnění rychlosti proudění vody nad jezem omezující vymílání dna,
- získání potřebného spádu pro energetické využití,
- zajištění požadovaných plavebních hloubek v toku i v období malých průtoků,
- zlepšení samočisticího účinku toku,
- zvýšení hladiny podzemní vody v přilehlém území,
- vytvoření podmínek vhodných pro sport a rekreaci,
- ovlivnění životního prostředí a estetických hledisek zejména v městech a obcích.

Stavba jezu může vyvolat negativní účinky (zvýšení podzemní vody v okolí, usazování splavenin v jezové zdrži, apod.), kterým je nutno zabránit, nebo je omezit vhodnými provozními i technickými opatřeními.

1.2 Umístění jezu a základní názvosloví

Jez v říčním korytě způsobuje změnu hydraulického režimu toku, pohybu splavenin a změnu pohybu podzemních vod.

(Medřický, 2009) Uvádí, že jez se umísťuje napříč toku kolmo na proudnici v místě kde je rychlostní pole při největších průtocích osově symetrické (symetricky k proudnici). Ale mohou být jezy také kolmé, šikmé, lomené či zakřivené. O umístění jezu rozhodují základové poměry a způsob výstavby. Je vhodnější umístit jez nad soutokem, protože jinak by se v jezové zdrži usazovali splaveniny. Účinky jezu na vodní tok a pohyb splavenin jsou vyznačeny na Obr. č. 1.



Obr. č. 1 Účinky jezu na vodní tok a na pohyb splavenin (Čihák, 2001)

Na obr. č. 1 je zobrazeno základní názvosloví jezů.

- Křivka vzduť je vytvářena hladinou toku nad jezem,
- délka vzduť je vzdálenost od jezu po místo, kde křivka vzduť přechází do hladiny nevzduté vody v korytě toku,
- hydrostatické vzduť je vodorovná hladina na úrovni přelivné hrany,
- hydrodynamické vzduť je vzdálenost od přelivné hrany až tam, kde křivka vzduť naváže na původní hladinu,
- přepadová výška je výškový rozdíl mezi přepadovou hranou jezového tělesa a hladinou vzduť vody při přepadu vody,
- spád je výškový rozdíl mezi horní hladinou vody a upraveným dnem koryta pod jezem.

1.3 Rozdělení jezů

Jezy lze dělit podle několika hledisek:

- podle konstrukčního řešení a funkce:
 - jezy pevné,
 - jezy pohyblivé;

podle půdorysného uspořádání a polohy jezu k ose toku:

- kolmé,
- šikmé,
- lomené,
- zakřivené;

Důvodem navrhování zakřivených jezů je prodloužení přelivné hrany a následné zvýšení kapacity jezu.

podle přelivu:

- s přepadem dokonalým,

Dokonalý přepad nastává, když je hladina dolní vody níže, než je přelivná hrana.

- s přepadem nedokonalým;

Nedokonalý přepad nastává tehdy pokud, je hladina dolní vody výše než je přelivná hrana tělesa.

podle použitého materiálu:

- dřevěné,
- kamenné,
- betonové,
- z jiných materiálů,

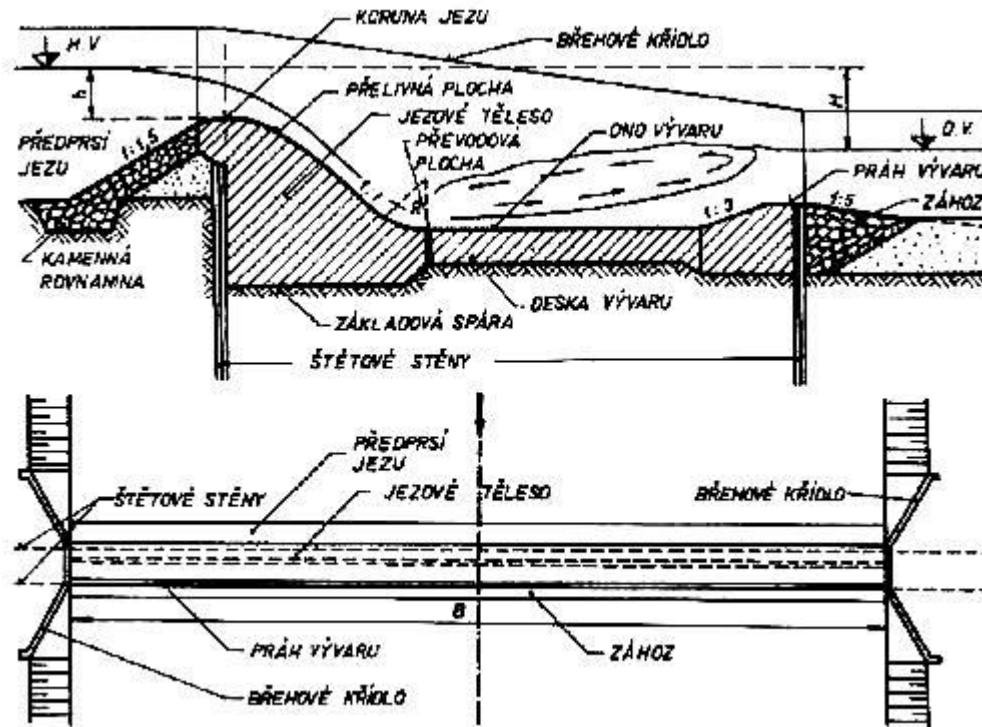
podle polohy jezu k hladině dolní vody:

- vnořené jezy
- ponořené jezy

V této bakalářské práci jsou řešeny pevné jezy, proto se níže zabývám detailnějším rozdělením pevných jezů a pouze okrajově jsou uvedeny pohyblivé jezy.

1. 3. 1 Pevné jezy

Pevné jezy (obr. č. 2) jsou budovány z betonu, železobetonu, kamene či dřeva. Trvale vzdouvají vodu v toku jezovým tělesem, které se buduje na celou šířku vodního toku, hlavně na menších a středních tocích. Tyto jezy nemají žádné pohyblivé části, tudíž se nedá ovládat hladina vody nad jezem. Tato nevýhoda pevných jezů se projevuje hlavně při průtoku velkých vod, kdy je vzdutá hladina zvýšená, může tak dojít k dočasnému zaplavení terénu nebo ke zvýšení podzemní vody. Malé stavební náklady a funkce jezu bez obsluhy jsou výhodou pevných jezů.

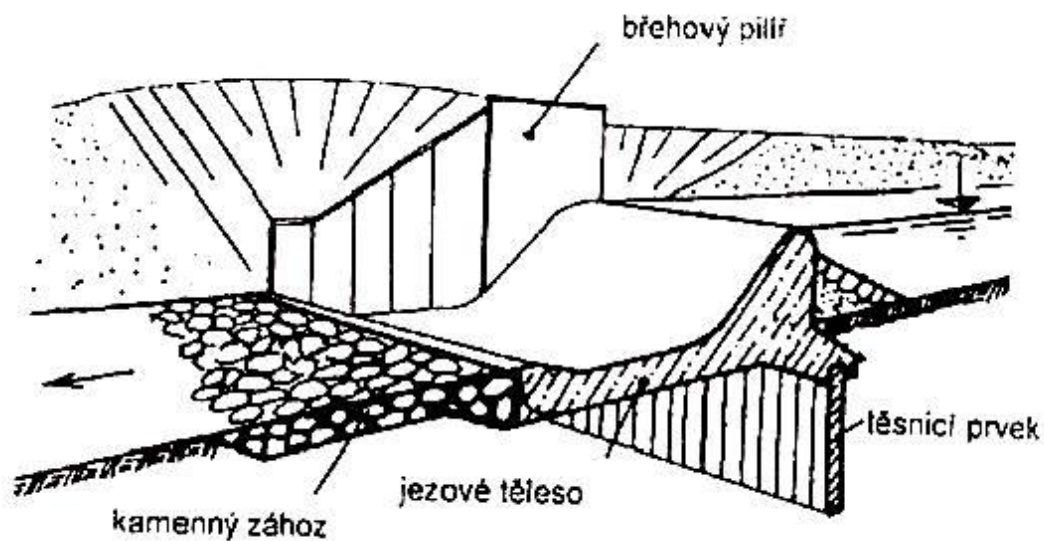


Obr. č. 2 Pevný jez (Gabriel, 1989)

Pevné jezy se používají např. při využívání a úpravách horských toků, při stabilizaci jejich dna a koryta, nebo na menších tocích s vysokými břehy a nepatrným transportem splavenin, kde nevádí velké kolísání vzduté hladiny (Votruba, 1967).

Konstrukce pevného jezu (Obr. č. 3) má 4 hlavní části:

- pevné jezové těleso,
- základ jezu s těsnícími prvky,
- podjezí,
- břehové pilíře s bočními křídly.

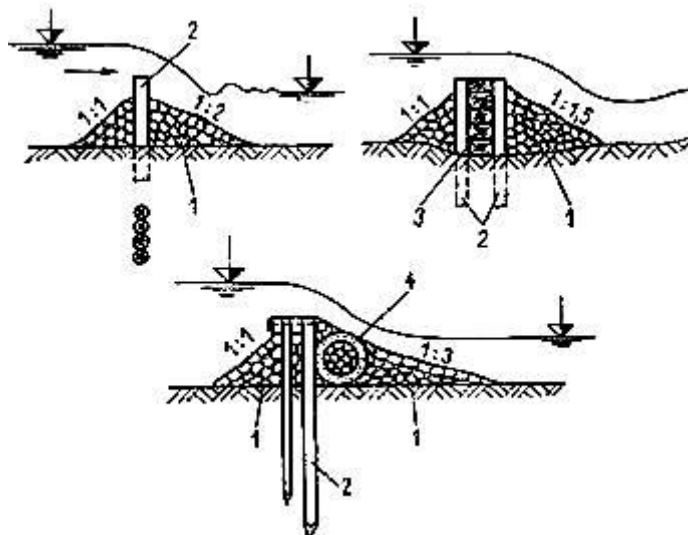


Obr. č. 3 Hlavní části pevného jezu (Medřický, 2009)

1. 3. 1. 1 Dřevené jezy

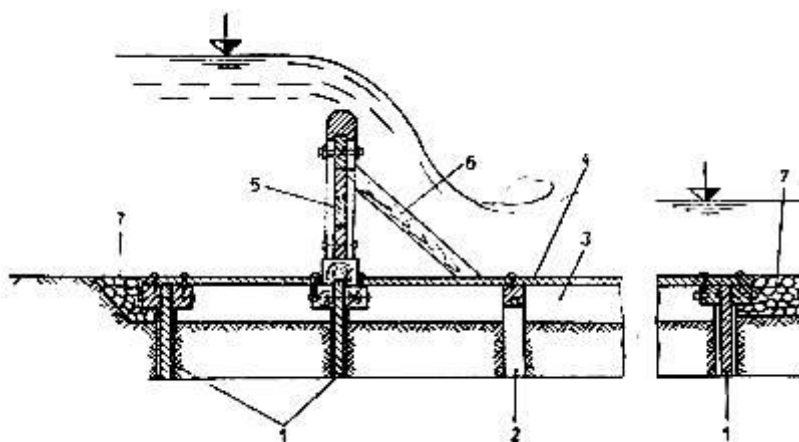
Jsou to stavby dočasné nebo trvalé. Používají se pro malou výšku vzdutí.

Dělí se na **prozatímní dřevěné jezy** (Obr. č. 4), které mají malou životnost. Jsou levné ale propustné. Zřizují se většinou jako provizorní stavby. Provádí se jako pilotová nebo štětová stěna, zavázaná do břehů, po obou stranách opatřená kamenným záhozem.



