

**ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA
V PRAZE**



FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

**POSOUZENÍ HYDROLOGICKÝCH FUNKCÍ
VODNÍHO DÍLA NECHRANICE**

Bakalářská práce

Petr Bujdák

Konzultant: Ing. Tomáš Pail

Vedoucí: Ing. Jiří Pavlásek, Ph.D.

2009

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci na téma „ Posouzení hydrologických funkcí vodního díla Nechanice, vypracoval samostatně za pomoci uvedené literatury a dle pokynů vedoucího bakalářské práce. V bakalářské práci jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Chomutově dne 28.04.2009

.....
Petr Bujdák

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady, cenné informace a věnovali svůj čas. Především děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Pavláskovi Ph.D. za odborné vedení, profesionální přístup, cenné rady, vstřícnost a ochotu. Rád bych také stejnou měrou poděkoval konzultantu bakalářské práce Ing. Tomáši Pailovi, který mi navíc k vypracování bakalářské práce poskytl požadované materiály ze Státního podniku Povodí Ohře.

OBSAH

1. ÚVOD	1
2. HYDROLOGICKÉ FUNKCE.....	2
2.1. Koloběh vody v přírodě.....	2
2.2. Hydrologická bilance – srážky, výpar a odtok.....	3
3. SRÁŽKY	4
3.1. Druhy atmosférických srážek.....	6
4. VÝPAR	7
4.1. Druhy výparu	8
5. ODTOK.....	14
5.1. Řízení odtoku	16
5.2. Transformace povodňové vlny.....	17
6. HYDROMETRIE	19
6.1. Měření dešťových srážek	19
6.2. Měření výparu.....	20
6.3. Měření evapotranspirace.....	21
6.4. Měření vodních stavů	21
7. VODNÍ DÍLO NECHRANICE	23
7.1. Účel vodního díla.....	23
7.2. Kapacita.....	24
7.3. Poloha	24
7.4. Údaje o výstavbě	25
7.5. Zaniklé obce	25
7.5.1. Historie zaniklých obcí.....	26
7.6. Hydrologické údaje	27
7.7. Objekty na VD Nechanice	28
7.7.1. Vzdouvající objekt – hráz	28
7.7.1.1. Technické parametry hráze.....	28
7.7.2. Bezpečnostní přeliv	29
7.7.2.1. Technické parametry přelivu	29
7.7.3. Malá vodní elektrárna Nechanice (MVE).....	30
7.7.3.1. Hlavní parametry MVE	30
7.7.3.2. Technické parametry spodní výpusti.....	31

7.7.3.3. Parametry nádrže.....	32
7.8. Průmyslový vodovod Nechanice (PVN).....	33
7.8.1. Čerpací stanice Stranná	33
7.8.1.1. Vodní cesta PVN.....	34
8. ZAŘÍZENÍ PRO KONTROLU A ŘÍZENÍ MANIPULACÍ S VODOU	34
9. ROZDĚLENÍ OBJEMU NÁDRŽE	36
10. POSOUZENÍ HYDROLOGICKÝCH FUNKCÍ VD NECHRANICE	37
10.1. Metodika	37
10.2. Výsledky a diskuze	37
11. ZÁVĚR	43
12. SEZNAM LITERATURY	44
13. PŘÍLOHY	46
13.1. Pomůcky pro řízení manipulací s vodou.....	47

ABSTRAKT:

Bakalářská práce se zabývá tematikou hydrologické bilance se zaměřením na vodní dílo Nechranice. Je zde uveden stručný přehled jednotlivých složek hydrologické bilance, jejich druhy, další členění i způsoby jejich měření. V části práce jsou uvedeny vybrané charakteristiky vodního díla Nechranice – údaje o výstavbě, účelu vodního díla, parametrů nádrže i hráze, charakteristiky výpustního zařízení a bezpečnostního přelivu s údaji o jejich rekonstrukci. Hlavní část práce je věnována posouzení hydrologických funkcí vodního díla Nechranice, kde byly na základě bilance přítoku, odtoku, srážek na hladinu a změn zásob vody v nádrži stanoveny ztráty vody na vodním díle. Tato bilance byla provedena pro dobu existence nádrže od roku 1968 pro průměrné roční hodnoty jednotlivých bilančních prvků. Dále byl stanoven průběh transformace povodňové vlny z události z roku 1981 a analyzována funkce vodního díla při nadlepšování průtoků řeky Ohře v období sucha roku 2003. Z výsledků je patrná významná funkce vodního díla pro zmírnění extrémních průtoků na řece Ohři jak v době povodňových stavů tak především v období sucha.

Klíčová slova:

Hydrologie, hydrometrie, vodní dílo Nechranice, posouzení hydrologických funkcí.

ABSTRACT:

Bachelor thesis topic deals with the hydrological balance, with a focus on water Nechranice work. There is a brief overview of the various components of the hydrological balance, their types, and ways to break down the measurements. In the works are given the characteristics of selected aquatic Nechranice works - details of construction, water works purpose, parameters of the dam reservoir, the characteristics of discharge devices and safety spillway, with details of their reconstruction. The main part of the work is devoted to the assessment of hydrological functions of the water works Nechranice where they were based on the balance of inflow, outflow, precipitation, and changes in the level of water in the tank water to set the loss of water work. This balance was carried out for the life of the reservoir from 1968 to the average annual value of individual balance elements. In addition, set the course of transformation of flood waves from the events of 1981 and analyzed the functions of

water works to improve river flows in drought Ohře 2003. The results show the important functions of water works to alleviate extreme flows on the Ohře River as at the time of flood conditions and especially in the drought.

Keywords:

Hydrology, hydrometry, water Nechanice work, assessment of hydrological functions.

1. ÚVOD

Řeka Ohře měla vždy pro území severozápadních Čech mimořádný význam. Vytváří v jeho protáhlém tvaru přirozenou podélnou osu, která od sebe odděluje i geologicky odlišné útvary. Česká část povodí o rozloze 5 614 km² patřila vždy k nejhustěji obydleným územím našeho státu (Povodí Ohře, 2008).

Téma „posouzení hydrologických funkcí vodního díla Nechranice“ jsem si vybral z několika důvodů. Zaprvé mám k VD Nechranice téměř osobní vztah, neboť jsem zde řadu let trávil dovolenou se svými blízkými, dále jde o vodní dílo, které je v povodí Ohře největším vodním dílem a pyšní se nejdelší sypanou hrází ve střední Evropě. K řádnému zpracování bakalářské práce bylo zapotřebí zajistit doporučenou literaturu, zjistit základní technické údaje o vodním díle Nechranice, dále získání vybraných hydrologických podkladů z povodí Ohře a z těchto údajů posoudit hydrologické funkce vodní nádrže. Bakalářská práce je rozdělena do několika hlavních částí. V první části jsou popsány základní údaje o hydrologických funkcích – bilance o srážkách, výparu a odtoku, ve druhé části jsou údaje o měření těchto funkcí, ve třetí části je popsáno vodní dílo Nechranice – jeho účel, kapacita, poloha, údaje o výstavbě, dále je zde zmínka o zaniklých obcích, které byly výstavbou vodního díla zatopeny. Jsou zde popsány objekty na vodním díle jako hráz, bezpečnostní přeliv, malá vodní elektrárna a spodní vypustné zařízení. U těchto objektů jsou popisovány jejich technické parametry. Okrajově je zde zmíněn také průmyslový vodovod Nechranice a čerpací stanice Stranná. Ve čtvrté části jsou posuzovány vybrané hydrologické funkce vodního díla jako např., srážky, hladina, přítok do nádrže a odtok z nádrže, tato data byla následovně přepočtena do průměrných ročních hodnot, které byly dopracovány do grafické podoby.

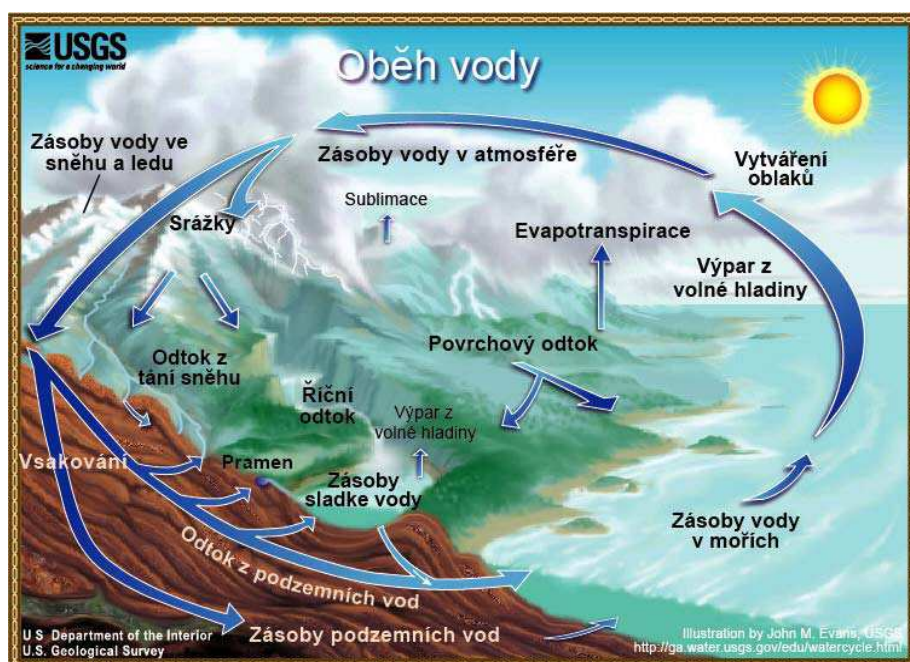
Cílem této práce je přiblížit čtenáři zajímavosti o vodním díle Nechranice, zároveň provést studii posouzení vybraných hydrologických funkcí vodního díla, čímž bylo zjištěno zajímavých výsledků.

2. HYDROLOGICKÉ FUNKCE

2.1. Koloběh vody v přírodě

Veškerá voda na Zemi se nazývá hydrosférou (Němec, 1965). Voda v plynném, kapalném a pevném skupenství je na Zemi ve věčném oběhu, tedy koloběhu, který je vyvolán sluneční energií (Hrádek a Kuřík, 2002). Část vody, která je v oběhu, je celkem malá ve srovnání s vodou, která je v oceánech, mořích a v ledu (Němec, 1965). Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že dochází k uzavřenému hydrologickému cyklu, který probíhá mezi světovým oceánem a pevninou, tomuto říkáme velký koloběh vody. Dále probíhá uzavřený hydrologický cyklus pouze nad oceány, nebo bezodtokovými oblastmi pevniny, kterému říkáme malý koloběh vody. Na Obr. 2.1., je zobrazen hydrologický cyklus. Bradáčová (2006) uvádí, že dle Changa (2002) je celkové množství vody na Zemi $1,384 \cdot 10^9 \text{ km}^3$. Toto množství stačí na pokrytí zemského povrchu vodním pláštěm o tloušťce 2,7 km. Tento autor také uvádí následující funkce vody:

- funkce biologická – nezbytnost pro život, přirozené prostředí pro život a hydroterapii
- funkce chemická – rozpouštědlo, medium pro chemické reakce
- funkce fyzikální – moderátor klimatu, agent destrukce, potenciální forma energie a síly, vědecký standart pro vlastnosti, transportní medium
- funkce socioekonomické – zdroj komfortu, inspirace pro tvorbu, téma světového míru a regionální stability.