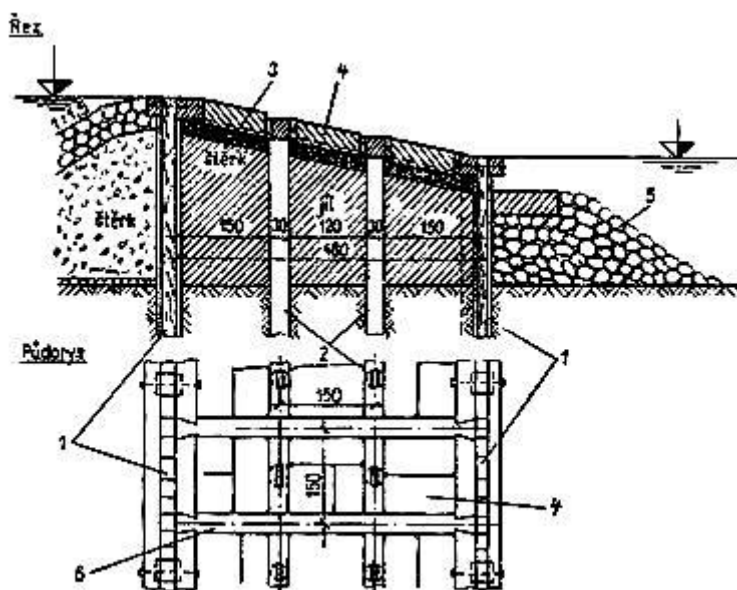
Obr. č. 4 Prozatímní dřevěné jezy (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>): 1 – kamenný zához, 2 – dřevěné piloty, 3 – dřevěné kuláče, 4 – haťový ponorný válec

Trvalé dřevěné jezy (Obr. č. 5), u kterých je hradící stěna tvořena z vodorovných trámců nebo fošen uložených do svislých sloupků. Stavba je chráněna na obou koncích spodní stavby štětovými stěnami a kamenným záhozem.



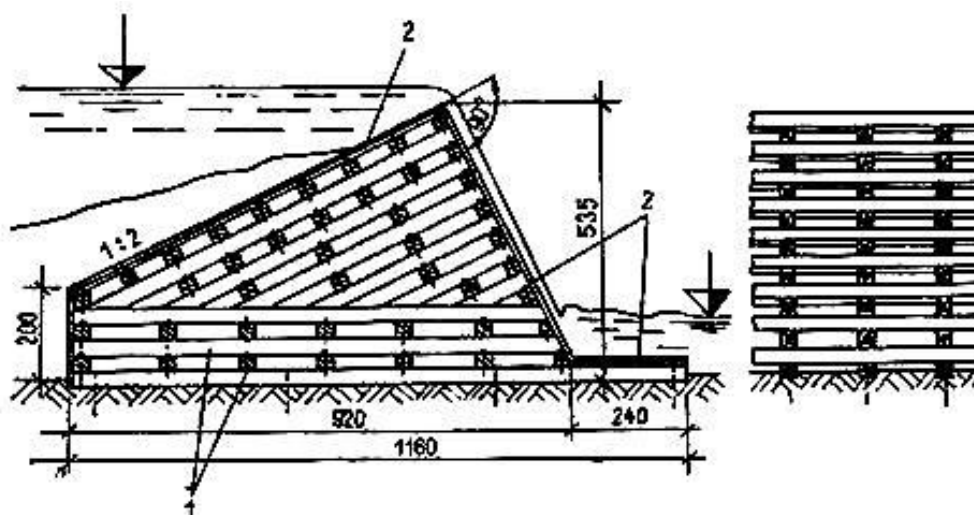
Obr. č. 5 Trvalý dřevěný jez (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>): 1 – štětové stěny, 2 – dřevěné piloty, 3 – beton, 4 – fošny, 5 – hradící těleso, 6 – vzpěra, 7 - kamenný zához

Dřevěné jezy s výplní (Obr. č. 6) mají jezové těleso tvořeno zaberaněnými stěnami na obou koncích jezu. Mezi štětovými stěnami jsou zaberaněny řady pilot. Prostory mezi štětovými stěnami a pilotami jsou vyplněny jílem, hlínou nebo kamenem a jsou přikryty deskami z fošen, kamene nebo betonu. Je to stavba na způsob jímky, která vyhovuje svému účelu, protože snáší dobře přelévání vody (Jermář, 1959).



Obr. č. 6 Dřevěný jez s výplní (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>): 1 – štětové stěny, 2 – piloty, 3 – jílové těsnění, 4 – žulové kvádry, 5 – kamenný zához, 6 – převázky

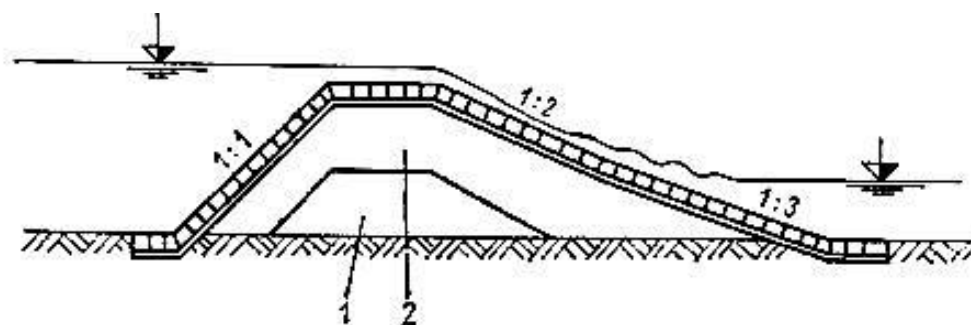
A **srubové jezy** (Obr. č. 7), jsou vhodné zejména pro horské toky. Zřizují se na skalnatém základě, kde nemůžeme beranit piloty. Dřevo se kladou ve vrstvách křížem, navzájem se pak spojí šrouby a vzniklé komory se vyplní kamenem. (Jermář, 1959). Nejpoužívanější dřevo je borovice (dobře snáší střídané provlhčení) a dub. Trvanlivost jezu je 10 až 15 let.



Obr. č. 7 Srubový jez (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>): 1 – dřevěné trámce, 2 – bednění z fošen

1. 3. 1. 2 Kamenné jezy

Pro stavbu kamenných jezů (Obr. č. 8) se používají vyvřelé hlubinné horniny. (Gabriel, 1989) Jádro jezu je z jemného materiálu a směrem k povrchu jezu je materiál hrubší. Povrch jezu je zpevněn velkými kameny nebo dlažbou na cementovou maltu. Výška jezu je do 5 m.

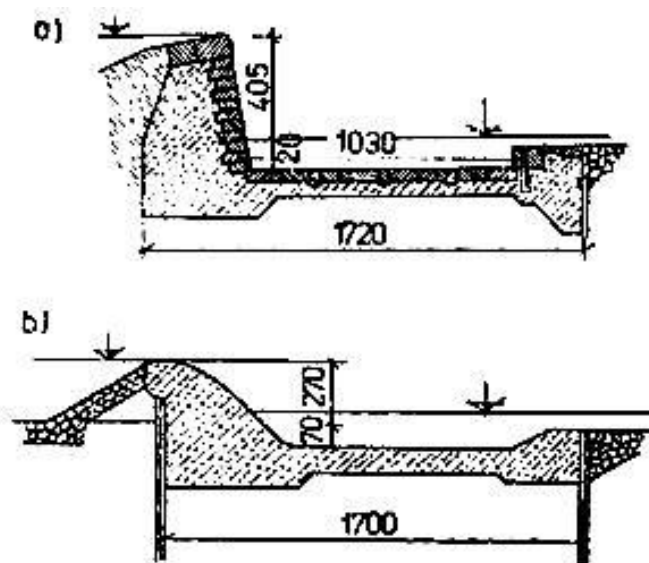


Obr. č. 8 Kamenný jez (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>): 1 – jemný materiál, 2 – hrubý materiál

1. 3. 1. 3 Betonové jezy

Podle uspořádání a tvaru přelivné stěny rozlišujeme pevné jezy se strmou přelivnou stěnou (již zastaralé), a pevné jezy se šikmou přelivnou stěnou (Obr. č. 9), které odpovídají dnešním hydraulickým požadavkům. Podjezí i koruna jezu se zpravidla opatřují dlažbou.

Dříve stavěné betonové jezy se vyznačovaly krátkým podjezím a přepadem tvořeným např. podle sinusoidy nebo kruhového oblouku. V dnešní době považujeme vlastní těleso a podjezí jako celek, jehož uspořádání musí vyhovovat jak podmínkám statickým tak i hydraulickým (Jermář, 1959).



Obr. č. 9 Betonové jezy (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>): a.) se strmou přelivnou stěnou, b.) se šikmou přelivnou stěnou

1. 3. 2 Pohyblivé jezy

Pohyblivé jezy se navrhují, tam kde je potřeba zajistit ustálenou hladinu vody ve zdrži nezávisle na průtoku. Spodní část pohyblivých jezů je budována z betonu a pohyblivá konstrukce je z oceli. Hradící konstrukce u pohyblivých jezů se navrhuje jako pohyblivá, tudíž lze ovládat výšku hladiny nad jezem. S hradící konstrukcí je možné dle potřeby pohybovat (zvedat, spouštět, sklápět, otáčet, apod.). Pohyblivé jezy jsou investičně, konstruktivně, stavebně a také provozně náročnější.

Aby bylo možné provádět údržbu a opravy jezových uzávěrů, tak se navrhují minimálně dvě jezová pole. Jedno jezové pole je navrhováno pouze ve výjimečných situacích (např. na malých tocích). Protože je výhodná symetrická manipulace s jezovými uzávěry je vhodné navrhovat lichý počet polí (Medřický, 2009).

Hlavní části pohyblivého jezu:

- spodní stavba jezu (těleso jezu, dno a práh vývaru),
- jezové pilíře (rozděluje jez na jezová pole),
- pohyblivé uzávěry jezových polí.

Pohyblivé jezy se rozdělují:

- podle způsobu ovládnání: na rozebíratelné a hydrostatické,
- podle funkce: na jezy poloautomatické, automatické a jezy s trvalou obsluhou,
- podle způsobu pohybu hradících těles dělíme pohyblivé jezy: na hradidlové, hradlové, pokloповé, stavidlové, segmentové, válcové a jezy hydrostatické.

2. Hydrotechnické výpočty pevných jezů

Na základě hydrotechnických výpočtů se stanovují základní parametry jezu.

2.1 Ustálený pohyb kapaliny v otevřených korytech

Ustálený pohyb v otevřeném korytě může být rovnoměrný nebo nerovnoměrný. Jejich numerické řešení se však liší.

Rovnoměrné proudění kapaliny v otevřeném korytu může vzniknout pouze za určitých podmínek, a to při:

- spádu stálém průtočném množství ($Q = konst$),
- stálém příčném průřezu ($f = konst$),
- stálém hydraulickém spádu rovném ve vyšetřovaném případě spádu dna koryta ($i = konst$),
- stejné drsnosti omočeného povrchu koryta po jeho délce,
- proudění bez místních odporů.

Tyto podmínky jsou nejčastěji splňovány v umělých vodních tocích (Agroskin, 1993).

Pro výpočet střední rychlosti se použije Chézyho rovnice:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i} \quad [\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (1)$$

kde: v je rychlost $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$,

C je rychlostní součinitel $[\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}]$,

R je hydraulický poloměr $[\text{m}]$,

i je sklon hladiny,

Pro průtok je možné psát ve tvaru rovnice kontinuity:

$$Q = S \cdot C \cdot \sqrt{R \cdot i} = K \cdot \sqrt{i_0} \quad (\text{Broža, 1993}), \quad (2)$$

kde: Q je průtok v korytě $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$,

S je průtočná plocha $[\text{m}^2]$,

C je rychlostní součinitel $[\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}]$,

R je hydraulický poloměr [m],

i je sklon hladiny,

K je modul průtoku [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

i_0 je sklon dna koryta.

Modul průtoku $K = f \cdot C \cdot \sqrt{R}$ značí průtočnou charakteristiku kanálu při daném naplnění.

Při daném sklonu dna i_0 a stupni drsnosti n je průtok v korytě Q závislý na hloubce vody h . Závislost $Q = Q(h)$ se graficky znázorňuje pomocí konsumpční křivky. Z konsumpční křivky je možno k danému h najít odpovídající průtok Q anebo naopak (Agroskin, 1955).

Vzorce pro členy Chézyho rovnice pro lichoběžníkové koryto (Agroskin, 1955):

- průtočná plocha koryta:

$$S = b \cdot h + m \cdot h^2 \quad [\text{m}^2] \quad (3)$$

kde: b je šířka koryta ve dně [m]

h je hloubka vody [m],

m je sklon svahů 1:m,

Svahy koryta se často opevňují kamenným pohozením nebo vegetací, někdy i dlažbou. V zeminách a ve šterkopísku je obvykle $m = 1,5$ až 3 , pro svahy opevněné kamenným pohozením $m = 2,5$ až 3 , dlažbou $m = 1$ až 2 a pro opevnění kamennou rovinou $m = 1$.

- rychlostní součinitel:

$$\text{Manning} \quad C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} \quad (4)$$

$$\text{Pavlovskij} \quad C = \frac{1}{n} \cdot R^y, \quad (5)$$

kde: n je drsnostní součinitel,

$$y = 2,5 \cdot \sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (n - 0,1),$$

Podle Pavlovského můžeme mocnitele y nahradit přibližně dvěma jednoduchými výrazy:

$$\text{při } R < 1 \text{ m} \quad y \approx 1,5 \cdot \sqrt{n},$$

$$\text{při } R > 1 \text{ m} \quad y \approx 1,3 \cdot \sqrt{n},$$

- drsnostní součinitel (Tab. č. 1):

Tab. č. 1 Určení drsnostního součinitele n dle Manninga:

Druh koryta	n min.	n stř.	n max.
Rovinné toky			
a) čisté, přímé, zaplněný profil, bez peřejí a tůní	0,025	0,030	0,033
b) totéž, ale s přítomností kamenů a plevele	0,030	0,035	0,040
c) zakřivená trasa, čisté koryto s tůněmi a peřejemi	0,033	0,040	0,045

Při různých drsnostech na omočeném obvodu koryta se drsnostní součinitel n počítá pomocí váženého průměru

$$n = \frac{\sum O_i \cdot n_i}{O} \quad (6)$$

- hydraulický poloměr:

$$R = \frac{S}{O} \text{ [m]}, \quad (7)$$

kde: S je průtočná plocha koryta [m^2],

O je omočený obvod koryta [m],

- omočený obvod:

$$O = b + 2 \cdot h \sqrt{1 + m^2} \text{ [m]}. \quad (8)$$

2.2 Přepady

Konstrukci, která vodu vzdouvá a přes kterou voda přepadá, nazýváme přeliv. Nejvyšší část přelivu je přelivná hrana neboli koruna přelivu. Přelivy mohou být pevné nebo pohyblivé.

Jev, probíhající na přelivné konstrukci, která má zjednodušeně tvar stěny, nazýváme přepad. Přepad lze definovat jako výtok kapaliny otvorem, který je nahoře

otevřený nebo otvorem v němž hladina nedosahuje k jeho hornímu obrysu (Lukášek, 2014).

U pevných přelivů je výška přelivné hrany konstantní.

Charakteristickými parametry přeřadu jsou šířka přeřadu b , výška přeřadového paprsku h , šířka koruny t a její tvar (Agroskin, 1956).

Dělení přeřadů (Agroskin, 1956):

podle jejich profilu:

přeřad přeř širokou korunu (vzniká, když je tloušťka stěny t dvakrát až třikrát větší než výška přeřadu, tj. $t > (2 \div 3)h$),

přeřad s ostrou přeřadovou hranou (vzniká při $t < 0,67h$),

- obdélňikový - bez boční kontrakce (Bazinův přeřliv), ($b = B$),
- s boční kontrakcí (Ponceletův přeřliv), ($b < B$),
- trojúhelníkový (s vrcholovým úhlem 90° - Thomsonův přeřliv),
- lichoběžňikový (s bočními stěny 4:1 – Cipolettiho přeřliv),

přeřad přeř jezový přeřliv ($0,67h < t < 2h$)

- obdélňikový ($t \leq 0,67h$ nebo $0,67h < t < 2$)
- lichoběžňikový

přeřad s proudnicovou přeřadovou plochou (koruna je zaoblená),

podle půdorysného tvaru:

- přímé (umístěné kolmo k ose toku),
- šikmé,
- boční (umístění vodorovně s osou toku),
- lomené,

podle přítoku k přeřadu jsou:

- přeřady bez bočního zúžení ($b = B$),
- přeřady s bočním zúžením ($b < B$),

kde: b je šířka přeřadu [m],
 B je šířka koryta [m],

podle napojení přepadající kapaliny do dolní vody rozlišujeme přepady:

- vynořené (dolní voda nemá vliv na přepadové množství),
- ponořené (dolní voda snižuje přepadové množství).

2. 2.1 Odvození rovnice přepadu

Přepad se z hydraulického hlediska počítá jako výtok kapaliny otvorem ve stěně.

(Kunštátský, 1971) Kapalina vytéká ustáleně z nádoby otvorem v boční svislé stěně. Na hladinu i na vytékající paprsek působí atmosférický tlak p_0 . Přítoková rychlost v nádobě $v_0 = Q/S$, zkráceně $\frac{v_0^2}{2.g} = k$,

kde: S je průtočná plocha nádoby [m^2],

Q je průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$],

k je přítoková rychlostní výška,

g je gravitační zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

Výtokový otvor rozdělíme na vodorovné proužky výšky dz , jejichž hloubka pod hladinou je z . Podle Bernoulliho rovnice pro bod na hladině a bod v hloubce z pod hladinou

$$z + \frac{p_0}{\rho.g} + k = \frac{p_0}{\rho.g} + \frac{u^2}{2.g} \quad (9)$$

kde: z je hloubka bodu pod hladinou [m],

p_0 je atmosférický tlak [Pa],

ρ je hustota kapaliny [$kg \cdot m^{-3}$],

u je výtoková rychlost.

Výtoková rychlost u se mění od proužku k proužku. S ohledem na ztráty musíme zavést ještě rychlostní součinitel φ :

$$u = \varphi \sqrt{2.g.(z + k)},$$

průtok elementárním proužkem:

$$dQ = u . \varepsilon . dS = \mu . \sqrt{2g(z + k)} y . dz,$$

kde jsme zavedli výtokový součinitel:

$$u = \varepsilon \cdot \varphi.$$

Celkový průtok:

$$Q = \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot \int_{h_1}^{h_2} (z + k)^{1/2} \cdot y \cdot dz.$$

kde: μ je součinitel přepadu [-].

Pro další postup je nutno znát tvar otvoru. Nejčastěji to bývá obdélník o šířce $y = konst. = b$. Pak:

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \int_{h_1}^{h_2} (z + k)^{1/2} dz = \frac{2}{3} \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} [(h_2 + k)^{3/2} - (h_1 + k)^{3/2}]. \quad (10)$$

kde: h_1 je polohová výška průřezu č. 1,

h_2 je polohová výška průřezu č. 2.

Přelivy se navrhují na maximální přelivnou výšku h_{max} odpovídající návrhovému průtoku Q_{max} .

2. 2. 2 Ostrohranné přelivy

Jsou to přepady s tloušťkou přelivné stěny menší než 0,67h.

Odvození závislosti přepadajícího množství vody Q na přepadové výšce h vychází z rovnice (9). Integrační meze ve vzorci jsou $h_1 = 0$ a $h_2 = 0$:

Weissbachova rovnice

$$Q = \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \int_0^n \sqrt{h + k_1} \cdot dh = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} [(h + k_1)^{3/2} - k_1^{3/2}] \quad (11)$$

Hodnota $k^{3/2}$ bývá oproti $(h + k_1)^{3/2}$ velmi malá, proto se využívá zjednodušeného tvaru

$$\frac{2}{3} \cdot \mu \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} (h + k_1)^{3/2},$$

kde místo $\frac{2}{3} \cdot \mu$ píšeme m , a místo $(h + k_1)^{3/2}$ píšeme $h^{3/2}$.

V praktickém použití je výhodnější počítat přepadové množství podle Bazina
 $Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$ (Broža, 1993). (12)

kde: Q je průtokové množství [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

m je součinitel přepadu [-],

h je výška hladiny nad přelivem [m].

Obdélníkové přelivy:

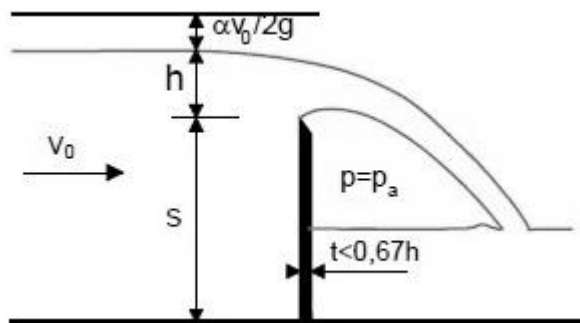
Přepadové množství se u obdélníkových přelivů počítá podle Bazinovy rovnice (12).

a. Součinitel přepadu m dle Bazina (Kolář, 1966):

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \cdot \left[1 + 0,55 \cdot \left(\frac{h}{h+s}\right)^2\right] \quad (13)$$

kde: h je výška horní hladina nad přelivnou stěnou [m],

s je výška přelivné stěny [m].



Obr. č. 10 Bazinův přeliv

Bazinův přeliv je překážka přes celé koryto toku. Musí se zde řešit odvzdušnění.

b. Součinitel přepadu m dle Ponceleta:

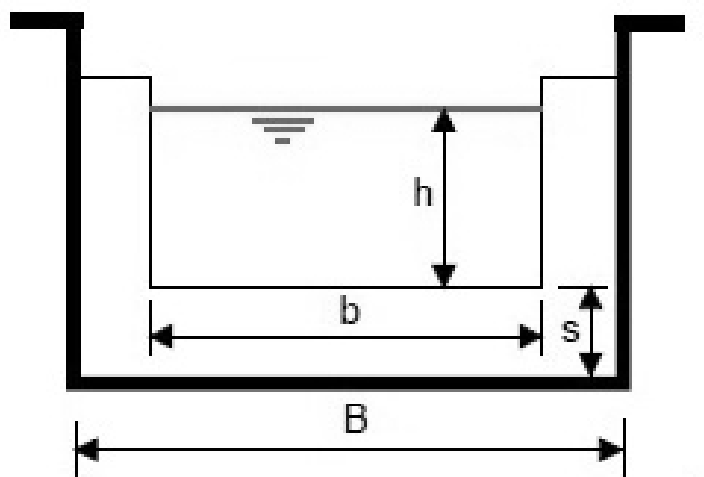
$$m = \left[0,405 + \frac{0,027}{h} - 0,030 \cdot \left(1 - \frac{b}{B}\right)\right] \cdot \left[1 + 0,55 \cdot \left(\frac{b}{B}\right)^2 \cdot \left(\frac{h}{h+s}\right)^2\right] \quad (14)$$

kde: b je šířka přelivu [m],

B je šířka koryta toku [m],

h je výška hladiny [m],

s je výška přelivu [m].



Obr. č. 11 Ponceletův přeliv

Trojúhelníkový přeliv:

Používá se pro měření malých průtoků. Pro výpočet přepadového množství přes trojúhelníkový přeliv platí:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot \sqrt{2g} \cdot \left(\tan \frac{\alpha}{2} \right) \cdot h^{5/2} \quad (15)$$

kde: μ je součinitel přepadu [-],

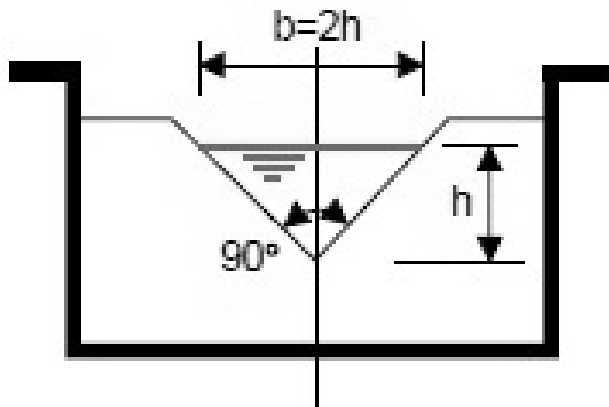
α je vrcholový úhel,

h je přepadová výška [m].

Speciálním typem trojúhelníkového přelivu je Thomsonův přeliv (Obr. 12). U tohoto přelivu platí, úhel $\alpha = 90^\circ$ a šířka přepadu $b = 2h$. Pro výpočet přepadového množství tedy platí (<http://www.utok.cz>):

$$Q = 1,4 \cdot h^{5/2} \quad (16)$$

kde: h je výška hladiny [m].