Obr.2.1. Hydrologický cyklus (ČHMÚ, U.S. Geological Survey, 2005)

2.2. Hydrologická bilance - srážky, výpar a odtok

Hydrologická bilance je sestavována pro určité časové období, tím základním časovým obdobím je hydrologický rok. Začátek tohoto období je stanoven tak, aby se i pevné srážky (sníh a led) mohly po rozpuštění zúčastnit odtokového procesu (Beran, 2000). Posunutí hydrologického roku proti roku kalendářnímu je závislé na střídání ročních období a může být tedy jiné v různých zemích podle toho, v jakém zeměpisně-klimatickém pásmu se ta daná země nachází. Jednotlivé složky oběhu vody vyjádřené v měřitelných jednotkách lze sestavit do základní bilanční rovnice inženýrské hydrologie. Aby tato rovnice (2.—3) odpovídala skutečnosti, musí její členy být vztaženy ke stejnému místu a času tzn., že všechny členy rovnice musí být uvažovány pro stejnou oblast a za stejnou dobu (Němec, 1965). V našich podmínkách hydrologický rok začíná 1. listopadu a končí 31. října. Bilanční rovnici oběhu vody v ČR uvádějí Hrádek a Kuřík (2002) ve zjednodušeném tvaru, její kvantifikace je uvedena následovně:

$$S = O + V \quad (2.—1)$$

kde jsou

S	srážky	$S = 53 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{průměrný rok}$
O	odtok	$O = 15 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{průměrný rok}$
V	výpar	$V = 38 \cdot 10^9 \text{ m}^3/\text{průměrný rok}$
		$H_s = 668 \text{ mm}$

Beran (2000) uvádí bilanční rovnici vyjadřující jako vztah čtyř jevů v povodí, kterými jsou srážky, výpar, odtok a změna zásob. Tento vztah lze vyjádřit v následujícím tvaru:

$$H_s + H_{pz} + H_r = H_o + H_{oz} + H_{vkl} + H_r' \quad (\text{mm}) \quad (2.—2)$$

kde je

H_s	výška srážek,
H_{pz}	výška přítoku podzemní vody,
H_r	výška zásob vody v povodí na začátku bilančního období (tj. půdní voda, voda akumulovaná v nádržích, v tocích, zásoba podzemních vod aj.),
H_o	výška odtoku (bez podzemní vody),
H_{oz}	výška odtoku podzemní vody,
H_{vkl}	výška celkového (klimatického) výparu,
H_r'	výška zásob vody na konci bilančního období.

V této rovnici jsou jednotlivé členy vyjádřeny v mm, což odpovídá tloušťce vrstvy vody, která by vznikla rovnoměrným rozložením určitého objemu vody v m³ na plochu povodí. Přesnější hodnoty dosáhneme, provedeme-li bilanci povodí za dlouhé časové období, tzn. za řadu hydrologických roků, pak je bilanční rovnice zjednodušena na tvar viz rovnice (2.—1).

V současné době, kdy se často projevují dopady klimatických změn se především v dlouhodobém měřítku mění zásoby podzemních vod. Dle Němce (1965) je bilanční rovnice uvedena v následujícím vztahu:

$$S = O + V \pm R \quad (2.—3)$$

kde je

- S množství spadlé v srážkách za dané období,
- O ($O_p + O_{pz}$) množství vody oteklé po povrchu (povrchový odtok O_p) a pod povrchem půdy (podpovrchový odtok O_{pz}) za dané období,
- V množství vody vypařené z volné vodní hladiny, z půdy a z rostlin na ní rostoucích, tedy tzv. klimatický výpar,
- R množství vody, které rozmnožilo nebo snížilo zásoby povrchové vody (rybníky, nádrže) a podpovrchové (půdní a podzemní) vody.

3. SRÁŽKY

Srážky jsou výsledkem kondenzace, nebo desublimace vodní páry v ovzduší na povrchu území, předmětů a rostlin. Kondenzace - je změna skupenství vody v ovzduší z plynného na kapalné. Desublimace - je proces, kdy se voda v ovzduší přemění ze skupenství plynného rovnou na pevné (Hrádek a Kuřík, 2002). Těmito procesy se projevují buď ve formě malých kapiček vody, nebo krystalků ledu. Ani jedno z nich však nepředstavuje déšť nebo sníh, který padá k zemi. Rozměry těchto kondenzátů jsou totiž tak malé, že i velmi slabé stoupavé vzdušné proudy a turbulence vzduchu je udržují v poměrné stabilitě, ve formě aerosolu. S určitým zjednodušením lze říci, že oblaka vytvářejí malé kondenzované kapičky vody a ledové krystalky o velikosti 0,01—0,03 mm. Aby tyto srážky začaly padat k zemi, musí je jejich průměr mnohonásobně zvýšit (Němec, 1965). Tento autor také uvádí, že náhlé zvětšení průměru srážek bylo předmětem výzkumu po řadu let. Dle výzkumů Réménierase (1963 in Němec, 1965) k tomuto dochází v podstatě dvěma způsoby:

- a) postupným spojováním kapiček do větších - *koalescencí*, nebo
 b) další kondenzací kolem některých kapiček, a to vodní páry z okolního vzduchu, nebo vodní páry z již vypařených okolních kapiček.

Příčiny koalescence mohou být různé, například hydrodynamická přitažlivost, mikroturbulence vyvolávající kmitání, nárazy a spojování, tzv. nabalování při pádu v oblaku apod. Rychlosti pádu kapek deště, sněhu a krup závisí na jejich průměru. Některé jsou uvedeny v Tab. 3.1.

Tab. 3.1. Druhy srážek, intenzita, průměr a rychlost pádu (Němec, 1965).

Druh srážky	Intenzita mm/min	Průměr kapek mm	Rychlost pádu m/s
mžení	0,004	0,2	nepatrná
slabý déšť	0,015—0,08	0,5	2
silný déšť	0,16 —0,35	1,5	5,5
liják	1 —1,8	3,0	8,0
sníh (hvězdičky, krystalky)	—	—	0,41
sníh (vločky)	—	—	1,00
kroupy malé	—	10	12,00
kroupy velké	—	20	16,00

Beran (2000) uvádí, že mezi množstvím srážek O_s (m^3) a výškou srážek H_s (mm) platí převodní vztah:

$$1 \text{ mm} = 1 \text{ l} \cdot m^{-2} = 10 \text{ m}^3 \cdot ha^{-1} = 1\,000 \text{ m}^3 \cdot km^{-2}$$

Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že produktem kondenzace jsou kondenzáty (kapalné srážky), desublimáty (pevné srážky) jsou produktem desublimace. Rozdělení srážek z hlediska meteorologie velice jemně rozlišuje jednotlivé druhy podle jejich vzniku a vlastností. Příklad rozdělení srážek je uveden v Tab. 3.2.

Tab. 3.2. Rozdělení srážek (Sobišek, 1993 in Hrádek a Kuřík, 2002).

Srážky	Podle místa vzniku a případného pohybu	
	Atmosférické	usazené, horizontální
kapalné	*déšť Mrholení	rosa * usazené kapičky z mlhy nebo mraků pohybujících se po terénu, „vyčesávání mraků“
smíšené	* déšť se sněhem * déšť s kroupami, aj.	
pevné	*sníh * sněhové krupky a krupice * zmrzlý déšť (krupky) * kroupy	zmrzlá rosa; jíní jinovatka, zrnitá námraza, průsvitná námraza ledovka
poznámka	<i>vznikají na kondenzačních jádrech v atmosféře, vznášejí se nebo vypadávají z oblaků nebo mlhy</i>	<i>vznikají na povrchu terénu, rostlin a předmětů, nepohyblivé</i>

Druhy srážek z tohoto hlediska nejvýznamnější jsou označeny *, zatímco druhy zcela nevýznamné nejsou uvedeny vůbec.

3.1. Druhy atmosférických srážek

Deště, ty se dle původu dělí dále na:

➤ **Deště termické (konvenční)** vznikají ohřátím vlhkého vzduchu od země, který dále vystupuje do vyšších a studenějších vrstev atmosféry, kde vodní pára kondenzuje (Němec, 1965). Vyznačují se krátkou dobou trvání, vysokou intenzitou a zasahují malé oblasti, jde o přívalové deště a místní lijáky (Hrádek a Kuřík, 2002).

➤ **Deště orografické (terénní)** kdy je teplý vlhký vzduch, většinou z oceánů zvedán do výšky vlivem horských pásem nebo velkých ploch chladnější země. Deště pak spadnou na návětrnou stranu hor, kde v závětrí vzniká tzv. *dešťový stín*. V ČR jsou to např. Krušné hory, kde je v dešťovém stínu oblast Kadaňska (Němec, 1965). Vyznačují se dlouhou dobou trvání s nižší intenzitou, vznikají při ochlazování vzdušných proudů usměrněných do vyšších vrstev atmosféry (Hrádek a Kuřík, 2002).

➤ **Deště cyklonální (regionální)** jde většinou o velmi rozsáhlé a dlouhotrvající deště, které zasahují velká území (části světadílů), jsou způsobené frontálními poruchami na rozhraní cyklon a anticyklon. V mírném pásmu určují většinou celkový roční úhrn srážek, včetně sněhových. Mají však poměrně malou intenzitu (Němec, 1965). Někdy jsou hluboké tlakové deprese příčinou tzv. průtrže mračen, tedy deště s velmi vysokou intenzitou.

Podle doby trvání můžeme atmosférické srážky dělit na:

➤ **Krátkodobé deště** nejčastěji jde o deště termické, po denním teplotním maximu vysoký výpar (Hrádek a Kuřík, 2002). V mírném pásmu jde o letní bouřky s prudkými přívalovými dešti, v rovníkových oblastech jsou to pravidelné večerní či odpolední prudké bouře s ročním úhrnem srážek až 3000 mm (Němec, 1965).

➤ **Dlouhodobé deště** jsou to deště orografické a cyklonální, zasahují většinou velká území a způsobují povodně na tocích s velkým povodím (Hrádek a Kuřík, 2002). Tyto deště však nemají nic společného s cyklóny tropických krajin, meteorologické jevy zvané též hurikány nebo tornáda, jsou vytvářeny prudkým vytvořením tlakových níží nad oceány a pevninami v tropických oblastech (Němec, 1965). Z hlediska meliorační praxe jsou důležité přívalové deště.

➤ **Přívalové deště** neboli lijáky se vyznačují krátkou dobou trvání, vysokou a proměnlivou intenzitou. Zasahují obvykle malá území. Způsobují prudké povodně na menších a středních tocích (Hrádek a Kuřík, 2002). Pro zemědělství jsou mnohem méně užitečné, neboť způsobují erozi zemědělské půdy, jsou méně užitečné i pokud jde o zásobování vláhou, protože půda většinou není schopna tak velké množství vody vsáknout (Němec, 1965). Tento autor dále uvádí, že řada autorů se pokoušela o přesnější vymezení těchto prudkých dešťů, zvláště pokud jde o jejich dobu trvání a intenzitu. Tak například Hellman (konstruktér ombrografu, který se spolu s jinými srážkoměry používá v ČR) považuje za krátkodobé přívalové deště ty, které trvají 1 až 180 minut, výška srážek spadlých během této doby (pouze v mírném pásmu) může být od 10 do 81 mm. V tropických podmínkách se během cyklónů vyskytují přívalové deště, které mohou trvat i několik hodin a mohou dosahovat výšky až 2000 mm. (Například při cyklónu Flora na Kubě v říjnu 1963 spadlo za 6 hodin 1800 mm srážek v místě, kde je průměrný roční úhrn 1200 mm). Velmi podrobným studiem těchto dešťů se v Německu zabýval Haeuser (1899-1915), který jako první odvodil jejich kvalitativní a kvantitativní charakteristiky. Během tohoto studia shromáždil až 250 000 údajů z 80 stanic.

4. KLIMATICKÝ VÝPAR

Je dlouhodobý výpar z povrchu povodí v daných podmínkách zjišťovaný za časové období 1 rok. Zahrnuje všechny složky výparu (z vodní hladiny, sněhu a ledu, půdy, povrchu rostlin) a také transpiraci. Vypařování (evaporace) je proces, při kterém voda přechází z kapalného nebo pevného skupenství do skupenství plynného (Hrádek a Kuřík, 2002). Vodní pára se šíří difuzí a působením větru z prostoru nad vodní hladinou

nebo nad vlhkým půdním povrchem se přesunuje (Beran, 2000). Z fyzikálního hlediska je výpar způsoben pohybem molekul vody, které se neustále pohybují ve všech směrech a při hladině vody unikají do vzduchu. Tedy za předpokladu, že vzduch není nasycen vodní parou, jinými slovy, jestliže tlak vodních par ve vzduchu je menší než těsně nad hladinou vody nebo vlhké země, v tomto případě se bude voda dále odpařovat až do okamžiku, kdy se vzduch nasytí, nebo-li dojde-li k vyrovnání tlaků (Němec, 1965). Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že počet molekul, který se dostane do vzduchu, je závislý na napětí vodních par těsně nad povrchem (e_p^0 při teplotě povrchu t^0) a podobně počet molekul, které se dostanou ze vzduchu zpět na povrch, z něhož dochází k vypařování, je závislý na napětí vodních par ve vzduchu (e_p při teplotě vzduchu t). Intenzita výparu je tedy závislá na rozdílu napětí vodních par ve vzduchu a ve styčné vrstvě vzduchu s povrchem.