Obr. č. 12 Thomsonův přeliv

Pro výpočet přepadového množství dle Kinga musí platit $0,55 < h < 0,55 \text{ m}$; $s > 3h$ a $B > 8 \text{ m}$

$$Q = 1,343 \cdot h^{2,47} \quad (17)$$

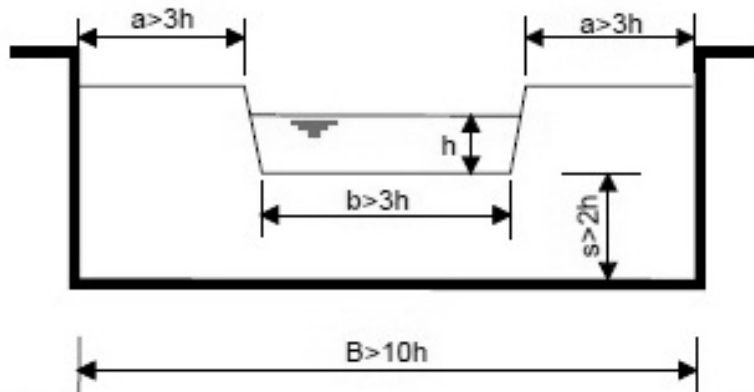
kde: h je výška hladiny [m].

Lichoběžníkový přeliv:

Cipolettiho přeliv se šířkou koryta $B > 3h$

$$Q = 1,86 \cdot b \cdot h^{3/2} \quad (18)$$

kde: h je výška hladiny [m].



Obr. č. 13 Cipolettiho přeliv

2. 2. 3 Jezové přelivy

Jsou to přepady s tloušťkou přelivné hrany větší než $0,67h$ a zároveň menší než $2h$ ($0,67h < t < 2h$).

Přepadové množství se počítá podle Bazinovy rovnice (12). Součinitel přepadu pro tento typ přelivu je uveden v kapitole 2. 3. 1.

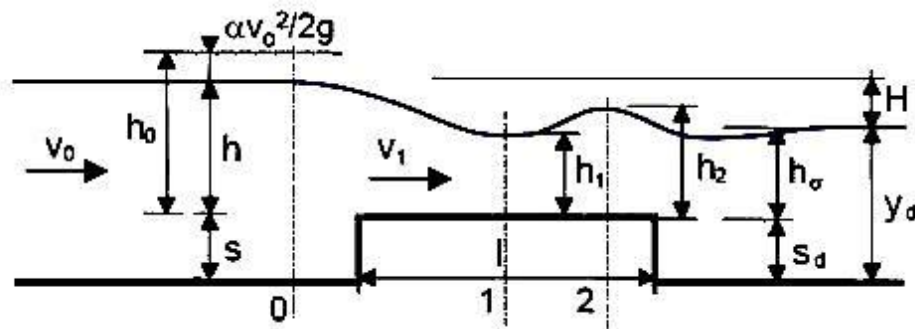
Typy jezových přelivů

- obdélníkový
- lichoběžníkový

2. 2. 4 Přepad přes širokou korunu

Jsou to přepady s tloušťkou přelivné stěny dvakrát až třikrát větší než je výška přepadu ($t > (2 \div 3)h$).

Přepadové množství se počítá podle Bazinovy rovnice (12).



Obr. č. 14 Přepad přes širokou korunu

2. 2. 5 Přepad s proudnicovou přepadovou plochou

Tyto přepady se využívají především u sypaných hrází jako bezpečnostní přeliv.

Přepady s proudnicovou přepadovou plochou se rozdělují podle přelivných ploch:

- na tlakové,
- beztlakové,
- podtlakové (Agroskin, 1956).

Přepadové množství u těchto přepadů se počítá podle rovnice (12), (Kunštátský, 1971).

2. 2. 6 Dokonalý přepad

Dokonalý přepad nastává, když je hladina dolní vody níže, než je přelivná hrana ($s_d + h_2 \geq y_d$), (Kunštátský, 1971).

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_0^{3/2} \quad (19)$$

kde: Q je průtok [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$],

m je součinitel přepadu,

b je délka přelivné hrany [m],

h_0 je polohová výška [m],

$$h_0 = h + k,$$

k je rychlostní výška vody před jezem,

$$k = v^2 / 2g,$$

s_d je výška přelivu [m],

h_2 je maximální výška vody nad přelivnou hranou [m],

y_d je výška hladiny pod přelivnou hranou [m].

2. 2. 7 Nedokonalý přepad

Nedokonalý přepad nastává tehdy pokud, je hladina dolní vody výše než je přelivná hrana tělesa ($s_d + h_2 < y_d$ resp. $h_2 < h_\sigma$), (Kunštátský, 1971)

$$Q = \sigma \cdot m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_0^{3/2} \quad (20)$$

kde: σ_z je součinitel zatopení přepadu $\sigma_z < 1$ (Tab.č. 2).

Tab. č. 2 Vliv dolní vody na přepad (Kunštátský, 1971):

t/h_0	0,400	0,500	0,600	0,650	0,700	0,750	0,800
σ	0,990	0,980	0,960	0,940	0,906	0,858	0,790
t/h_0	0,850	0,900	0,920	0,940	0,950	1,000	
σ	0,699	0,575	0,515	0,499	0,412	0	

kde: t je výška dolní hladiny nad přelivnou hranou [m],

h_0 je výška horní hladiny nad přelivnou hranou [m].

2. 3. Součinitel přepadu

Součinitel přepadu vyjadřuje vliv tvaru jezového tělesa. Závisí na přepadové výšce a na uspořádání, drsnosti a tvaru přelivné plochy. Jeho hodnoty jsou uváděny v odborné literatuře (Čihák, 2001).

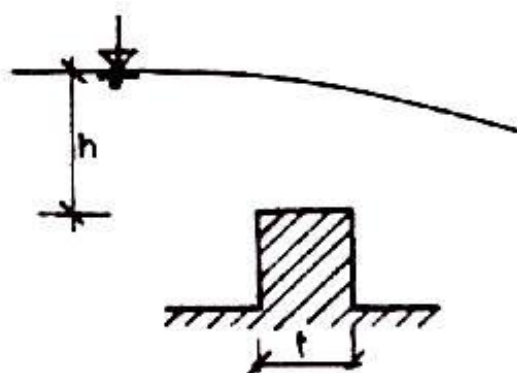
Níže jsou uvedeny hodnoty součinitele přepadu pro různé tvary přepadů.

Obdélníkový tvar (Obr. č. 15), (Tab. č. 3)

- pro $t \leq 0,67h$ je součinitel přepadu $m \cong 0$,
- pro $0,67h < t < 2h$ závisí na poměru h/t ,

kde: t je tloušťka přepadu [m],

h je výška hladiny nad přepadem [m].



Obr. č. 15 Obdélníkový tvar přepadu (Čihák, 2001)

Tab. č. 3 Součinitel přepadu m pro obdélníkový tvar přelivu:

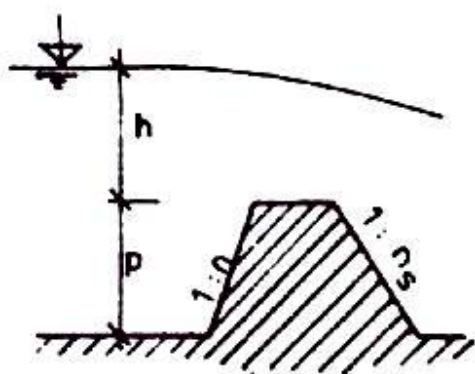
h/t	0,1	0,33	0,5	1,0	1,5	2,0
m	0,3	0,32	0,33	0,37	0,41	0,42

Lichoběžníkový tvar (Tab. č. 4, 5, 6, 7, 8)

Součinitel přepadu závisí na poměru h/p a na sklonu přelivných ploch,

- vysoké jezy (Obr. č. 12) $p > 5m$ ($n \leq 0,5$, $n_s \leq 0,5$),

kde: p je výška jezu [m].



Obr. č. 16 Vysoké jezy (Medřický 2009)

Tab. č. 4 Součinitel přepadu m pro vysoké jezy lichoběžníkového tvaru:

h/p	$0,5 < h/p < 1$	$1 < h/p < 2$	$h/p > 2$
m	0,35	0,38	0,42

- střední jezy (Obr. č. 17) $2 < p < 5 m$,



Obr. č. 17 Střední jezy (Medřický, 2009): vlevo – střední jez se skloněnou návodní stranou, vpravo – střední jez se skloněnou vzdušnou stranou

Tab. č. 5 Součinitel přepadu m pro střední jezy se skloněnou návodní stranou:

h/p		0,5<h/p<1	1 < h/p < 2	h/p > 2
m	n = 1	0,40	0,42	0,44
	n = 2	0,38	0,41	0,43

Tab. č. 6 Součinitel přepadu m pro střední jezy se skloněnou vzdušnou stěnou:

h/p		0,5<h/p<1	1 < h/p < 2	h/p > 2
m	n = 1	0,37	0,40	0,42
	n = 2	0,38	0,38	0,40

- nízké jezy $p < 2 m$,

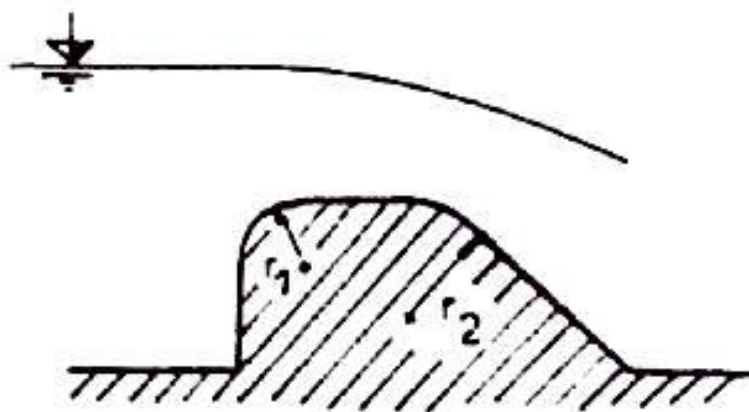
Tab. č. 7 Součinitel přepadu m pro nízké jezy se skloněnou návodní stranou:

h/p		0,5<h/p<1	1 < h/p < 2	h/p > 2
m	n = 3	0,35	0,37	0,39
	n = 5	*	0,35	0,37
	n = 10	*	0,35	0,35

Tab. č. 8 Součinitel přepadu m pro nízké jezy se skloněnou vzdušnou stranou:

h/p		0,5<h/p<1	1 < h/p < 2	h/p > 2
m	n = 3	0,38	0,40	0,42
	n = 5	0,36	0,38	0,40
	n = 10	*	0,36	0,38

- u prahu s kruhově zaoblenými hranami (Obr. č. 18) se součinitel přepadu zvýší na $m = 0,47$.



Obr. č. 18 Prah s kruhově zaoblenými hranami (Čihák, 2001)

Proudnicový tvar

Kunštátský (1971) uvádí, že podle Smetanových pokusů je součinitel přepadu pro proudnicový tvar přelivu:

$$m = 0,49 + \left(0,63 + 0,37 \cdot \sqrt{\frac{h}{h_{max}}} \right) \quad (21)$$

kde: h je výška přepadajícího paprsku [m],

h_{max} je maximální výška přepadajícího paprsku [m], při kterém $\mu = 0,735$ a $m = 0,49$ (Kunštátský, 1971).

Přepad přes širokou korunu

Součinitel přepadu pro tento přepad se pohybuje v rozmezí $m = 0,30$ až $0,38$ (Medřický, 2009).

Tab. č. 9 Součinitel přepadu pro přepad přes širokou korunu (Čihák, 2001):

přepad	m
přepad beze ztrát	0,38
zaoblená celá vstupní část prahu	0,36
zaoblená vstupní hrana prahu	0,35
skloněná vstupní hrana prahu	0,33
ostrá vstupní hrana	0,32
ostrá vstupní hrana a drsný práh	0,30

2.4 Návrhový průtok

Pro nadimenzování jezové stavby je nutno nejprve určit návrhový průtok Q_N jezu (Broža, 1993). Návrhový průtok Q_N , je takový průtok který musí být bezpečně převeden jezovým profilem (Medřický, 2009).

Velikost Q_N se volí stejná jako kapacita toku nad navrhovaným objektem (Čihák, 2001).

Kromě návrhového průtoku jezu se stanovuje ještě návrhový průtok jezového profilu, což je návrhový průtok jezu + návrhový průtok bermy nebo inundačního území (Broža, 1993).

Berma je část koryta, zaplavovaná při vyšších průtocích. Inundačního území je zaplavené území přilehlého vodního toku při povodni (pmo.cz).

Je-li jez navrhován v upraveném korytě, musí návrhový průtok jezu dosahovat minimálně hodnoty návrhového průtoku koryta. U neupravených koryt se obvykle za návrhový průtok uvažují hodnoty v Tab. č. 10 v závislosti na charakteru území (Broža, 1993).

Tab. č. 10 Návrhové průtoky v závislosti na charakteristice území (Broža, 1993):

Charakteristika území ležícího v dosahu inundace Q_{100} , nebo ohroženého při protržení jezu při velké vodě:	Návrhový průtok jezového profilu Q_N
1. Sídliště, důležité průmyslové podniky a dopravní stavby	Q_{100}
2. Průmyslově – zemědělská oblast	Q_{50}
3. Zemědělská oblast	Q_1 až Q_{20}
4. Lesní a luční oblast	do Q_{10}

2.5 Specifický průtok

Specifický průtok q udává, kolik m^3 přepadá za sekundu přes 1 m délky přelivné plochy. Čím větší je specifický průtok tím pečlivěji je nutno navrhnout tvar přelivné plochy.

$$q = \frac{Q}{b} \quad [m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}], \quad (22)$$

kde: Q je přelivné množství [m^3/s],

b je délka přelivné plochy [m].

2.6 Průtočná kapacita jezu

Kapacitou jezu Q_S nazýváme průtok, který proteče jezovým profilem při všech vyhrazených polích při hladině stálého nadržení.

Při výpočtu šířky přelivu se vychází z požadovaného průtoku. Pro určení průtoku přepadajícího přes jez používáme vztahy:

- pro dokonalý přepad rovnice (19),
- pro nedokonalý přepad rovnice (20), (Medřický, 2009).

Dokonalý přepad nastává (když je dolní voda níž než přelivná hrana), když je podíl výšky horní hladiny vody nad přelivem a výšky přelivu větší, než je podíl rozdílu výšek hladin (horní a dolní) a výšky přelivu.

$$h/s_d > H/s_d \quad (23)$$

kde: h je výška horní hladiny vody nad přelivem [m],

s_d je výška přelivu [m],

H je rozdíl výšek horní a dolní hladiny [m].

Nedokonalý přepad nastává (když je dolní voda výš než přelivná hrana), pokud je podíl výšky horní hladiny vody nad přelivem a výšky přelivu menší, než je podíl rozdílu výšek horní a dolní hladiny a výšky přelivu.

$$h/s_d < H/s_d. \quad (24)$$

2.7 Počet jezových polí

Pevný jez má zpravidla přepadovou hranu přes celou šířku koryta. Při návrhu šířky jezového pole je rozhodující stanovení kóty jeho přepadové hrany. Celková šířka jezového pole B má být přibližně stejná jako šířka koryta toku ve dně.

2.8 Podjezí

Podjezí se navrhuje kvůli nepříznivým účinkům přepadu vody přes jez. Dno pod jezem není schopné odolávat kinetické energii přepadajícího paprsku. A proto je potřeba tuto energii utlumit v prohloubeném vývaru nebo bezvývarovým způsobem těsně pod jezem. Přepadem vody přes stavbu jezu vzniká bystřínné proudění, které

pod jezem následně přechází do proudění říčního a vzniká vodní skok (Medřický, 2009).

Vhodné podmínky pro vytvoření vodního skoku docílíme tím, že za jezem vytvoříme vyhloubený vývar (Obr. č. 19).

Mezi hloubkami bystrinného proudění (y_1) a říčního proudění (y_2) existuje vztah vycházející z Bernoulliho rovnice:

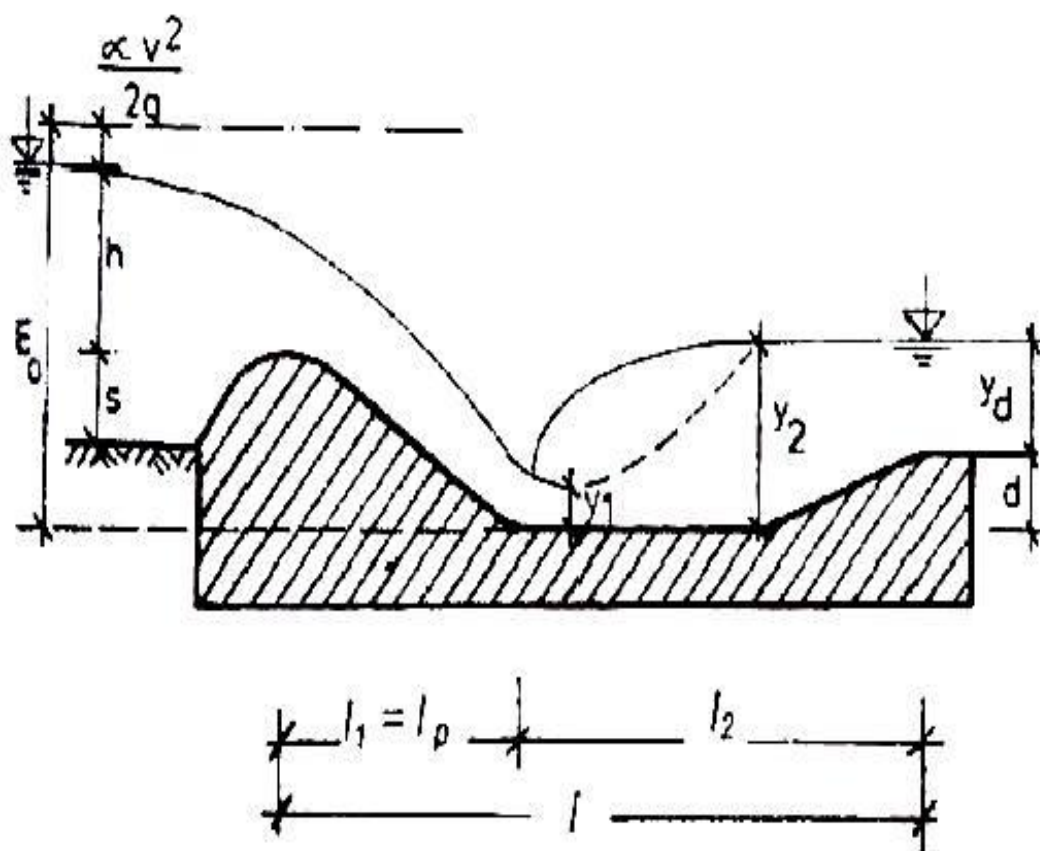
$$E_0 = y_1 + \frac{\alpha \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot \varphi^2} = y_1 + \frac{\alpha \cdot q^2}{2 \cdot g \cdot y_1^2 \cdot \varphi^2} \quad (25)$$

kde: E_0 je energická výška [m],

φ je rychlostní součinitel vyjadřující podíl skutečné a teoretické rychlosti (Tab. č. 11),

y_1 je výška hladiny v nejnižším místě vývaru [m],

q je specifický průtok na 1m šířky přepadu [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$].



Obr. č. 19 Vývar (Čihák, 2001)

Tab. č. 11 **Hodnoty rychlostního součinitele φ (Medřický 2009):**

Popis proudění	φ
Výtok kapaliny pod stavidlem - paprsek není podepřen	0,97 ÷ 1,0
- paprsek je podepřen	0,95 ÷ 1,0
Přepad přes jezové těleso proudnicového tvaru	
- nízký profil (krátká přelivná plocha)	1,0
- střední profil (cca do 15m, dlouhá přelivná plocha)	0,95
- vysoký profil (cca do 25 m, dlouhá přelivná plocha)	0,90
Přepad přes pevný jez se širokou korunou	0,85 ÷ 0,95
Přepad přes pevný jez s neplavným obrysem přepadové koruny	0,80 ÷ 0,90

Podle Čiháka (2001) lze z věty o změně hybnosti pro koryto obdélníkového tvaru stanovit druhou hloubku y_2 :

$$y_2 = \frac{y_1}{2} \cdot \left[-1 + \sqrt{1 + \frac{0,81 \cdot q^2}{y_1^3}} \right] \quad [\text{m}]. \quad (26)$$

Pokud je hloubka dolní vody pod jezem y_d rovna druhé vzájemné hloubce y_2 je splněna podmínka pro vznik vodního skoku a vznikne přilehlý vodní skok. Jestliže bude $y_d < y_2$ vodní skok v podjezí nevznikne a bystrinné proudění v podjezí pokračuje dál. V dalším případě může být $y_d > y_2$, potom dochází k zahlcení vodního toku a vytvoří se vzdutý vodní skok.

Hloubku vývaru d stanovíme hydraulickým výpočtem ze vztahu

$$d = \sigma \cdot y_2 - y_d, \quad (27)$$

kde: σ je součinitel určující doporučenou míru vzdutí stabilního přilehlého vodního skoku $\sigma = 1,05$ až $1,1$.

Pokud výpočtem stanovený hloubka vývaru je velmi malá je nutné navrhnout minimální konstrukční vývar alespoň 0,5 m hluboký.

Pro návrh vývaru je možné použít vzájemného vztahu měrné křivky koryta pod jezem $q = f(y_d)$ a křivky vyjadřující vliv druhé vzájemné hloubky a průtoku $q = f(y_2)$. Hloubka vývaru tedy navrhuje pro návrhový průtok q_n jako $y = y_2 - y_d$.

$$\text{Délka vývaru } l \text{ se vypočítá } l = l_1 + l_2 \quad (28)$$

kde: l je vodorovná vzdálenost od přelivné hrany jezu po konec prahu vývaru [m],

l_1 je délka dopadu přepadajícího paprsku [m],

l_2 je aktivní délka vývaru [m].

Délka dopadu přepadajícího paprsku l_1 závisí na tvaru a výšce konstrukce a na průtoku. Její velikost lze stanovit podle následujících vztahů:

- ostrohranný přeliv

$$l_1 = 0,3 \cdot h_0 + 1,63 \cdot \sqrt{h_0(s + 0,335 \cdot h_0)} \quad (29)$$

- lichoběžníkový tvar přelivu

$$l_1 = 0,3h_0 + 1,65 \cdot \sqrt{h_0(s + 0,32h_0)} \quad (30)$$

- přepad přes širokou korunu

$$l_1 = 1,64 \cdot \sqrt{h_0(s + 0,24 \cdot h_0)} \quad (31)$$

- stupeň ve dně

$$l_1 = 2 \sqrt{h_k \left(s + \frac{h_k}{2} \right)} \quad \text{kde} \quad h_k = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} \quad (32)$$

- proudnicový tvar

$$l_1 = l_p$$

kde: l_p je vodorovná vzdálenost mezi korunou přelivu a patou jezového tělesa proudnicového tvaru [m].

Aktivní délka vývaru l_2 je dána délkou vodního skoku. Nejčastěji používaný vztah má tvar:

$$l_2 = n \cdot l_s \quad (33)$$

kde: l_s je délka vodního skoku [m],

n je empirický součinitel (přibližně 0,8 až 0,85),

U nás je pro výpočet aktivní délky vývaru používán vztah

$$l_2 = K \cdot (y_2 - y_1) \quad (34)$$

kde: K je součinitel závislý na poměru y_2/y_1 (Tab. č. 12), (Čihák, 2001).

Tab. č. 12 Hodnota součinitele K (Čihák, 2001):

y_2/y_1	3 až 4	4 až 6	6 až 20	> 20
K	5,5	5,0	4,5	4,0

Prohloubený vývar je zakončen prahem, jehož tvar má velký vliv na tvorbu výmolů za vývarem. Tvar prahu může výmol pouze zmenšit, neodstraní ho. Proto se snažíme oddálit výmol do neškodné vzdálenosti od konstrukce. Velikost výmolu je ovlivněna materiálem dna v korytě (Medřický, 2009).

2.9 Vzduť hladiny jezem

Vzduť hladiny nad jezem je následek výstavby jezu. Při návrhu jezu je snaha, aby změna hladiny proti původnímu stavu, hlavně při průchodu velkých vod, byla co nejmenší (Čihák, 2001).

3. Popis návrhu softwaru

Návrh softwaru je vytvořen v R. Je to programovací jazyk a zároveň softwarové prostředí. Softwarové prostředí označuje programy určené pro spouštění skriptů vytvořených v R. R je interaktivní, objektově orientovaný jazyk, který je určen pro analýzu dat.

Příkazy, které bude uživatel zadávat do R, jsou v této práci psány písmem Arial.

Hlavním skriptem programu je *KnihovnaFunkciProVypocet.R*, ve kterém jsou uloženy jednotlivé funkce. Který načteme po předchozím načtení pracovní plochy funkcí *source*.

V následující kapitole 3. 1 jsou uvedeny funkce které jsem použila, jejich název a parametry.