Je-li vzduch vodními parami nasycen, dochází ke kondenzaci přebytečné vodní páry. V procesu výparu se uplatňuje molekulární difúze (difúzní výpar). Molekulární difúzi, při které není uvažováno proudění vzduchu, charakterizuje Daltonův zákon. Významnější než molekulární difúze je v procesu vypařování difúze turbulentní, při které se v přilehlé vrstvě vzduchu vytvářejí k vypařujícímu povrchu podmínky pro rychlejší výměnu molekul vody. Difúzní přenos vodní páry závisí na rozdělení vlhkosti vzduchu ve vertikálním směru. Blíže k charakteristice Daltonova zákona a turbulentní difúze viz lit. (Hrádek a Kuřík, 2002).

Hrádek a Kuřík (2002) dále uvádějí, že velikost výparu ovlivňuje také roční období, teplota vzduchu a půdy, poměr zastoupení orné a lesní půdy, trvalých travních porostů, dále záleží na expozici, druhu pěstovaných plodin, na růstové fázi plodin, zdravotním stavu lesa, atd. Výpar je objem vody E [m^3] nebo výška vodního sloupce H_E [mm] vypařené za určitý časový interval z určité plochy. Intenzita výparu je výpar za jednotku času. Převodní vztah mezi objemem a výškou vrstvy vypařené vody:

$$E = 1000 \cdot H_E \cdot F_E \quad F_E - \text{plocha, z níž dochází k výparu} \quad [km^2]$$

4.1. Druhy klimatického výparu

Klimatický výpar lze rozčlenit do následujících kategorií:

Výpar z volné (vodní) hladiny, ten závisí na:

- teplotě povrchu vody
- tlaku vzduchu

- rychlosti pohybu vzduchu
- sytostním doplňku vzduchu
- velikosti výparné plochy

Výpar z holé půdy, ten je ovlivňován stejnými činiteli jako výpar z volné hladiny a dále závisí na:

- stupni nasycení půdního povrchu vodou
- barvě a struktuře půdy

Výpar z vegetace, neboli (transpirace rostlin), ten představuje:

- výpar vody, kterou rostliny přijímají kořenovým systémem, závisí také na druhu a vegetačním stadiu rostlin (Beran, 2000).

Evapotranspirace:

- je výpar z půdy a transpirace rostlin (Hrádek a Kuřík, 2002). V některých publikacích Dingman (1993) jsou uváděny pod pojmem evapotranspirace všechny procesy, kdy voda v pevném nebo kapalném skupenství přechází do atmosféry ve formě páry, což je v této práci termín shodný s pojmem klimatický výpar.

Výpar z volné hladiny je považován za základní druh výparu. Všechny druhy výparů však ovlivňují klimatičtí činitelé a to, *teplota, vlhkost vzduchu, proudění vzduchu a tlak vzduchu*. Také ostatní činitelé charakterizující prostředí, ze kterého se voda vypařuje a to, *druh půdy a její vlastnosti, plocha a tvar povrchu, vegetace povrchu a vlastnosti vypařující se vody* (Hrádek a Kuřík, 2002). Hodnoty (úhrny) výparu lze zjistit přímo, měřením výparoměrů, nebo nepřímo, početními odhady. Nepřímé odhady lze rozdělit do 4 skupin:

- 1) metody založené na energetické bilanci
- 2) metody založené na transportu hmoty
- 3) empirické vztahy vyjadřující závislost na meteorologických prvcích
- 4) bilance objemu vody (hydrologická bilance) nádrže nebo povodí

ad1) U metody založené na energetické bilanci se dle Němce (1965) vychází z rovnice:

$$E_s - E_k - E_d - E_p - E_v = E_z - E_a \quad [\text{v kal/cm}^2] \quad (4.-1)$$

kde je

E_s energie slunečního záření, vnikajícího do vodní plochy,

E_k energie odražená z krátkovlnného záření,

E_d energie dlouhovlnná ztracená do atmosféry,

E_p energie předaná přímo atmosféře,

E_v energie spotřebovaná k výparu,

E_z změna energie uvnitř hmoty vody,

E_a energie předaná z přitékající vody a nepřidaná vodě odtékající.

Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že pro metodu odhadu výparu založené na energetické bilanci je základem tepelná bilance vybraného objemu vody, např. o ploše 1m^2 a tloušťce řádu 10^{-1} m. Vychází se zde z toho, že se může vypařit pouze tolik vody, na kolik stačí přísun energie zmenšený o ztráty, za pomoci větru, jehož vliv je však zaveden pouze empirickými výrazy. Celé odvození je poměrně dlouhé a obsahuje řadu zjednodušených předpokladů. Známa je metoda podle Penmana, pro jejíž snadné použití byl sestaven nomogram viz Obr. 13.12. Vstupní údaje jsou teplota vzduchu, rychlost větru a relativní vlhkost (jednotky jsou patrné z nomogramu), vše ve výši 200 cm nad povrchem, dále radiační příkon dané lokality a měsíce v roce a poměr průměrné doby měsíčního svitu ku průměrné teoretické délce dne jako funkce polohy (poblíž některé klimatické stanice ČHMÚ) a měsíce v roce - hodnoty lze nalézt v klimatických tabulkách, výsledkem je pak denní úhrn výparu E_d v [mm]. Opakováním odhadů pro více dnů a jejich následným sčítáním je možné postupně obdržet úhrny za delší období (týden, dekádu, měsíc, sezónu, rok).

ad2) Metoda odhadu výparu založené na transportu hmoty je stejně jako předchozí metoda založena na teoretickém přístupu, přičemž si všímá jiného aspektu vypařování. Základem je aplikace zákona turbulentní difúze, účinek molekulární difúze je zanedbatelný. Výsledkem je tvrzení, že se může vypařit pouze tolik vody, kolik stačí pojmout okolní atmosféra, s určitým již ustáleným profilem koncentrace vodní páry, za pomoci větru (Hrádek a Kuřík, 2002). Němec (1965) uvádí, že metodu gradientů vlhkosti a turbulence vzduchu (větru) lze použít i pro (potenciální) evapotranspiraci. Princip je matematicky vyjádřen v *Thornthwaitově-Holzmanově* rovnici. U této rovnice je pro přesné měření třeba velmi složitých a přesných přístrojů, které musí měřit vlhkost, teplotu a turbulenci vzduchu v tenkých vrstvách nad vodou, blíže viz lit. Němec (1965).

ad3) Tento způsob odhadu je založen na empirických vztazích, odvozených na základě zpracování měřených hodnot výparu a některých jiných meteorologických prvků vybraných jako podstatné pro tento účel. Typickým výrazem u této skupiny je tvar:

$$E_x = K_1 \cdot (e_{p,max}^0 - e_p) \cdot f(u) + K_2 \quad (4. -2)$$

kde je, E_x úhrn výparu za časový interval x , K_i konstanty, $e_{p,max}^0$ napětí nasycených vodních par při teplotě vypařujícího povrchu, e_p napětí vodních par, $f(u)$ funkce rychlosti větru (u) v určené výšce (h), $e_{p,max}^0 - e_p$ výraz ekvivalentního sytostního doplnku.

Hrádek a Kuřík, (2002) uvádějí, že ekvivalentní sytostní doplněk je někdy z nouze nahrazován sytostním doplnkem vzduchu, tzn., že je zanedbán rozdíl teplot vypařujícího povrchu a vzduchu. Existuje velké množství vztahů tohoto typu. Všechny empirické vztahy lze úspěšně používat pouze ve stejné oblasti, nebo ve stejných podmínkách, pro které byly vzorce odvozené, nedodržením těchto podmínek vzniká riziko výrazných systematických chyb. Rychlost větru viz Tab. 4.1., se odhaduje podle jeho účinků u povrchu terénu a je vyjádřena ve stupních Beauforta.

Tab. 4.1. Beaufortova mezinárodní stupnice rychlosti větru (Hrádek a Kuřík, 2002).

°B	Označení	Rychlost [m.s ⁻¹]	Účinky
0	bezvětří	0,0 – 0,5	kouř stoupá svisle vzhůru
1	vánek	0,6 – 1,7	vítr pohybuje kouřem
2	slabý vítr	1,8 – 3,3	vítr je cítit ve tváři; listy šelestí
3	mírný vítr	3,4 – 5,2	listy i větévky stromů se pohybují; praporek se větrem napíná
4	skoro čerstvý vítr	5,3 – 7,4	zvířený prach; unášené papíry; pohyb menších větví
5	čerstvý vítr	7,5 – 9,8	menší listnaté stromy se chvějí; na stojaté vodě se tvoří vlny se zpěněnými hřebeny
6	silný vítr	9,9 – 12,4	silné větve v pohybu, telefonní dráty sviští, používání deštníku je obtížné
7	prudký vítr	12,5 – 15,2	celé stromy v pohybu; chůze proti větru je obtížná
8	bouřlivý vítr	15,3 – 18,2	vítr láme větve; chůze je nemožná
9	vichřice	18,3 – 21,5	menší škody na stavbách (shozené tašky ze střech)
10	silná vichřice	21,6 – 25,1	vítr vyvrací stromy; velké škody na stavbách
11	mohutná vichřice	25,2 – 29,0	ohromné škody
12	orkán	více než 29,0	všeobecné ničení

Hrádek a Kuřík (2002) doporučuje pro výpočet průměrného denního výparu z volné vodní hladiny ČSN 751400-9 nomogram dle Petroviče viz Obr. 13.13.

ad4) Výpočet výparu pomocí bilance objemu vody (hydrologická bilance). Jde o metodu založenou na bilanční rovnici nádrže, dle Němce (1965) jde o rovnici:

$$V_h = \Delta W + P_p + P_{pz} + S - O_p - O_{pz} \quad (4.—3)$$

kde je

V_h výpar z celé vodní plochy nádrže za dobu t ,

ΔW změna objemu vody za t ,

P_p přítok povrchový za t ,

P_{pz} přítok podpovrchový za t ,

O_p odtok povrchový za t ,

O_{pz} odtok podzemní za t , (průsak hrází a dnem)

S srážky spadlé na vodní plochu za t .

Zjištění některých členů bilanční rovnice (4.—3) zvláště pak P_{pz} a O_{pz} , je v praxi většinou velmi obtížné; obtížné je i určit základní hodnoty ΔW pro krátkodobé (denní a týdenní hodnoty), ale pro roční hodnoty má tato metoda velmi dobré výsledky. Dle Hrádka a Kuříka, (2002) je stejná metoda používána u měření výparu výparoměrnými nádobami a bazény, kdy v rovnici (4.—3) vystupují pouze členy S , V_h , ΔW a všechny tři hodnoty úhrnů jsou zjišťovány s vysokou přesností na 10^{-1} mm.

Výpar z půdy a rostlin - evapotranspirace

Dle Němce (1965) se výpar z půdy bez jakéhokoliv vegetačního krytu zkoumá hlavně proto, aby byly zjednodušeny velmi složité podmínky výparu z půdy s vegetačním krytem (evapotranspirace). Největší vliv na výpar z půdy (mimo základní podmínky výparu, stejné jako u výparu z volné hladiny) má pohyb a stav vody v půdě. Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že výpar z půdy může probíhat do okamžiku, kdy se vyrovná celkový potenciál půdní vody s potenciálem vodních par v přilehlé vrstvě vzduchu. Difúzi vodních par v půdě kladou tedy odpor síly poutající půdní vodu, toto může bránit pronikání vodní páry do atmosféry stejně tak jako přerušená povrchová vrstva půdy. Výpar z půdy v závislosti na jejím vlhkostním stavu (Kosovič, 1976 in Hrádek a Kuřík, 2002) rozlišuje na tři stadia:

- a) Při dostatečném přísunu vody k povrchu se nasycení vodních par ve styčné vrstvě vzduchu s povrchem rovná stupni nasycení vrstvy nad volnou vodní hladinou. Za tohoto stavu se hodnota výrazu označuje jako *potenciální výpar z půdy*.
- b) Úbytek vypařené vody z povrchové vrstvy půdy výparem je doplňován přítokem k povrchu ze spodních vrstev půdy.
- c) Při nedostatečném přísunu vody do povrchové vrstvy dochází k přerušení výparu a na povrchu vzniká přesušená půdní vrstva, která snižuje difúzi vodní páry do atmosféry.

Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že potenciální výpar - E_p je největší možný výpar při daných klimatických podmínkách. Vyjadřuje možnosti přísunu energie a schopnost atmosférického prostředí přijímat vodní páru z vypařujícího povrchu. Při výpočtu potenciálního výparu, tedy při nasycené povrchové vrstvě půdy, se používá rovnic uvedených pro výpočet výparu z volné vodní hladiny, jako nejvhodnější se však jeví rovnice dle Penmana s uvážením tepelné bilance povrchu půdy. Transpirace rostlin je ovlivněna fyziologickými procesy v rostlinách a fyzikálně chemickými procesy mimo rostliny. V rostlinné hmotě fyziologické procesy ovlivňují transport vody kořenovými buňkami a buňkami rostlinné hmoty. Fyzikálně chemické procesy mimo rostliny představují přítok vody v půdě ke kořenům rostlin a difúzi vodní páry přes podprůchodové dutinky do atmosféry. Pro meliorační a s ní související hydrologickou problematiku je dle Němce (1965) nejdůležitější výpar z půdy a z jejího vegetačního krytu, tedy z naprosté většiny povodí. Jak již bylo uvedeno, jde o transpiraci (fyziologický výpar) rostlin a výpar z půdy, na které tyto rostliny rostou. Každý z těchto výparů spolu úzce souvisí a vzájemně se ovlivňují, proto se zkoumají jako jeden jev - *evapotranspirace*. Výpočet evapotranspirace je zároveň výpočtem *vláhové potřeby* rostliny a to jak skutečné tak praktické. Nelze-li však tuto potřebu zjistit, pak vláha, kterou rostlina spotřebuje, bude *vláhovou spotřebou*. Je-li vláha zajištěna například závlahou, pak vláhová spotřeba a potřeba jsou totožné a rovné potenciální evapotranspiraci. Na počátku převládá výpar vody z půdy, avšak s růstem rostlin se zvětšuje transpirace a zároveň i zastínění půdního povrchu rostlinami. Jakmile se dosáhne maxima, transpirace některých plodin ke konci vegetačního období klesá. Za daných podmínek (určitého sytostního doplňku, teploty vzduchu a vody apod.) se může vypařit určité maximální množství vody za jednotku času. Toto množství se však ve skutečnosti nemusí vypařit, nebude-li voda k dispozici. Při výparu z volné hladiny (jezera, nádrže apod.) se předpokládá, že se nikdy prakticky nevypaří veškerá voda

(alespoň v našich klimatických podmínkách, v aridních klimatech by tento předpoklad nebyl správný), a proto se potenciální výpar v tomto případě jeví jako totožný se skutečným (reálným) výparem - E . Při výparu z půdy a z rostlin (evapotranspiraci) je tomu však většinou právě naopak.

Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí pro výpočet evapotranspirace rovnici dle Penmana (4.—4) odvozenou ze vztahů pro výpočet výparu z volné vodní hladiny, s uvážením vlivu rostlinného krytu na energetickou bilanci povrchu, transpirační schopnost rostlin a půdní charakteristiky.

$$H_{et,p} = \varphi \cdot H_E \quad (4.—4)$$

kde je

$H_{et,p}$ výška potenciální evapotranspirace za zvolené časové období [mm],

H_E výška výparu z volné vodní hladiny,

φ opravný součinitel.

Hodnoty φ závisí na druhu vegetačního krytu a jeho vývojovém stádiu (v jednotlivých měsících).

5. ODTOK

V této kapitole jsou uvedeny všechny druhy odtoku. Dle Hrádka a Kuříka (2002) voda ze spadlého deště se do uzavíracího profilu povodí dostává třemi způsoby a to: *povrchovým odtokem, odtokem prosakující gravitační vody (tzv. hypodermický odtok) a odtokem podzemní vody*. Poslední dva jmenované odtoky představují odtok podpovrchový.

U povrchového odtoku jde o gravitační pohyb vody po svahu (hydrografickou mikrosítí) nebo soustředěný odtok říční sítí k uzavíracímu profilu povodí. Němec (1965) uvádí, že voda z hydrografických mikrosítí vtéká do potoků a řek, kam se dostává také voda z pramenů a voda podzemní. Hydrografickou sítí vytváří potoky a řeky, které mají svá stálá koryta. Hydrografické sítě narozdíl od mikrosítí jsou v podstatě stálé a zaznamenávají se na mapách. Povrchový odtok je ovlivňován velkým počtem činitelů, které jsou úzce spjati s povodím toku Hrádek a Kuřík (2002) jej rozlišují na tři základní skupiny činitelů:

- geografičtí činitelé
- klimatičtí činitelé
- technické zásahy v povodí

Němec (1965) zmiňuje i jiné rozčlenění činitelů ovlivňujících utváření povrchového odtoku:

- půdní a geologické vlivy povodí
- vliv vegetačního krytu
- vliv hustoty říční sítě na odtoku
- vliv vodních nádrží umělých i přirozených
- vliv lidské činnosti
- ledové jevy na tocích.

Beran (2000) uvádí, že hypodermickým odtokem rozumíme tu část podzemního odtoku, který se tvoří relativně blízko pod povrchem půdy (orniční vrstva, lesní hrabanka), tento odtok představuje podstatnou část odtoku a často se zahrnuje do povrchového odtoku. Povrchový odtok se může i změnit např., vyvěráním z ornice do hluboké brázdy, vytvořené při orbě, nebo vyvěráním na hranici mezi polem a loukou. Ke snížení povrchového odtoku lze dosáhnout dle Tippla a Bohuslávka (1997) protierozními opatřeními, která spočívají v pěstování plodin s vysokým protierozním ochranným účinkem např., travní porosty, jeteloviny, luskoviny nebo obiloviny, na sklonitějších a erozně ohrožených pozemcích a naopak na pozemcích méně skloněných nebo části pozemku méně ohroženého vodní erozí, plodiny s nízkým protierozním účinkem např., kukuřice a brambory.

Odtok prosakující gravitační vody (hypodermický) odtok představuje, jak již bylo řečeno část odtoku podpovrchového, jde o část infiltrovaných srážek, která se nepodílí na zvýšení půdní vlhkosti. Prosakující gravitační voda nedosahuje hladiny podzemní vody. Mezi půdní vodou a zvodněným horizontem probíhá neustále výměna vody, přičemž *intenzita* a *směr* této výměny závisí na různých činitelích. Mezi nejvýznamnější činitele, které ovlivňují režim půdní a podzemní vody patří: rozdělení a objem srážek, propustnost vody, kapilární vlastnosti půdy v zóně areace, retenční vodní kapacita půdního profilu, hloubka hladiny podzemí vody a kolísání hladiny podzemní vody (Hrádek a Kuřík, 2002).

Pod pojmem odtok podzemní vody rozumíme proud podzemní vody, který se pohybuje ve směru sklonu nepropustného podloží, rychlost proudění je zejména závislá na charakteru půdního a horninového prostředí. Srážková voda, která infiltruje k hladině podzemní vody se dostává podzemním přítokem do povrchového toku s časovým zpožděním (Beran, 2000).

5.1. Řízení odtoku

Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že základním předpokladem pro řízení odtoku je *přirozená akumulace vody* (v jezerech, v půdě, ve zvodněných vrstvách hornin, ve sněhu a ledu) a *umělá akumulace vody* ve vybudovaných nádržích. Přirozená akumulace přispívá ke zvýšení akumulační a retenční schopnosti povodí, ale neumožňuje operativní řízení odtoku. Operativní řízení odtoku však umožňuje umělá akumulace vody a to v nádržích, jezerech a zejména v přehradách. Nejdůležitějšími znaky řízení odtoku jsou:

- možnost zvyšování nebo snižování průtoku pod nádrží na žádoucí hodnotu
- operativnost řízení při změnách přítoku do nádrže např., při povodních.

Přítok do nádrže je odtokem z povodí, které je definováno uzavíracím profilem a to hrází nádrže. Je to náhodný jev stochastického charakteru a jeho časový průběh (hydrogram) odvozujeme buď z pozorovaných hodnot, v minulosti (zpracováním dlouholeté řady pozorování) nebo jej odvozujeme např. matematickým modelem.

Odtok z nádrže je výsledkem regulace přítoku nádrží a vzhledem k přítoku má rovněž stochastický charakter. Průběh odtoku musí splňovat dané požadavky návrhových mezí, ty poskytují informace o vyrovnanosti odtoku. Dolní návrhová mez stanoví zaručený (minimální) průtok pod nádrží, horní návrhová mez stanoví neškodný (maximální) průtok pod nádrží. Řízení odtoku může být dle praktických požadavků zaměřeno buď na dodržení zaručeného průtoku pod nádrží (v suchém období), jde o dva druhy řízení odtoku - nalepšování průtoků nebo snižování průtoků pod hodnotu neškodného průtoku akumulací v nádrži. Nalepšování průtoků je buď rovnoměrné, sezónně rovnoměrné, nebo obecně nerovnoměrné. Snižování průtoků je děleno na snižování ovladatelným ochranným (retenčním) prostorem nádrže, nebo snižování neovladatelným retenčním prostorem. Při všech druzích řízení odtoku platí základní vztah:

$$Q \cdot dt - Q' \cdot dt = dW \quad (5.—1)$$

nebo diferenční tvar

$$Q \cdot \Delta t - Q' \cdot \Delta t = \Delta W \quad (5.—2)$$

kde je

Q přítok do nádrže

Q' odtok z nádrže

ΔW změna objemu vody v nádrži

V rovnici (5.—1) se uvažuje plynulý časový průběh hodnot Q , Q' a W , v diferenčním tvaru (5.—2) předpokládáme v intervalu Δt přímkový průběh uvedených hodnot.

5.2. Transformace povodňové vlny

Dle Kašpárka (1997) za příčinu mimořádných povodní v České republice lze vždy považovat vydatné dešťové srážky, pomineme-li povodně způsobené ledovými jevy. Na malých povodích vznikají mimořádné povodně převážně z krátkodobých intenzivních dešťů (konvenčního typu), na středních povodích z delších srážek, vyvolanými frontálními systémy zejména (studené fronty), plošně nejrozsáhlejší povodně (podobné v ČR z roku 1997) jsou způsobeny až pětidenními srážkami vyvolanými působením tlakové níže. Mezi nejčastější povodně patří povodně z krátkodobých dešťů, zpravidla však zasahují malá území, i když následky povodní jsou zde často katastrofální. Naopak povodně způsobené mimořádnými dlouhodobými dešti a plošně rozsáhlými srážkami postihují řadu povodí a rozvodňují i velké toky. Němec (1965) uvádí, že časovou změnu průtoků vyjadřuje hydrogram povodňové vlny, k jeho vyjádření lze použít trojúhelníkovou schematizaci, ze které plyne, že:

$$VQ_{\text{sníž}} = VQ \left(1 - \frac{W}{A} \right) \quad (5. —3)$$

popřípadě

$$VQ_{\text{sníž}} = VQ - \frac{2W}{T} \quad (5. —4)$$

kde je

$VQ_{\text{sníž}}$ snížený kulminační průtok transformované vlny pod nádrží,

VQ kulminační průtok nad nádrží,

W objem retenčního prostoru,

A objem povodňové vlny,

T doba trvání povodně.

Dle Hrádka a Kuříka, (2002) se objem retenčního prostoru většinou zjišťuje jako násobek plochy nádrže a výšky přepadového paprsku přes bezpečnostní přeliv, objem povodňové vlny je stejný před průchodem i po průchodu nádrží.

Obecně platí:

- 1) $Q = Q'$ hladina vody v nádrži se nemění,
- 2) $Q > Q'$ dochází k akumulaci vody v nádrži (zvyšování hladiny),
- 3) $Q < Q'$ dochází k vyprazdňování nádrže (snížení hladiny).