3.1 Popis jednotlivých funkcí

Použitím funkce *VyberPrepadu* po zadání h (výšky přepadového paprsku) a t (tloušťky stěny) získáme možný typ přepadu (Tab. č. 13) a jeho možné varianty, které můžeme pro zadané hodnoty vybrat (viz. Příklad 1).

Tab. č. 13 Typy přepadu

Název souboru	Název funkce v R	Parametry funkce
Bazin.R	Bazin	h, s, b
Poncelet.R	Poncelet	h, s, b, B
Thomson.R	Thomson	h
Cipoletti.R	Cipoletti	h, b, B
JezovyObdelnikovy.R	JezovyObdelnikovy	h, b, t
JezovyLichobeznikovy.R	JezovyLichobeznikovy	h, b, p, n, n_s
SirokaKoruna.R	SirokaKoruna	$h, b, TypKorunyPrelivu,$

Názvy parametrů jednotlivých funkcí jsou uvedeny v tabulce č. 14.

Tab. č. 14 Názvy parametrů

Parametr	Název parametru
h	výška hladiny [m]
s	výška přelivné stěny [m]
b	šířka přepadu [m]
B	šířka koryta toku [m]
t	tloušťka přepadu [m]
p	výška jezu [m]
n	sklon návodní strany jezu
n_s	sklon vzdušné strany jezu
typ_koruny_prelivu	Podle typu koruny přelivu program určí součinitel m (Tab. č. 9)

Jednotlivé soubory v sobě mají vloženy podmínky pro daný typ přepadu a vzorce pro výpočet průtokového množství.

3. 1. 1 Výběr přepadu

Vstupními hodnotami do funkce VyberPrepadu je výška hladiny h a tloušťka stěny t . Na základě těchto hodnot funkce vyhodnotí ze zadaných podmínek z kapitoly 2. 2 Přepady, jaký má být použit typ přelivu (Obr. č. 20).

```
> vyberPrepadu(h = 0.5,t = 0.25)
[1] "prepad pres ostrou hranu, mozne varianty: Bazin, Poncelet, Thomson, Cipoletti"
> vyberPrepadu(h = 1,t = 1)
[1] "prepad pres jezovy preliv, mozne varianty: jezovyobdelnikovy, jezovylichobeznikovy"
> vyberPrepadu(h = 1,t = 2)
[1] "prepad pres širokou korunu: širokakoruna"
```

Obr. č. 20 Výběr přepadu

3. 1. 1. 1 Bazinův přeliv

Parametry vstupující do funkce Bazin je výška hladiny h , výška přelivné stěny s a šířka přepradu b . Průtokové množství Q je vypočítáno z rovnice (12), pro který je zvláště vypočítán součinitel průtoku m z rovnice (13).

3. 1. 1. 2 Ponceletův přeliv

Funkce Poncelet je výpočet průtokového množství pro obdélníkové přelivy. Základními parametry je výška hladiny h , výška přelivné stěny s , šířka přepradu b , a šířka koryta B . Průtokové množství Q je počítáno ze stejné rovnice jako Bazin, z rovnice (12). Liší se pouze v součiniteli m , který je počítán z rovnice (14).

3. 1. 1. 3 Thomsonův přeliv

Výpočet funkcí Thomson je pro trojúhelníkové přelivy. Jejím vstupním parametrem je výška hladiny h . Pro tento přeliv platí, že vrcholový úhel je $\alpha = 90^\circ$ a šířka přepradu b je rovna $2h$. Průtokové množství je se počítá podle rovnice (16).

3. 1. 1. 3 Cipolettiho přeliv

Vstupními parametry funkce Cipoletti je šířka přepradu b , a výška hladiny h . Cipolettiho přeliv je přeliv se šířkou koryta $B > 3h$. Tato podmínka je vložena ve funkci, a pokud není splněna tak se výpočet zastaví a musí se upravit hodnoty vstupních parametrů. Průtokové množství se počítá podle rovnice (18).

3. 1. 1. 4 Jezový obdélníkový přeliv

Parametry, které vstupují do funkce JezovyObdelnikovy je šířka přepradu b , tloušťka přepradu t a výška hladiny h . Výpočet průtokového množství se počítá podle rovnice (12). V rovnici (12) se počítá se součinitelem přepradu m , který je pro tento typ přepradu definován v kapitole 2. 3 (Tab. č. 3). Součinitel přepradu m je podle podmínek v Tabulce č. 3, určen softwarem.

3. 1. 1. 5 Jezový lichoběžníkový přeliv

Základními parametry, které vstupují do funkce JezovyLichobeznikovy je výška hladiny h , šířka přepradu b , výška jezu p , sklon návodní strany n a sklon vzdušné strany n_s . Hned ze začátku nás funkce upozorňuje, že nesmíme mít zadané

zároveň n a n_s . Následně pak ze zadaných parametrů software určí součinitel m . Pokud zadané hodnoty neodpovídají žádné možnosti, software upozorní, která hodnota se má změnit. Průtokové množství se v této funkci počítá obdobně jako u funkce předchozí, tudíž z rovnice (12).

3. 1. 1. 6 Přepad přes širokou korunu

Vstupními parametry do funkce `SirokaKoruna` je výška přepadu h , šířka přepadu b , a `TypKorunyPrelivu`. `TypKorunyPrelivu` je definován jako funkce `Urceni_m`, ve které se nachází hodnoty a proměnné z Tabulky č. 9. `Typ`, který je vybrán se musí napsat do uvozovek. Průtokové množství se v této funkci počítá obdobně jako u funkce předchozí, tudíž z rovnice (12).

Návratovou hodnotou výše uvedených funkcí je hodnota Q .

3. 1. 2 Měrná křivka

Funkce `MernaKrivka` nám z předchozích funkcí na výpočet přelivu, vypočítá průtokové množství Q v závislosti na hloubce h .

Vstupními parametry funkce `MernaKrivka` (Obr. č. 21), je proměnná h , která udává rozmezí hloubek, ve kterém bude funkce počítat. Proměnná h je tříprvkový vektor, kde první vektor je minimální hodnota, druhý vektor je maximální hodnota kterou bude nabývat měrná křivka a třetí hodnotou je krok po kterém budou průtoky vypočítány. Dalším parametrem této funkce je `FUN`, ve kterém je zadán typ přelivu s jeho dalšími parametry (Tab. č. 14).

```
> h = c(0, 1, 0.1)
> MernaKrivka(h, Cipoletti, b = 0.5, B = 30)
      h      Q
1 0.0 0.00000000
2 0.1 0.02940918
3 0.2 0.08318173
4 0.3 0.15281459
5 0.4 0.23527346
6 0.5 0.32880465
7 0.6 0.43222494
8 0.7 0.54466568
9 0.8 0.66545383
10 0.9 0.79404792
11 1.0 0.93000000
```

Obr. č. 21 Výpočet měrné křivky

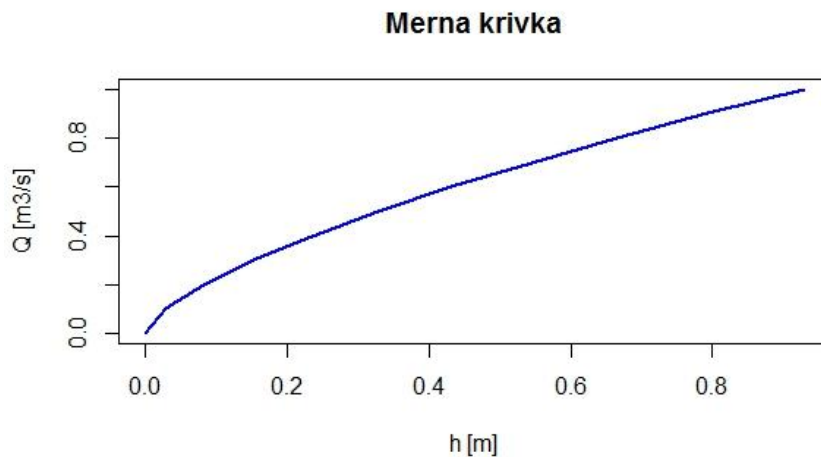
Jak je vidět na Obr. č. 21 funkce `MernaKrivka` nám vrací hodnotu `Merk`, která udává závislost průtokového množství na hloubce.

3. 1. 3 Graf měrné křivky

Funkce `GrafMerneKrivky` (Obr. č. 22) vytvoří graf závislosti průtoku Q na hloubce h (Obr. č. 23). V této funkci je možno libovolně měnit název grafu, popisy os x a y . Pozice sloupců, barva, typ čáry a tloušťka je pevně nastavena ve funkci. Ale i to lze libovolně měnit.

```
> G = Mernakrivka(h, Cipoletti, b = 0.5, B = 30)
> GrafMerneKrivky(Data = G)
```

Obr. č. 22 Funkce pro vykreslení měrné křivky



Obr. č. 23 Graf měrné křivky

3. 2 Příklady použití softwaru

Nejprve musím nastavit pracovní plochu pomocí funkce `setwd()`. Poté spustím v novém okně knihovnu funkcí pro výpočet pomocí funkce `source('KnihovnaFunkciProVypocet.R')`.

3. 2. 1 Příklad

Vypočítej průtokové množství pro obdélníkový přeliv, kde $h = 0,5$ m; $t = 0,25$ m; $b = 0.5$ m; $B = 4$ m a $s = 1$ m. A vykresli měrnou křivku přelivu.

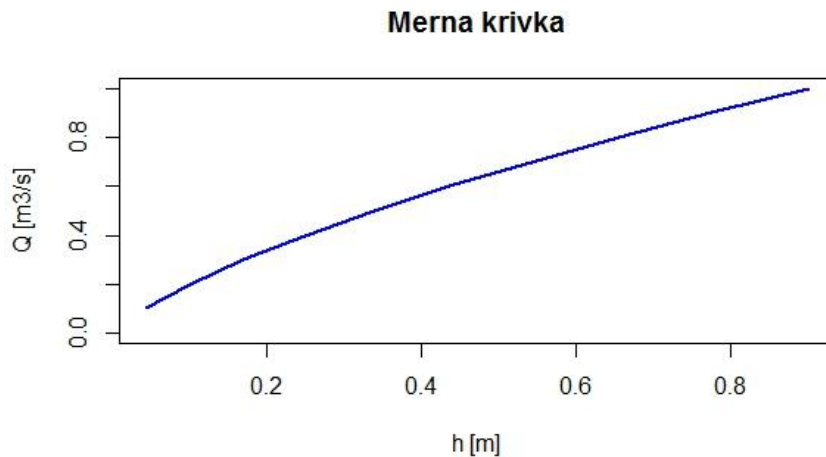
```

> vyberPrepadu(h = 0.5,t = 0.25)
[1] "prepad pres ostrou hranu, mozne varianty: Bazin, Poncelet, Thomson, Cipoleti"
> Poncelet(h = 0.5,s = 1,b = 0.5,B = 4)
[1] 0.3395003
> h = c(0, 1, 0.1)
> MernaKrivka(h, Poncelet, b = 0.5, B = 4,s = 1)
      h      Q
1 0.0  NaN
2 0.1 0.04546793
3 0.2 0.10189066
4 0.3 0.17084595
5 0.4 0.25046597
6 0.5 0.33950031
7 0.6 0.43704882
8 0.7 0.54242576
9 0.8 0.65508703
10 0.9 0.77458755
11 1.0 0.90055468
> G = MernaKrivka(h, Poncelet, b = 0.5, B = 4,s = 1)
> GrafMerneKrivky(G)

```

Obr. č. 24 Výpočet 1. Příkladu

Obrázek č. 24 znázorňuje postup výpočtu až k vytvoření grafu měrné křivky přelivu (Obr. č. 25). Funkce VyberPrepadu na základě h , a t vybere, který výpočet přepadu mám použít. Určil, že mám použít přepady před ostrou hranu, a jelikož je to obdélníkový přeliv tak je jasné že jsem zvolila funkci Poncelet. Po zadání vstupních parametrů se vypočítalo průtokové množství Q . Dále jsem zvolila v jakém má být rozmezí proměnná h . Funkce MernaKrivka vypočítala průtok Q v závislosti na proměnné h . Z funkce MernaKrivka jsem udělala proměnnou G , se kterou se následně uvažuje ve funkci GrafMerneKrivky. Tato funkce vykreslila graf měrné křivky (Obr. č. 25) počítaného přelivu.