Změnu objemu vody v nádrži vyjádříme diferenciální rovnicí (5.—1), kde $dW = F \cdot dh$, F je průměrná zatopená plocha v intervalu změny hloubky dh , dh je změna hloubky. Pak lze diferenciální rovnici vyjádřit následovně:

$$Q \cdot dt - Q' dt = F \cdot dh \quad (5. —5)$$

Podle Hrádka a Kuříka, (2002) řešením rovnice (5. —5) je určení závislosti $Q' = f(t)$, známe časový průběh přítoku do nádrže $Q = f(t)$ a čaru zatopených ploch nádrže $F = f(h)$. Řešení transformace lze provést graficky nebo početně a to s využitím výpočetní techniky.

6. HYDROMETRIE

Se zabývá měřením vodních toků a hydrologických jevů (slovník cizích slov, 2009). Pozorováním a měřením atmosférických jevů se zabývá *meteorologie*, jejich dlouhodobý režim zkoumá *klimatologie*. Hydrologie využívá meteorologické a klimatické podklady, v některých případech se provádí v rámci hydrologie i měření hydrologicky nejvýznamnějších meteorologických prvků, zejména atmosférických srážek, výparu a činitelů, které jej ovlivňují jako např. teplota, tlak, vlhkost vzduchu apod., (Hrádek a Kuřík, 2002).

6.1. Měření srážek

Srážkové úhrny se měří ve srážkoměrných stanicích, které jsou vybaveny zařízením pro systematické měření srážek. Srážkoměrnou stanicí tvoří srážkoměr (ombrometr, ombrograf) s příslušenstvím. V ČR používaný ombrometr se skládá z měrné plechové válcovité nádoby o výšce 100 mm, průměru 252,3 mm. Srážkový úhrn se pozorováním zjišťuje každý den v 07:00 hodin s datem předešlého dne. Dokonalejším přístrojem, který zaznamenává časové narůstání dešťových srážek je ombrograf. V ČR je nejrozšířenějším ombrografem METRA 501, ten se skládá z plechové válcové skříně se zapuštěnou záchytnou nádobou o ploše 250 cm². Hrádek a Kuřík (2002) dále uvádějí, že v posledních letech jsou ombrografy nahrazovány *automatickými srážkoměry*. Tyto pracují na principu tzv. kolébky, která se po zaplnění definovaným množstvím vody (odpovídající 0,1 mm) vlastní vahou vyprázdní a impuls, který vzniká překlopením je elektronicky zpracováván. V zimním období je nálevka automatického srážkoměru vytápěna tak, aby všechny pevné srážky roztály. Přesnější, zato finančně nákladné jsou *váhové srážkoměry*, které zaznamenávají průběh srážek kapalných i pevných. Němec (1965) uvádí, že na místech, kam je obtížný přístup (na horách), se umísťují srážkoměry, které soustřeďují všechny druhy srážek po delší dobu (týden, měsíc i rok), jde o tzv. *totalizátory*. V minulosti byl nejznámější N i p h e r ů v totalizátor, pojmenovaný podle švýcarského lesníka, který ho jako první použil již v roce 1878. Aby se srážky nevypařily, přidával se do nádob vazelinový olej, aby došlo k rozpuštění i pevných srážek, přidával se do nádob chlorid vápenatý.

K měření výšky sněhových srážek se používají sněhoměrné latě, které jsou buď přenosné, nebo zapuštěné do půdy *přesnost ± 1 cm* (Hrádek a Kuřík, 2002).

6.2. Měření výparu

Výpar z volné hladiny se zjišťuje buď z přímého měření (existuje řada výparoměrů), nebo se odvozují nepřímo pomocí empirických vzorců a vodní bilance nádrže (Beran, 2000). Kromě různých metod pro výpočet výparu viz kap. 4, se používají k zjištění hodnot výparu měřicí přístroje, které nazýváme výparoměry. Umísťují se buď na meteorologických stanicích (volná prostranství) nebo jako plovoucí výparoměrné stanice na volné hladině (Hrádek a Kuřík, 2002). Němec (1965) uvádí, že v minulosti byl nejrozšířenějším výparoměrem o volné hladině Wildův výparoměr, podobný listovým miskovým vahám. Miska má plochu 250 cm^2 a je naplněna vodou do výšky 15 mm. Tento přístroj bývá umístěný do meteorologické budky, kde je chráněn před působením větru, osluněním a jinými vlivy, takže jeho údaje zdaleka nemohou souhlasit se skutečným výparem z vodních nádrží. Vzhledem k tomu, že se tímto výparoměrem měřilo dlouhá léta na mnoha stanicích, takže existují dlouhodobá a rozsáhlá pozorování, snažila se řada odborníků tyto údaje převést na skutečné hodnoty pomocí opravných koeficientů. Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, že se pravděpodobná hodnota výparu vypočte přenásobením naměřené výparnosti převodním koeficientem $k_W = 0,75$ až $0,80$. Němec (1965) uvádí, že byly navrženy malé staniční výparoměry tzv. pánvové výparoměry, z jejichž měření lze usoudit skutečné podmínky výparu z rozsáhlé vodní hladiny. U nás se zaváděl tzv. Rónův výparoměr o ploše 2000 cm^2 , ale Výzkumný vodohospodářský ústav jej nedoporučil používat a navrhl vybavit staniční sítě výparoměry vlastní konstrukce, které splňují podmínky přesnosti (VÚV – podle A. Šermera). Hrádek a Kuřík (2002), u Rónova výparoměru uvádějí určení hodnot výparu vynásobením převodním koeficientem $k_r = 0,60$ až $0,68$. V USA a jiných zemích, kde je americká technika rozšířena, se převážně používá typ „Class A Pan” o výparné ploše asi 7000 cm^2 (Němec, 1965). Dle Hrádka a Kuříka (2002) je standardní výparoměr obměnou ruského typu výparoměru GGL-3000, má výparoměrnou plochu 3000 cm^2 , (průměr 61,8 cm), výška je 60 cm a jeho horní okraj se umísťuje 25 cm nad terénem. Přesná plocha hladiny se zjišťuje pomocí patentované konstrukce umístěné uvnitř výparoměru. Výparoměrné bazény se především využívají pro výzkumné účely a srovnávací měření, ze kterých se odvozují hodnoty převodních koeficientů pro menší výparoměry. Plovoucí výparoměrné stanice jsou umísťovány na vodních plochách větších nádrží, skládají se z plovoucí konstrukce (voru), na které jsou připevněny výparoměry různých velikostí, srážkoměry a meteorologické budky.

6.3. Měření evapotranspirace

Podle Němce (1965) evapotranspiraci lze přímo měřit v podstatě třemi metodami. Metodou vegetačních nádob, metodou lyzimetrů a metodou vodní bilance.

U metody vegetačních nádob jsou rostliny pěstovány v nádobách naplněných zemínou, ve které se udržuje stálá zásoba vláhy. Většinou jsou nádoby umístovány v laboratorních podmínkách, čímž se celý proces evapotranspirace i růst rostlin zkresluje mikroklimatem, který je odlišný od přírodních poměrů (Hrádek a Kuřík, 2002). Nevýhodu umělých podmínek metody vegetačních nádob se snaží odstranit půdní výparoměry tzv. *lyzimetry* (Němec, 1965). K měření evapotranspirace metodou lyzimetrickou se dle Hrádka a Kuříka (2002) používají výparoměry (lyzimetry), které jsou umístovány v přírodním prostředí. Lyzimetry jsou různých velikostí, obvykle mají objem 2 až 3 m³, největší mají až několik tisíc m³. Podstatou lyzimetrů je oddělení bloků (monolitů) půdy v přirozeném vrstvení od okolní půdy se stejnou vegetací. Rozlišujeme dva základní typy lyzimetrů:

- lyzimetry se stálou, uměle udržovanou hladinou podzemní vody,
- lyzimetry s přirozeným vláhovým režimem.

U lyzimetrů se stálou hladinou podzemní vody bývá blok půdy uložen na vrstvě písku, hladina vody se udržuje doplňováním z nádrže na principu spojených nádob. U lyzimetrů s přirozeným vláhovým režimem se měří množství spadlých srážek, povrchový i podzemní odtok. Úbytek vláhy z lyzimetru u tohoto typu se zjišťuje vážením. Metoda vodní bilance, kterou Hrádek a Kuřík (2002) uvádějí, jako metodu vláhové bilance půdního profilu se aplikuje na přírodních plochách s homogenními charakteristikami (vegetací) o malé rozloze, ale i na velkých povodích s rozmanitou vegetací. Podle Němce (1965) lze metodu podstatně zrychlit a mechanizovat např. tenzometrem, elektrickým odporem apod., pak lze hodnoty evapotranspirace takto měřit pro dny, týdny, měsíce a součtem i pro dlouhá období. K určení dlouhodobé evapotranspirace pozorováním na větším povodí (kde lze zanedbat vodní plochy) se pak používá běžné bilanční rovnice (2.—3).

6.4. Měření vodních stavů

Němec (1965) uvádí, že nejstarší a nejběžnější hydrologické pozorování je měření polohy vodní hladiny neboli vodního stavu. Již 3300 let př. n. l. byl pozorován vodní stav na Nilu tzv. Nilometrem. Nejstarší vodočet v ČR byl zřízen roku 1826 u staroměstských

mlýnů v Praze. Vodní stav může být zpracován nebo přímo použit např. pro plavbu, pro situování kót staveb (mostů, čerpacích stanic) nebo pro měření průtoků. Na vodoměrných stanicích, kde jsou prováděna pravidelná (denní) měření průtoků, je vždy pozorovanou hodnotou vodní stav a průtok je z něho odvozován pomocí konzumpční křivky měrného profilu. Přitom je třeba zdůraznit, že vodní stav nelze zaměňovat s hloubkou vody, která je většinou (u přírodních toků) v každém bodu profilu jiná.

Nejjednodušším zařízením pro měření vodních stavů je *vodočet*, jedná se o hladinoměr, který umožňuje okamžité odečítání vodního stavu na svislé nebo šikmé stupnici. Jde o vodočetnou lať (dřevěná, kovová) se stupnicí s dělením po 2 cm, decimetry jsou označeny arabskými čísly, celé metry čísly římskými. Nula vodočtu musí být znivelována, tím se zajistí její nadmořská výška, která je vztažena na státní nivelaci. Stabilizace pevných bodů musí být provedeno podle příslušných geodetických směrnic. Používá se i tzv. *dělený vodočet* tam, kde vodočetná lať nedosáhne všech předpokládaných vodních stavů ve vodočetném profilu (toky se širokým, mělkým korytem), dělený vodočet je složen z několika vodočetných latí (Hrádek a Kuřík, 2002). Němec (1965) uvádí, že se kromě laťových vodočtů používají v laboratořích i vodočty hrotové s mikrometrickým šroubem, v nádržích se používají vodočty plovákové, ty udávají zpravidla rozdíl mezi hladinou nad a pod přehradou.

K zachycení časového průběhu vodních stavů se používají limnigrafy, ty se dále dělí na *plovákové*, *pneumatické*, *elektrické* aj. V minulosti byl používán univerzální limnigraf typ 501. Tento limnigraf se skládá z měrného ústrojí a plováku, zavěšeném na bronzovém pásu s protizávažím. Hlavní nevýhodou plovákových limnigrafů je kromě technické náročnosti především grafická forma záznamu, která se již nedá využít k dalšímu počítačovému zpracování. Proto jsou v současnosti plovákové limnigrafy nahrazovány jinými a to elektrickými, ultrazvukovými a tlakovými, tyto se skládají z čidla a sběrné jednotky (datalogger), ta data uchovává v elektronické podobě. Interval ukládání měřených hodnot lze navolit dle účelu pozorování. Např. tlakový limnigraf je založen na principu snímání hydrostatického tlaku, ze kterého lze snadno odvodit výšku vodní hladiny nad tlakovým čidlem. Dalšími měřeními, kterými se zabývá hydrometrie jsou dle Hrádka a Kuříka (2002) např., měření průtoků, podrobnější údaje viz uvedená literatura.

7. VODNÍ DÍLO NECHRANICE



Obr. 7.1. Pohled na VD Nechranice (Povodí Ohře, 2008).

Nechranická přehrada leží v Ústeckém kraji na řece Ohři mezi městy Kadaň, Chomutov a Žatec; svou rozlohou 1 338 ha je šestou největší přehradní nádrží v České republice. VD má několik nej. Především se může pochlubit nejdelší hrází ve střední Evropě, která měří 3280 m, svým objemem 9,5 mil. m³ patří mezi největší evropské sypané hráze, v povodí Ohře vytváří největší nádrž. Přehrada byla vybudována v letech 1961 až 1968, kdy při výstavbě bylo zaplaveno 6 obcí viz Kap. 7.5. Její část byla vyhlášena Ptačí oblastí a je součástí soustavy Natura 2000 (Wikipedia, 2008). O ptačí oblasti a soustavě Natura 2000 blíže viz (Ptačí oblasti v ČR, 2009).

7.1. Účel VD

Hlavním účelem VD Nechranice je kompenzační nadlepšování průtoků na Ohři pod vodním dílem pro zásobení vodárenského, průmyslu, energetiky, zemědělství a rekultivací, zajištění minimálního průtoku v profilu Louny, snížení velkých vod na Ohři a částečná ochrana území pod nádrží před povodněmi.

Dalšími účely vodního díla jsou likvidace následků havárií, výroba elektrické energie v malé vodní elektrárně Nechranice, ovlivňování zimního průtokového režimu pod vodním dílem za účelem omezení nežádoucích ledových jevů, dále vodní sporty, rekreace a rybné hospodářství (Pail a Kovaříková, 2008).

7.2. Kapacita

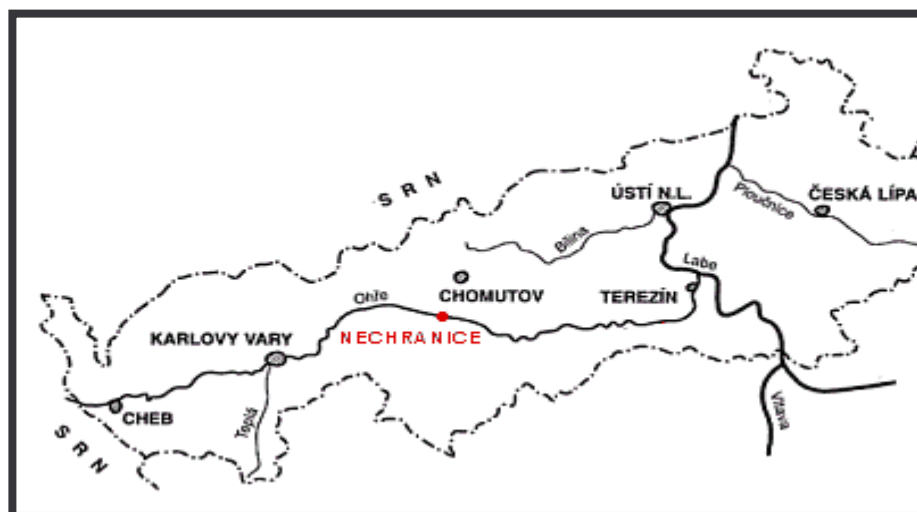
Kapacita uváděná Povodím Ohře (2008) je:

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| ✓ Minimální průtok pod hrází | 8 m ³ /s |
| ✓ Neškodný průtok pod vodním dílem | 170–200 m ³ |
- v profilu limnigrafu Stranná

7.3. Poloha

VD Nechanice leží přibližně v polovině toku řeky Ohře na českém území, 9 km jižně od Chomutova, 5 km východně od Kadaně a 10 km západně od města Žatec. Výběr přehradního profilu vycházel jednoznačně z požadavku získat co největší nádržní prostor s nízkými investičními náklady. Z hlediska geologického byla nádrž vystavěna na nejnevhodnějším podloží (mocnost nezpevněných sedimentů je až 350 m s četnými uhelnými slojemi, naplněnými artézskou vodou). Celé údolí Ohře je zde postiženo sesuvnými pohyby (tekuté písky). Z hlediska možnosti vytvoření co největšího objemu nádrže byla však vystavěna na tom nejlepším území. Poloha VD Nechanice je zobrazena na Obr. 7.2. (Broža a kolektiv, 2005).

- | | |
|-----------------------|-------------|
| ✓ Tok | Ohře |
| ✓ říční km | 103,44 |
| ✓ hydrologické pořadí | 1-13-02-121 |
| ✓ okres | Chomutov |
| ✓ Kraj | Ústecký |



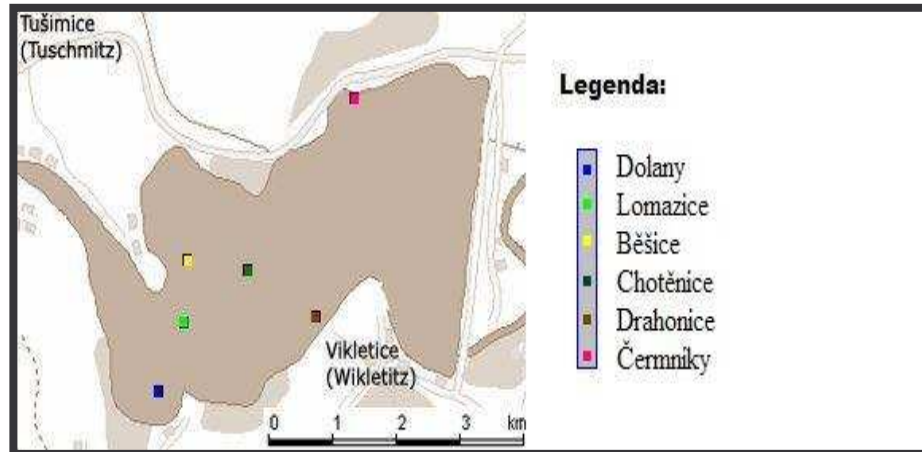
Obr. 7.2. Poloha VD Nechanice (Povodí Ohře, 2008).

7.4. Údaje o výstavbě

Výstavba VD probíhala od ledna 1961 až do prosince 1968, přičemž první napouštění nádrže probíhalo již 5.10.1967. Výstavbu realizovaly Vodní stavby, o. p., závod Chomutov pro tehdejší ředitelství vodních toků, Praha na podkladě dokumentace zpracované hydroprojektem Praha. Technologickou část zabezpečovalo ČKD Blansko (Broža a kolektiv, 2005). Některé objekty na VD již byly rekonstruovány, např. betonový návodní svah hráze s dilatačními spárami byl příčinou pozdějších poruch na návodním líci, až technologie opravy těchto dilatačních spár, provedená Potápěčskou stanicí v. o. s. Chomutov v letech 1998 až 2004, tento problém vyřešila. V letech 2002 až 2004 provedena rekonstrukce bezpečnostního přelivu, která se stala největším protipovodňovým opatřením na území Povodí Ohře. Bylo zrekonstruováno pouze střední pole bezpečnostního přelivu, kdy byla stávající hradící konstrukce nahrazena segmentovým uzávěrem s železobetonovou nornou stěnou. Původní bezpečnostní přeliv kontroloval prostor nádrže mezi kótami 268,00 až 271,90 m n. m. Rekonstrukcí však bylo docíleno zvýšení ovládací schopnosti na VD o 5 m, tedy v rozmezí kót 263,00 do 271,90 m n. m. Retenční prostor nádrže již lze zvětšit předvypuštěním, během prvních tří dnů je možno předvypustit až 18 mil. m³ vody. Dále v letech 2003 až 2004 byla provedena technická opatření na návodním líci, zde je umístěn na koruně hráze vlnolam, který zamezuje přelití sypané hráze vlnami na hladině vody v nádrži. Konstrukce vlnolamu byla celoplošně sanována, na korunu vlnolamu se osadily železobetonové prefabrikáty, které zajistí dlouhodobou životnost (Povodí Ohře - Informační leták). Vodohospodářská řešení vodních nádrží stanoví ČSN 75 2405 (Český normalizační institut, 2004). Navrhování přehrad její hlavní parametry a vybavení stanoví související ČSN 73 6814 (Český normalizační institut, 2004). Na Obr. 7.6. a 7.7. jsou vybrány dobové fotografie počátků výstavby MVE Nechranice a počátky výstavby bezpečnostního přelivu s navazujícím betonovým skluzem (Broža a kolektiv, 2005).

7.5. Zaniklé obce

Jak již bylo řečeno výstavbou VD Nechranice bylo zatopeno 6 vesnic, náhradní občanská a bytová výstavba byla soustředěna do okolních obcí Střezov, Chbany a Hořence, na Obr. 7.3. je znázorněno původní umístění zaniklých obcí před výstavbou VD Nechranice.



Obr.7.3.Zaniklé obce (Zaniklé obce, 2008).

7.5.1. Historie zaniklých obcí

Dolany - ležely na pravém břehu Ohře v nadmořské výšce 250 m, zhruba 7 km JV od Kadaně. Jejich katastr měřil 219 ha a půda patřila k nejlepším v okrese. Ohře u Dolan vytvářela několik ostrovů a její břehy tu byly nízké. Dolany byly původně slovanská osada a její jméno bylo odvozeno od staročeského podstatného jména dól - důl, dolík, dolina. První doložená zpráva je podle Schütze z roku 1235, ale stará německá regionální literatura uvádí, že první zmínka je v listině již z roku 1165. Předpokládá, že kostel v Dolanech byl postaven již v 11. století. To by znamenalo, že Dolany byly jedny z nejstarších sídlišť v údolí Ohře.

Lomazice - ležely na pravém břehu Ohře, v nadmořské výšce 240 m. Od Kadaně byly vzdáleny zhruba 7 km na JV. Půda zde byla velmi úrodná, zasahovala sem již žatecká chmelová oblast a zdejší zemědělci měli chmelnice od minulého století na obou březích Ohře. Při každoročních povodních, po tání sněhu, bývaly chmelnice zatopeny a velké škody působilo také tání ledu. Naopak zase v suchých letech bývalo v Ohři tak málo vody, že se dalo po vyčnívajících kamenech přejít na druhý břeh.

Běšice - ležely na levém břehu Ohře 7 km JV od Kadaně v nadmořské výšce kolem 250 m. Katastr měřil 226 ha a půda zde byla vhodná pro pěstování chmele, cukrovky, pšenice, ale nebyla tak úrodná jako u sousedních vesnic. Na některých místech ztěžoval pěstování velký obsah vápna v půdě. Název Běšice je slovanského původu a první známá zmínka o nich je z roku 1290, kdy jsou uváděny jako majetek chomutovské komendy řádu německých rytířů.

Chotěnice - ležely na levém zvýšeném břehu Ohře v nadmořské výšce 245 m, 7,8 km JV od Kadaně, v těsné blízkosti Běšic. Svými chmelnicemi patřily již k typické žatecké rovině a k okrajové zóně pravěkého osídlení Čech, jak dokazují nálezy archeologů z doby bronzové. Název osady byl slovanského původu a první zmínka o ní je z roku 1401. Katastr obce měřil 168 ha a půda tu byla velmi úrodná.

Drahonice - ležely na pravém břehu Ohře 8,7 km JV od Kadaně, v nadmořské výšce 240 m. Půda tu již nebyla tak dobrá jako v sousedních vesnicích. Přesto se obyvatelstvo zabývalo převážně zemědělstvím, pěstovali hlavně žito a oves a byly zde i chmelnice. Při zahájení stavby Nechranické vodní nádrže v roce 1961 zde začal také archeologický výzkum a pokračoval až do roku 1967. Ten prokázal, že tato lokalita byla osídlena již od 6. tisíciletí před n. l. Název Drahonice je slovanského původu a první známá zpráva o jejich existenci je z roku 1318 - de Drahonicz. O historii Drahonic jsou v literatuře jen nepatrné zmínky. Zmínka je o solné cestě, vedoucí přes Chotěnice k Drahonicím, kde překračovala Ohři. Byl tam most se clem. Za třicetileté války byl zničen a již nebyl obnoven.