Obr. č. 25 Graf měrné křivky příkladu č. 1

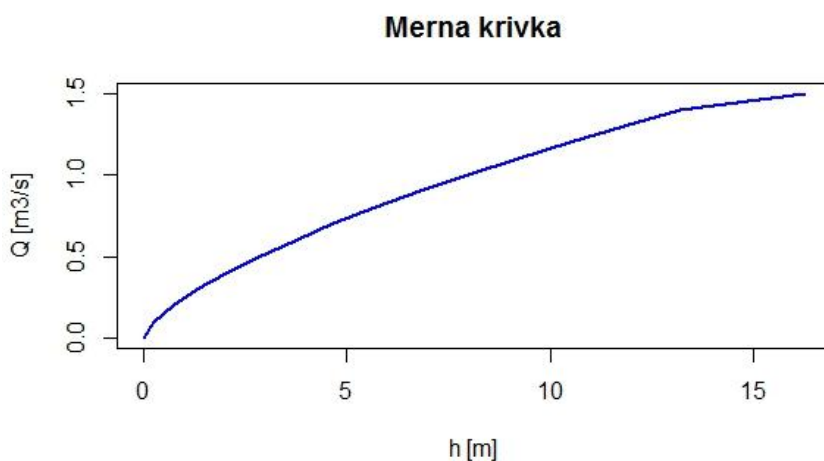
3. 2. 2 Příklad

Vypočítej průtokové množství pro jezový lichoběžníkový přeliv, kde $h = 1$ m; $t = 1$ m; $b = 5$ m; $p = 3$ m; a sklon návodní stěny $n = 1$. A vykresli měrnou křivku přelivu.

```
> VyberPrepadu(h = 1,t = 1)
[1] "prepad pres jezovy preliv, mozne varianty: JezovyObdelnikovy, JezovyLichobeznikovy"
> JezovyLichobeznikovy(h = 1,b = 5,p = 3,n = 1)
[1] 7.973004
> h = c(0, 1.5, 0.1)
> MernaKrivka(h, JezovyLichobeznikovy, b = 5, p = 3, n = 1)
  h      Q
1 0.0 0.0000000
2 0.1 0.2521285
3 0.2 0.7131272
4 0.3 1.3100983
5 0.4 2.0170283
6 0.5 2.8188828
7 0.6 3.7055176
8 0.7 4.6694859
9 0.8 5.7050176
10 0.9 6.8074705
11 1.0 7.9730045
12 1.1 9.1983734
13 1.2 10.4807865
14 1.3 11.8178109
15 1.4 13.2073005
16 1.5 16.2748272
> G = MernaKrivka(h, JezovyLichobeznikovy, b = 5, p = 3, n = 1)
> GrafMerneKrivky(G)
`
```

Obr. č. 26 Výpočet 2. Příkladu

Obrázek č. 26 znázorňuje postup výpočtu až k vytvoření grafu měrné křivky přelivu (Obr. č. 27). Funkce `VyberPrepadu` na základě h , a t vybere, který výpočet přepadu mám použít. Určil, že mám použít jezový přepad, a jelikož je to lichoběžníkový přeliv, tak je patrné, že jsem zvolila funkci `JezovyLichobenikovy`. Po zadání vstupních parametrů se vypočítalo průtokové množství Q . Dále jsem zvolila v jakém má být rozmezí proměnná h . Následný postup je popsán v Příkladu č. 1.



Obr. č. 27 Graf měrné křivky příkladu č.2

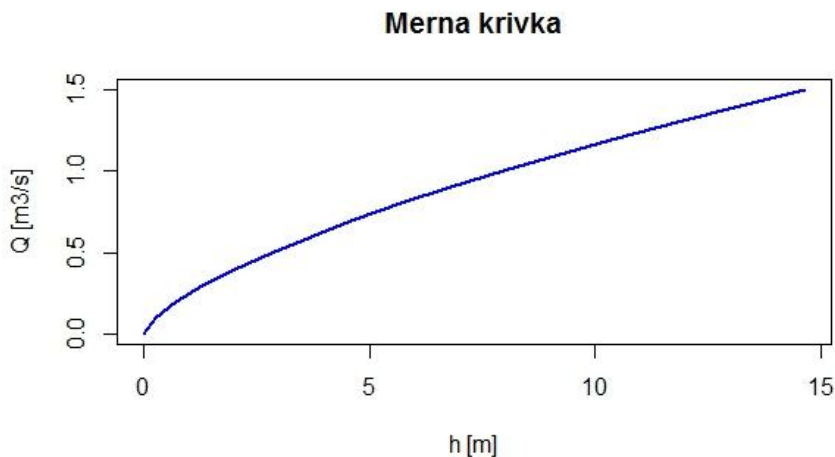
3. 2. 2 Příklad

Vypočítej průtokové množství přes širokou korunu, kde $h = 1$ m; $t = 2$ m; $b = 5$ m a $\text{TypKorunyPrelivu} = \text{zaobljena_cela_vstup_cast_prahu}$. A vykresli měrnou křivku přelivu.

```
> vyberPrepadu(h = 1,t = 2)
[1] "prepad pres širokou korunu: širokakoruna"
> širokakoruna(h = 1,b = 5,TypkorunyPrelivu = 'zaobljena_cela_vstup_cast_prahu')
[1] 7.973004
> h = c(0, 1.5, 0.1)
> MernaKrivka(h, širokakoruna,b = 5, TypkorunyPrelivu = 'zaobljena_cela_vstup_cast_prahu')
)
      h      Q
1 0.0 0.0000000
2 0.1 0.2521285
3 0.2 0.7131272
4 0.3 1.3100983
5 0.4 2.0170283
6 0.5 2.8188828
7 0.6 3.7055176
8 0.7 4.6694859
9 0.8 5.7050176
10 0.9 6.8074705
11 1.0 7.9730045
12 1.1 9.1983734
13 1.2 10.4807865
14 1.3 11.8178109
15 1.4 13.2073005
16 1.5 14.6473445
> G = MernaKrivka(h, širokakoruna,b = 5, TypkorunyPrelivu = 'zaobljena_cela_vstup_cast_prahu')
> GrafMernekřivky(G)
```

Obr. č. 28 Výpočet 3. Příkladu

Obrázek č. 28 znázorňuje postup výpočtu až k vytvoření grafu měrné křivky přelivu (Obr. č. 29). Funkce `VyberPrepadu` na základě h , a t vybere, který výpočet přepadu mám použít. Určil, že mám použít přepad přes širokou korunu, jelikož je to samé v zadání tak jsem zvolila funkci `ŠirokaKoruna`. Po zadání vstupních parametrů se vypočítalo průtokové množství Q . Dále jsem zvolila v jakém má být rozmezí proměnná h . Následný postup je popsán v Příkladu č. 1.



Obr. č. 29 Graf měrné křivky příkladu č. 3

4. Závěr

Teoretická část je zaměřena na řešení problematiky pevných jezů. Co vlastně jez je, jaký je jeho účel, kde se umísťuje, základní názvosloví jezů a jejich rozdělení. Dále jsou řešeny typy přepadů, jejich podmínky a výpočty.

Na základě literární rešerše, byl vytvořen program na výpočet průtoku a vytvoření měrných křivek. Tento program může usnadnit rozhodování jaký typ přepadu použít. Stačí, když je do programu zadána výška hladiny a tloušťka stěny přelivu a je přibližně jasné jaký typ funkce zvolit.

Výsledkem mé práce je software, který po zadání vstupních parametrů jezu vypočítá průtokové množství a následně vytvoří měrnou křivku přelivu. Software počítá podle vzorců a podmínek uvedených v druhé kapitole. Výsledky z programu je lepší porovnat s reálnými výpočty.

Pro lepší orientaci v programu jsem v poslední části mé práce uvedla tři názorné příklady použití softwaru a jejich výpočet po jednotlivých bodech, které jsou znázorněny v obrázcích a následně popsány krok po kroku.

Přehled literatury a použitých zdrojů

1. Agroskin, I. I., Dmitrijev, G. T., Pikalov, F. I.: *Hydraulika I*, SNTL Praha 1955
2. Agroskin, I. I., Dmitrijev, G. T., Pikalov, F. I.: *Hydraulika II*, SNTL Praha 1956
3. Broža, V., Čihák, F., Satrapa, L.: *Hydrotechnické stavby*. ČSSI, Praha 1999
4. Broža, V., Kadza, I., Patera, A., Přenosilová E.: *Vodohospodářské stavby, skriptum ČVUT*, Praha 1993
5. Čábelka, J., Kunštátský, J.: *Jezy*, SNTL Praha 1966
6. Čihák, F., Medřický, V.: *Hydrotechnické stavby 20: Navrhování jezů*, skriptum ČVUT, 2001
7. Fiala, J., Kaura, J., Sádlo, J.: *Vodné a melioračné stavby*, Alfa Bratislava 1980
8. Gabriel, P., Grandtner, T., Průcha, M., Výbora, P.: *Jezy*. SNTL Praha, ALFA Bratislava 1989
9. Jermář, F.: *Jezy: Stavby a konstrukce*, ČSAV Praha 1959
10. Kolář, V. a kol: *Hydraulika*, SNTL Praha 1966
11. Kunštátský, J., Patočka, C.: *Základy hydrauliky a hydrologie pro inženýrské konstrukce a dopravní stavby*, SNTL Praha 1971
12. Lukášek, P.: *Vliv půdorysného zakřivení na kapacitu přelivu*, Brno 2014, Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb
13. Medřický, V., Valenta, P.: *Hydrotechnické stavby 1: Navrhování jezů*, skriptum ČVUT, 2009
14. Milerski, R., Mičín, J., Veselý, J.: *Vodohospodářské stavby*, VUT v Brně, 2005, ISBN 80–214–2896–1.
15. Moudrý, M.: *Hydraulika I*, VŠZ Praha, 1968. 232 s. ISBN 60–215–79.
16. Thoř, Z.: *Vodohospodářské stavby*, SNTL Praha 1981
17. Votruba, L., Broža, V.: *Nádrže, jezy a přehrady*, SNTL Praha 1967

Přehled internetových zdrojů

1. http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke_stazeni/prednasky/HY2V_06_Prepady.pdf
2. <http://www.utok.cz/sites/default/files/data/USERS/u24/Trojuhelnikovy.pdf>
3. <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodohospodarsky-slovník>
4. http://www.planicka.eu/0_Download/Drsnosti_potrubi.pdf
5. <http://www.pla.cz/>

Seznam obrázků

- Obr. č. 1 Účinky jezu na vodní tok a na pohyb splavenin (Čihák, 2001)
- Obr. č. 2 Pevný jez (Gabriel, 1989)
- Obr. č. 3 Hlavní části pevného jezu (Medřický, 2009)
- Obr. č. 4 Prozatimné dřevené jezy (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>)
- Obr. č. 5 Trvalý dřevěný jez (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>)
- Obr. č. 6 Dřevěný jez s výplní (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>)
- Obr. č. 7 Srubový jez (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>)
- Obr. č. 8 Kamenný jez (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>)
- Obr. č. 9 Betonové jezy (<http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>)
- Obr. č. 10 Bazinův přeliv
- Obr. č. 11 Ponceletův přeliv
- Obr. č. 12 Thomsonův přeliv
- Obr. č. 13 Cipolettiho přeliv
- Obr. č. 14 Přepad přes širokou korunu
- Obr. č. 15 Obdélníkový tvar přepadu (Čihák, 2001)
- Obr. č. 16 Vysoké jezy (Medřický 2009)
- Obr. č. 17 Střední jezy (Medřický, 2009)
- Obr. č. 18 Prah s kruhově zaoblenými hranami (Čihák, 2001)
- Obr. č. 19 Vývar (Čihák, 2001)
- Obr. č. 20 Výběr přepadu
- Obr. č. 21 Výpočet měrné křivky
- Obr. č. 22 Funkce pro vykreslení měrné křivky
- Obr. č. 23 Graf měrné křivky
- Obr. č. 24 Výpočet 1. Příkladu
- Obr. č. 25 Graf měrné křivky příkladu č. 1

- Obr. č. 26 Výpočet 2. Příkladu
- Obr. č. 27 Graf měrné křivky příkladu č.2
- Obr. č. 28 Výpočet 3. Příkladu
- Obr. č. 29 Graf měrné křivky příkladu č. 3