Čermníky - ležely při ústí Lužického potoka, na levém břehu řeky Ohře pod příkrou strání, v nadmořské výšce 235 m, 10 km JZ od Chomutova. Celá tato oblast byla osídlena již na sklonku středního paleolitu. Název Čermníky je slovanského původu. První zmínka o nich je z roku 1330. Čermníky byly sice vyloženě zemědělskou obcí, kde se dařily všechny druhy obilí, řepa, brambory a od 19. století i chmel, ale přesto se zde začalo již v 16. století s těžbou uhlí. Podrobné údaje o zaniklých obcích jsou dostupné z lit. (Zaniklé obce, 2008).

7.6. Hydrologické údaje

Základní hydrologické údaje pro tok Ohře v profilu „VD Nechranice – hráz“ viz Tab. 7.1. poskytl ČHMÚ Ústí n. L. dne 6. 4. 2004 pod č.j. 4/OH. Hodnota Q10000 byla získána ze studie L. Kašpárka.

Tab. 7.1. Základní hydrologické údaje pro tok Ohře (Pail a Kovaříková, 2008).

Pozn.: Hodnoty pro N-leté průtoky, resp. objemy, jsou uváděny v pořadí roční, letní, zimní.

Tok		Profil											
Ohře		VD Nechranice – hráz											
Plocha povodí A [km ²]		Průměrná dlouhodobá roční hodnota											
		srážek Pa [mm]						průtoku Qa [l/s]					
3590,3		727						30,8					
M-denní průtoky		[m ³ /s] třída II											
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q _{Md}	70	49	38,2	31	25,8	21,7	18,2	15,2	12,5	9,9	7,3	4,6	2,6
N-leté průtoky		[m ³ /s] třída II N-leté objemy [mil. m ³]											
N	1	2	5	10	20	50	100						
Q _N	199	270	372	453	539	657	753/339/686						
W _N	-	-	-	-	-	-	209/106/202						
N	10000												
Q _N	1407												
W _N	506,6												

7.7. Objekty na VD Nechranice

7.7.1. Vzduvací objekt – hráz

Na koruně hráze je mohutný vlnolam a vede po ní místní komunikace. V patě je hráz široká až 800 m. Návodní svah hráze je opevněn na místě betonovým ochranným pláštěm s dilatačními spárami vyplněnými pórobetonem (Broža a kolektiv, 2005).

7.7.1.1. Technické parametry hráze

Hráz vodního díla je přímá, jednou lomená, zemní, sypaná se šikmou návodní sprašovou těsnicí vrstvou. Technické parametry hráze Pail a Kovaříková (2008) uvádějí následovně:

- ✓ kóta koruny hráze 274,50 m n. m.
- ✓ délka koruny hráze 3280 m
- ✓ šířka komunikace na koruně hráze 6,5 m
- ✓ výška koruny hráze nade dnem údolí 47,5 m
- ✓ šířka koruny hráze 9 m
- ✓ objem hráze 9,5 mil. m³
- ✓ objem těsnícího jádra 0,6 mil. m³

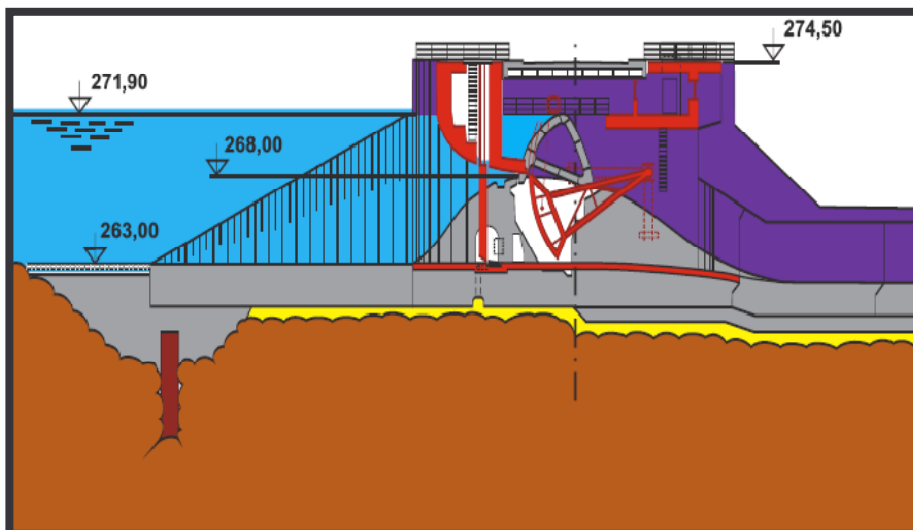
7.7.2. Bezpečnostní přeliv

V levé části hráze zhruba 650 m od levého břehu nádrže je umístěn korunový železobetonový přelivný objekt. Přeliv se skládal ze tří polí, každý o šířce 15 m hrazených hydrostatickými uzávěry o výšce 4 m. Před přelivem byl vybudován mohutný vlnolam (norná stěna na železobetonových sloupech). Pro zlepšení manipulace na VD byla v letech 2003–2004 provedena rekonstrukce středního pole přelivu, při níž se vybourala celá betonová komora hydrostatického uzávěru, čímž došlo k snížení práhu přelivu o 5 m, toto rekonstruované pole je dnes hrazeno zdvižným ocelovým segmentem s nátokovou horní stěnou. Za touto stěnou se segment vyhrazuje, je zde také umístěno provizorní hrazení tabulovým uzávěrem (Broža a kolektiv, 2005). Řez bezpečnostního přelivu je zobrazen na Obr. 7.4. Uzávěr středního pole bezpečnostního přelivu je ovládán Gallovým řetězem z pravé strany. Při poruše ovládání je možno segment nouzově vyzvednout autojeřábem do horní polohy. Je možno ho v horní poloze mechanicky aretovat. Segment je na všech stranách těsněn pryžovým těsněním. Nad segmentem je betonová norná stěna, jejíž návodní strana je hydraulicky zaoblena a její vnitřní prostor slouží k uložení vyhrazeného provizorního hrazení. Boční štíty segmentu jsou vyhřívány pomocí elektrických topných tyčí. Vyhřívána je i horní a dolní strana segmentu pro odmrazení přimrzlého těsnění. Proti zamrznutí a tvorbě ledové celiny v prostoru středního pole je použito bublinkovací zařízení – vodorovná nerezová trubka s tryskami, osazená do výřezu ve vstupní části vtoku na kótě 263,00 m n. m. Na přelivné bloky navazuje betonový skluz děleným obdélníkovým profilem, který se zužuje na šířku 39,8 m ve dně a přechází v nedělený lichoběžníkový profil o šířce ve dně 26 m. Skluz je ukončen betonovými rozražeči a vývarem, skluz má délku 592 m, délka vývaru ve dně 110 m, kóta dna vývaru je 216,70 m n. m. (Pail a Kovaříková, 2008).

7.7.2.1. Technické parametry přelivu

Technické parametry přelivu podle Povodí Ohře (2008) jsou:

✓ hydrostatické segmenty	2 × 15,0 m
✓ zdvižný segment ve středním poli	1 × 13,0 m
✓ kóta přepadové hrany sklopených segmentů	268,00 m n.m.
✓ kóta přepadové hrany vyhrazeného segmentu	263,00 m n.m.
✓ kapacita polí s vyhr. hydrost. segmenty při max. hladině	714 m ³ /s
✓ kapacita stř. pole s vyhr. zdvižným segmentem při max. hladině	479 m ³ /s
✓ celková kapacita přelivu při max. hladině v nádrži	1193 m ³ /s



Obr.7.4. Příčný řez bezpečnostního přelivu (Povodí Ohře, 2008). Červenou barvou jsou zvýrazněny nové betonové prvky, nové provizorní hrazení a segment, šedou a fialovou barvou je zvýrazněna původní konstrukce.

7.7.3. Malá vodní elektrárna Nechranice (MVE)

Věžový sdružený objekt MVE Nechranice stojí u návodní paty hráze v pravé části nádrže v nejhlubším místě. Spodní část věžového objektu je založena na 134 konsolidačních pískových pilotách, objekt má tvar kvádrů o ploše 42 x 24,4 m, výška spodní části je 14 m. Horní část věžového objektu tvoří dva sousedící železobetonové válce o výšce 50 m, průměr vnějšího válce je 20,4 m při síle stěny 1,2 m, menší válec má průměr 3,2 m. Ve vzniklých prostorech je umístěno technické zázemí elektrárny a v horní části se nachází velín. Od roku 1997 probíhala postupná rekonstrukce provozu a zázemí MVE, kdy byly mimo jiné rekonstruovány rozvodny, generátory a byl instalován výkonný řídicí systém rakouské firmy SAT, původní oběžná kola turbín byla nahrazena novými s vyšší účinností, díky této rekonstrukci patří v současné době hydroelektrárna Nechranice mezi nejmodernější provozny svého druhu u nás (Broža a kolektiv, 2005). Příčný řez MVE Nechranice je zobrazen na Obr. 7.5. Vodohospodářská řešení vodních nádrží stanoví ČSN 75 2405 (Český normalizační institut, 2004), základní požadavky pro MVE stanovuje související ČSN 73 6881 (Český normalizační institut, 2004).

7.7.3.1. Hlavní parametry MVE

Hlavní parametry MVE uvádí Pail a Kovaříková (2008) následovně:

- | | |
|-----------------------------------|---------------|
| ✓ Kaplanova turbína (ČKD Blansko) | 2 × KT 6-K-50 |
| ✓ průměr oběžného kola | 1460 mm |

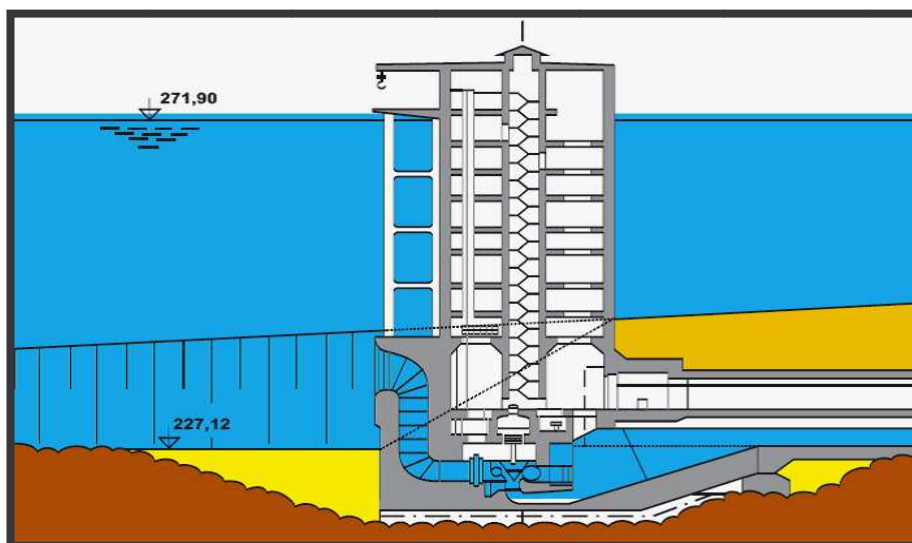
✓ jmenovité otáčky	500/min
✓ maximální hlnost turbíny	16 m ³ /s
✓ minimální provozní hladina	244,80 m n.m.
✓ maximální výkon turbíny	5 MW
✓ 2 × vertikální synchronní hydr. (ČKD Praha)	EAHV 280-52-12
✓ otáčky	1010/min
✓ maximální výkon	5 MW

Spodní výpusti o průměru 1800 mm jsou napojeny přímo na spirály turbín a vyústíjí nad savku do odtokové štoly. Štola, dlouhá 475 m, spád je 44 m, původně sloužila při výstavbě k převedení průtoku Ohře. Má parabolický profil, který se dělí na dvě etáže. Spodní etáž je rozdělena na dva samostatné kanály, zde je odváděna voda od turbín a spodních výpustí. Horní část vede komunikace do věžového objektu MVE Nechranice (Broža a kolektiv, 2005). Křivky prázdnění nádrže jsou graficky uvedeny na Obr. 13.3.