Seznam tabulek

Tab. č. 1	Určení drsnostního součinitele n dle Manninga
Tab. č. 2	Vliv dolní vody na přepad (Kunštátský, 1971)
Tab. č. 4	Součinitel přepadu m pro vysoké jezy lichoběžníkového tvaru
Tab. č. 3	Součinitel přepadu m pro obdélníkový tvar přelivu
Tab. č. 5	Součinitel přepadu m pro střední jezy se skloněnou návodní stranou
Tab. č. 6	Součinitel přepadu m pro střední jezy se skloněnou vzdušnou stěnou
Tab. č. 7	Součinitel přepadu m pro nízké jezy se skloněnou návodní stranou
Tab. č. 8	Součinitel přepadu m pro nízké jezy se skloněnou vzdušnou stranou
Tab. č. 9	Součinitel přepadu pro přepad přes širokou korunu (Čihák, 2001)
Tab. č. 10	Návrhové průtoky v závislosti na charakteristice území (Broža, 1993)
Tab. č. 11	Hodnoty rychlostního součinitele φ (Medřický 2009)
Tab. č. 12	Hodnota součinitele K (Čihák, 2001)
Tab. č. 13	Typy přepadu
Tab. č. 14	Názvy parametrů

Seznam použitých zkratek a symbolů

Q	průtok v korytě [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
S	průtočná plocha koryta [m^3]
v	rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
C	rychlostní součinitel [$\text{m}^{0.5} \cdot \text{s}^{-1}$]
R	hydraulický poloměr [m]
K	modul průtoku [$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$]
i_0	sklon dna koryta
J	sklon hladiny
b	šířka koryta ve dně [m]
h	hloubka vody [m]
m	sklon svahů 1:m
n	je drsnostní součinitel [-]
H	výška přepadu [m]
t	tloušťka stěny [m]
B	šířka koryta [m]
p_0	atmosférický tlak [Pa]
v_0	přítoková rychlost v nádobě [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
k	přítoková rychlostní výška vody nad jezem
g	gravitační zrychlení [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]
z	hloubka bodu pod hladinou [m]
p_0	atmosférický tlak [Pa]
ϱ	hustota kapaliny [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]
u	je výtoková rychlost [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$]
φ	rychlostní součinitel [-]
ε	výtokový součinitel [-]

h_{max}	maximální přelivná výška [m]
Q_{max}	návrhový průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]
μ	součinitel přepadu [-]
h_1	polohová výška průřezu č. 1 [m]
h_2	polohová výška průřezu č. 2 [m]
m	součinitel přepadu [-]
h	výška horní hladiny nad přelivnou stěnou [m]
s	výška přelivné stěny [m]
α	vrcholový úhel [°]
h_0	polohová výška [m]
h_2	maximální výška vody nad přelivnou hranou [m]
y_d	výška hladiny pod přelivnou hranou [m]
σ_z	součinitel zatopení přepadu [-]
t	tloušťka přepadu [m]
p	výška jezu [m]
Q_N	návrhový průtok [$m^3 \cdot s^{-1}$]
q	specifický průtok [$m^2 \cdot s^{-1}$]
s_d	výška přelivu [m]
H	rozdíl výšek horní a dolní hladiny [m]
E_0	energická výška [m]
φ	rychlostní součinitel vyjadřující podíl skutečné a teoretické rychlosti [-]
y_1	nejmenší výška hladiny v nejnižším místě vývaru [m]
y_2	nejvyšší výška hladiny v nejnižším místě vývaru [m]
y_d	hloubka dolní vody pod jezem [m]
d	hloubku vývaru [m]

σ	součinitel určující doporučenou míru vzduší stabilního přilehlého vodního skoku [-]
l	vodorovná vzdálenost od přelivné hrany jezu po konec prahu vývaru [m]
l_1	délka dopadu přepadajícího paprsku [m]
l_2	aktivní délka vývaru [m]
l_p	vodorovná vzdálenost mezi korunou přelivu a patou jezového tělesa proudnicového tvaru [m]
l_s	délka vodního skoku [m]
n	empirický součinitel (přibližně 0,8 až 0,85) [-]
K	součinitel závislý na poměru y_2/y_1

Přílohy

KnihovnaFunkciProVypocet.R

```
setwd("C:/Users/admin/Desktop/BP/R")  
  
source('Bazin.R')  
  
source('Poncelet.R')  
  
source('Thomson.R')  
  
source('Cipoletti.R')  
  
source('JezovyObdelnikovy.R')  
  
source('JezovyLichobeznikovy.R')  
  
source('SirokaKoruna.R')  
  
source('MernaKrivka.R')  
  
h = c( , , )
```

VyberPrepadu.R

```
VyberPrepadu = function (h, t) {  
  
if (t < 0.67*h) typP = 'prepad pres ostrou hranu, mozne varianty: Bazin, Ponceletti,  
Thomson, Cipoletti'  
  
if (t >= 0.67*h & t < 2*h) typP = 'prepad pres jezovy preliv, mozne varianty:  
Jezovy_obdelnikovy, Jezovy_lichobeznikovy'  
  
if (t >= 2*h) typP = 'prepad pres širokou korunu: Siroka_koruna'  
  
typP  
  
}
```


Bazin.R

```
Bazin = function (h, s, b) {  
  g = 9.81  
  m = (0.405 + (0.003/h)) * (1 + 0.55 * (h/((h + s)^2)))  
  Q = m * b * sqrt (2 * g) * (h^(3/2))  
  Q  
}
```

Poncelet.R

```
Poncelet = function (h, s, b, B) {  
  g = 9.81  
  m = (0.405 + (0.027/h) - 0.030 * (1 - (b/B))) * (1 + 0.55 * ((b/B)^2) * ((h/((h+s)^2))))  
  Q = m * b * sqrt (2 * g) * (h^(3/2))  
  Q  
}
```

Thomson.R

```
Thomson = function(h) {  
  Q = 1.4 * (h^(5/2))  
  Q  
}
```

Cipoletti.R

```
Cipoletti = function(h, b, B = NA) {  
  if(B < 3*h) stop ('zmente sirku koryta B musi byt > 3*h')  
  Q = 1.86 * b * (h^(3/2))  
  Q  
}
```

JezovyObdelnikovy.R

```
JezovyObdelnikovy = function (h, b, t) {  
  g = 9.81  
  if (h/t > 2) stop ('nevhodne zvolene h nebo p')  
  if (t <= 0.67*h) m = 0  
  if (t > 0.67*h & t < 2*h) {  
    if (h/t == 0.1) m = 0.3  
    if (h/t > 0.1 & h/t <= 0.33) m = 0.32  
    if (h/t > 0.33 & h/t <= 0.5) m = 0.33  
    if (h/t > 0.5 & h/t <= 1.0) m = 0.37  
    if (h/t > 1.0 & h/t <= 1.5) m = 0.41  
    if (h/t > 1.5 & h/t < 2) m = 0.42  
  }  
  Q = m * b * sqrt (2 * g) * (h^(3/2))  
  Q  
}
```

JezovyLichobeznikovy.R

```
JezovyLichobeznikovy = function(h, b, p, n = NA, n_s = NA) {  
  if(!is.na(n) & !is.na(n_s)) stop('nesmi byt zadano zaroven n a n_s')  
  g = 9.81  
  if (p >= 5) {  
    if (h/p < 0.5) m = mean(c(0.35, 0.32))  
    if (h/p >= 0.5 & h/p < 1) m = 0.35  
    if (h/p >= 1 & h/p < 2) m = 0.38  
    if (h/p >= 2) m = 0.42  
  }  
  if (p >= 2 & p < 5) {
```

```

if(!is.na(n)){
  if(!n %in% c(1, 2)) stop('Hodnoty n mohou byt jen c(1, 2) pro p >= 2 <
5')
  if (h/p < 0.5                & n == 1) m = mean(c(0.40, 0.32))
  if (h/p >= 0.5 & h/p < 1    & n == 1) m = 0.40
  if (h/p >= 1    & h/p < 2    & n == 1) m = 0.42
  if (h/p >= 2                & n == 1) m = 0.44
  if (h/p < 0.5                & n == 2) m = mean(c(0.40, 0.32))
  if (h/p >= 0.5 & h/p < 1    & n == 2) m = 0.38
  if (h/p >= 1    & h/p < 2    & n == 2) m = 0.41
  if (h/p >= 2                & n == 2) m = 0.43
}
if(!is.na(n_s)){
  if(!n_s %in% c(1, 2)) stop('Hodnoty n_s mohou byt jen c(1, 2) pro p >= 2 < 5')
  if (h/p < 0.5                & n_s == 1) m = mean(c(0.37, 0.32))
  if (h/p >= 0.5 & h/p < 1    & n_s == 1) m = 0.37
  if (h/p >= 1    & h/p < 2    & n_s == 1) m = 0.40
  if (h/p >= 2                & n_s == 1) m = 0.42
  if (h/p < 0.5                & n_s == 2) m = mean(c(0.38, 0.32))
  if (h/p >= 0.5 & h/p < 1    & n_s == 2) m = 0.38
  if (h/p >= 1    & h/p < 2    & n_s == 2) m = 0.38
  if (h/p >= 2                & n_s == 2) m = 0.40
}
}
if(!is.na(n)){
  if(!n %in% c(3, 5, 10)) stop('Hodnoty n mohou byt jen c(3, 5, 10) pro p < 2')
  if (h/p < 0.5)                m = mean(c(0.35, 0.32))
  if (h/p >= 0.5 & h/p < 1    & n == 3) m = 0.35
}

```

```

if (h/p >= 1 & h/p < 2 & n == 3) m = 0.37
if (h/p >= 2 & n == 3) m = 0.39
if (h/p >= 1 & h/p < 2 & n == 5) m = 0.35
if (h/p >= 2 & n == 5) m = 0.37
if (h/p >= 1 & h/p < 2 & n == 10) m = 0.35
if (h/p >= 2 & n == 10) m = 0.37

```

```

if(!is.na(n_s)){
  if(!n_s %in% c(3, 5, 10)) stop('Hodnoty n_s mohou byt jen c(3, 5, 10) pro p < 2')
  if (h/p < 0.5) m = mean(c(0.38, 0.32))
  if (h/p >= 0.5 & h/p < 1 & n_s == 3) m = 0.38
  if (h/p >= 1 & h/p < 2 & n_s == 3) m = 0.40
  if (h/p >= 2 & n_s == 3) m = 0.42
  if (h/p < 0.5 & n_s == 5) m = mean(c(0.36, 0.32))
  if (h/p >= 0.5 & h/p < 1 & n_s == 5) m = 0.36
  if (h/p >= 1 & h/p < 2 & n_s == 5) m = 0.38
  if (h/p >= 2 & n_s == 5) m = 0.40
  if (h/p < 0.5 & n_s == 10) m = mean(c(0.38, 0.32))
  if (h/p >= 1 & h/p < 2 & n_s == 10) m = 0.36
  if (h/p >= 2 & n_s == 10) m = 0.38
  }
  }
Q = m * b * sqrt(2 * g) * (h^(3/2))
Q
}

```

SirokaKoruna.R

```
Urceni_m = function(id) {  
  moznosti = data.frame(  
    prepad_beze_ztrat = 0.385,  
    zaoblana_cela_vstup_cast_prahu = 0.36,  
    zaoblana_vstup_hrana_prahu = 0.35,  
    sklonena_vstupni_hrana_prahu = 0.33,  
    ostra_vstupni_hrana = 0.32,  
    ostra_vstupni_hrana_a_drsny_prah = 0.30)  
  return(moznosti[[id]])  
}
```

```
SirokaKoruna = function(h, b, typKorunyPrelivu) {  
  g = 9.81  
  m = Urceni_m(typKorunyPrelivu)  
  Q = m * b * sqrt(2*g) * h^(3/2)  
  Q  
}
```

MernaKrivka.R

```
MernaKrivka = function(hrange, FUN, ...){  
  MerK = data.frame(h = seq(hrange[1], hrange[2], hrange[3]))  
  n = nrow(MerK)  
  MerK$Q = numeric(n)  
  for(i in 1:n){  
    MerK[["Q"]][i] = FUN(MerK[["h"]][i], ...)  
  }  
  MerK
```

```
}
```

GrafMerneKrivky.R

```
GrafMerneKrivky = function(Data, NazevGrafu = 'Merna krivka', x_popisek = 'h [m]',  
y_popisek = 'Q [m3/s]', ...) {  
  
  plot(Data$Q, Data$h, main = NazevGrafu, xlab = x_popisek, ylab = y_popisek, type  
= 'l', lwd = '2', col = 'blue',...)
```

```
}
```