7.7.3.2. Technické parametry spodní výpusti

Technické parametry spodní výpusti uvádí Pail a Kovaříková (2008) následovně:

✓ kóta osy vtoku	236,20 m n. m.
✓ kóta osy rozstřikovacího uzávěru	222,85 m n. m.
✓ průměr spodních výpustí	2 × DN 1800
✓ kapacita spodních výpustí při hladině zásobního prostoru	2 × 52,4 m ³ /s
✓ spád štoly	1,2 – 9,1 ‰



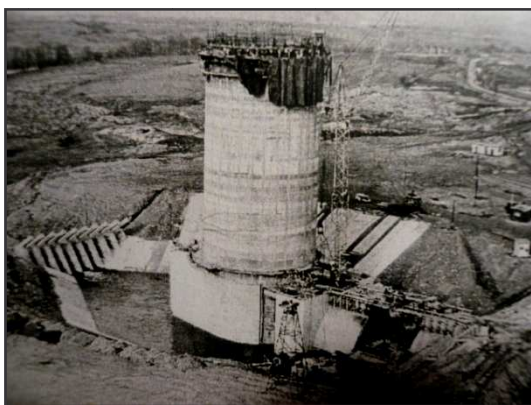
Obr. 7.5. Příčný řez MVE Nechranice (Povodí Ohře, 2008).

7.7.3.3. Parametry nádrže

Hlavní parametry nádrže podle Povodí Ohře (2008) jsou:

✓ kóta dna nádrže	227,00 m n. m.
✓ hladina mrtvého prostoru	233,70 m n. m.
✓ hladina stálého nadržení	235,40 m n. m.
✓ hladina zásobního prostoru	269,00 m n. m.
✓ hladina ovladatelného prostoru	271,90 m n. m.
✓ hladina ovladatelného ochranného prostoru	271,90 m n. m.
✓ hladina neovladatelného ochranného prostoru	273,05 m n. m.
✓ maximální hladina	273,05 m n. m.
✓ mrtvý prostor	1,085 mil. m ³
✓ prostor stálého nadržení	2,650 mil. m ³
✓ zásobní prostor	233,215 mil. m ³
✓ ovladatelný ochranný prostor	36,562 mil. m ³
✓ ovladatelný prostor	272,427 mil. m ³
✓ neovladatelný ochranný prostor	15,205 mil. m ³
✓ celkový prostor	287,632 mil. m ³

Regulační schopnost nádrže je dána velikostí jejího regulačního (retenčního) prostoru a kapacitou regulačních objektů výpusti a přelivu (Hrádek a Kuřík, 2002). Důležitým aspektem jsou také odběry na dolní Ohři. Pro ukázkou byly vybrány nejvýznamnější odběratelé, jejichž průměrné roční odběry za posledních 11 let (1998 až 2008) byly větší než 100 tis. m³, tyto jsou zobrazeny v Tab. 13.2. Údaje byly převzaty z Evidence uživatelů vody Povodí Ohře.



Obr. 7.6. a 7.7. Výstavba MVE Nechranice a výstavba bezpečnostního přelivu (Broža a kolektiv, 2005).

7.8. Průmyslový vodovod Nechranice (PVN)

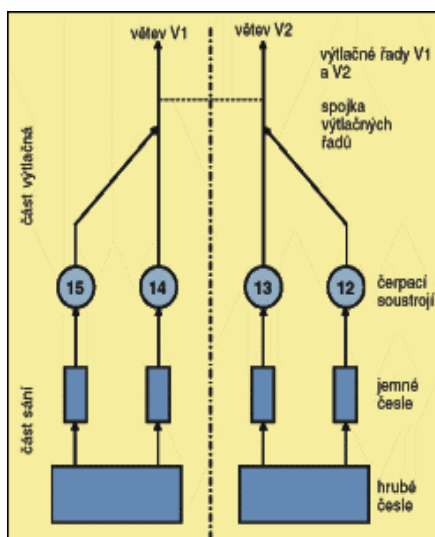
PVN byl vybudován za účelem zásobení Chomutovska a Mostecka povrchovou vodou z Ohře s využitím pro průmysl, energetiku, zemědělství a výrobu pitné vody pro obyvatelstvo. Zdrojem vody pro tento zásobní systém je Ohře pod Nechranickou přehradou. Jedná se o druhou stavbu tohoto účelu v této oblasti. První stavbou byl podkrušnohorský přivaděč. Gravitační řady PVN jsou tvořeny dvěma ocelovými potrubími Js 1200, které jsou uloženy v zemi. V rámci první etapy byl vybudován jeden řad v délce 20.760 km do Komořan, druhý řad v délce 8.673 km byl ukončen v prostoru dříve uvažované elektrárny Všestudy. V rámci druhé etapy byl zdvojen druhý gravitační řad od km 8,673 až do oblasti Komořan, do km 20,727, tedy v délce 12,054 km. Potrubí gravitačních řadů jsou aktivně chráněna před elektrochemickou korozí a to katodickou ochranou a polarizovanou drenáží (Povodí Ohře, 1986). PVN byl také využit při hydričké rekultivaci vodní nádrže Benedikt u Mostu a na stejný účel se využívá i nyní, od 24.10.2008, kdy se díky PVN napouští jezero Most (Wikipedia, 2009).

7.8.1. Čerpací stanice Stranná

Čerpací stanice, dále jen (ČS) slouží k napájení (PVN) vodou z řeky Ohře. V době vzniku (první etapa 1965 až 1970, druhá etapa 1977 až 1983) se počítalo s větší spotřebou vody, než je současná skutečnost. Nedokonalá regulace čerpací stanice způsobovala její neekonomický provoz. V některých případech, kdy byla malá spotřeba vody, bylo dokonce nutné vodu přečerpanou do přelivných nádrží vypouštět zpět do řeky Ohře. Energie spotřebovaná na přečerpání vody tak přišla zcela vniveč. Povodí Ohře proto přistoupilo k modernizaci čerpací stanice, redukcí počtu čerpadel a instalaci pohonů s měniči frekvence. Současné řešení ČS je koncipováno tak, aby mohla pracovat jako bezobslužná. Řídicí systém je instalován v dozorně ČS. V běžných podmínkách pracuje automaticky, ale jsou-li k tomu zvláštní provozní důvody, lze ČS řídit i manuálně a to s podporou zejména kontrolních funkcí řídicího systému – tzv. dálkové ruční řízení. Provoz odpolední, noční a ve dnech pracovního klidu je dozorován z velínu hydrocentrály Nechranice. Tomu je přizpůsoben řídicí systém i zabezpečení objektu ČS elektronickým zabezpečovacím systémem a kamerovým systémem. Projekt modernizace Čerpací stanice Stranná byl zahájen 1. 3. 2001. Zkušební provoz byl úspěšně ukončen 30. 6. 2002. Blíže k čerpací stanici Stranná viz lit. (Automa, 2009).

7.8.1.1. Vodní cesta PVN

Čerpaná voda je dvěma nezávislými výtlačnými řadami vytlačována do výšky přibližně 110 m do dvou vzájemně propojených zásobníků – tzv. přelivných objektů. Z nich odtéká dvěma nezávislými řadami PVN (Js 1200) samospádem k jednotlivým odběratelům. Po celé trase PVN je rozmístěno několik odběrných stanic, vybavených uzavíracími armaturami a snímači provozních hodnot, které jsou zobrazovány na monitoru řídicího systému čerpací stanice. Čerpací soustrojí jsou čtyři s původními motory s napájecím napětím 6 kV. Soustrojí 13 a 14 jsou větší, s čerpaným množstvím 600 až 1 000 l/s, menší soustrojí 12 a 15 mohou čerpat 300 až 600 l/s. Technologie ČS Stranná se skládá ze dvou symetrických částí strojní technologie, větví V1 a V2, viz Obr. 7.8.



Obr. 7.8. Schéma vodní cesty V1 a V2 (Automa,2009).

Na Obr. 13.11. je znázorněna vodní cesta celého PVN. Podrobnější informace o PVN a ČS Stranná lze najít v lit. (Automa, 2009).

8. ZAŘÍZENÍ PRO KONTROLU A ŘÍZENÍ MANIPULACÍ S VODOU

Zařízení pro kontrolu a řízení manipulací s vodou Pail a Kovaříková (2008) uvádějí:

Měření vodního stavu v nádrži

- ✓ vodočetná lať umístěná na věžovém objektu,
- ✓ limnigraf ve věžovém objektu, s místním zobrazením a s přenosem dat do velína VD, do provozního domku pod hrází a na VHD.

Měření přítoku do nádrže

- ✓ přítok je v současnosti měřen jednak tlakovým čidlem BD SENSORS v profilu VD Kadaň (souřadnice GPS 50°22'37.97"N, 13°14'03.23"E) hodnoty jsou přebírány z ŘS VD Kadaň, jednak z průtoku turbínou MVE a jednotlivými poli přelivu, také i bilančně (6 hod.) z pohybu hladiny a objemu v nádrži VD Nechranice,
- ✓ průtoky jsou měřeny v profilech Kadaň a Klášterec, hodnoty jsou využívány v ŘS.

Měření odtoku z nádrže

- ✓ odtok z odpadní štolky je měřen na vodočetné lati a limnigrafem ve vzdálenosti 30 m za ukončením vývaru odpadní štolky v profilu Nechranice, (souřadnice GPS 50°21'10.2"N, 13°25'20"E), údaje jsou přenášeny do velína, do provozního domku a na VHD,
- ✓ celkový odtok z nádrže je měřen pod jezem u čerpací stanice Stranná v profilu Stranná, (souřadnice GPS 50°22'6.2"N, 13°26'44"E), v obou profilech je vodní stav měřen tlakovým čidlem BD SENSORS, průtok je dopočítán přes konzumpční křivku. Údaje jsou přenášeny do velína, do provozního domku a na VHD.

Ostatní měření

- ✓ srážkové úhrny jsou měřeny automatickým srážkoměrem pracujícím na principu překlopných nádob umístěným v blízkosti portálu odpadní štolky, data jak z limnigrafů, tak ze srážkoměrů jsou online v 10-ti minutových intervalech přebírána do měrného systému Povodí Ohře, nejen na vodní dílo, ale i na vodohospodářský dispečink Povodí Ohře a jsou také k dispozici všem oprávněným uživatelům po celém území Povodí Ohře,
- ✓ teplota ovzduší se měří jednak ručně rtuťovým teploměrem, jednak čidlem Pt 100 osazeným v meteorologické budce umístěné v blízkosti portálu odpadní štolky, údaje se automaticky přenášejí do velína, do provozního domku a na VHD,
- ✓ teplota vody v nádrži se měří ručně rtuťovým teploměrem z věžového objektu,
- ✓ teplota vody na odtoku v profilu Nechranice je měřena čidlem Pt 100 ve vývaru odpadní štolky, údaje se automaticky přenášejí do provozního domku a na VHD,
- ✓ rychlost větru je měřena anemometrem umístěným na věžovém objektu, údaje jsou přenášeny do velína VD a na VHD,
- ✓ průhlednost vody se měří Secchiho deskou z věžového objektu.

9. ROZDĚLENÍ OBJEMU NÁDRŽE

Rozdělení objemu nádrže Pail a Kovaříková (2008) uvádějí následovně:

Mrtvý prostor (V_m)

✓ kóta hladiny	227,00 – 233,70 m n. m.
✓ objem	1,085 mil. m ³
✓ zatopená plocha	66 ha

Prostor stálého nadržení (V_s)

✓ kóta hladiny	227,00 – 235,40 m n. m.
✓ objem	2,650 mil. m ³
✓ zatopená plocha	128 ha

Zásobní prostor (V_z)

✓ kóta hladiny	235,40 – 269,00 m n. m.
✓ objem	233,215 mil. m ³
✓ zatopená plocha	1222 ha

Ochranný ovladatelný prostor (V_{ro})

✓ kóta hladiny	269,00 – 271,90 m n. m.
✓ objem	36,562 mil. m ³
✓ zatopená plocha	1305 ha

Celkový ovladatelný prostor (V_o)

kóta hladiny	233,70 – 271,90 m n. m.
objem	272,427 mil. m ³
zatopená plocha	1305 ha

Ochranný neovladatelný prostor (V_m)

✓ kóta hladiny	271,90 – 273,05 m n. m.
✓ objem	15,205 mil. m ³
✓ zatopená plocha	1338 ha

Celkový prostor nádrže (V_c)

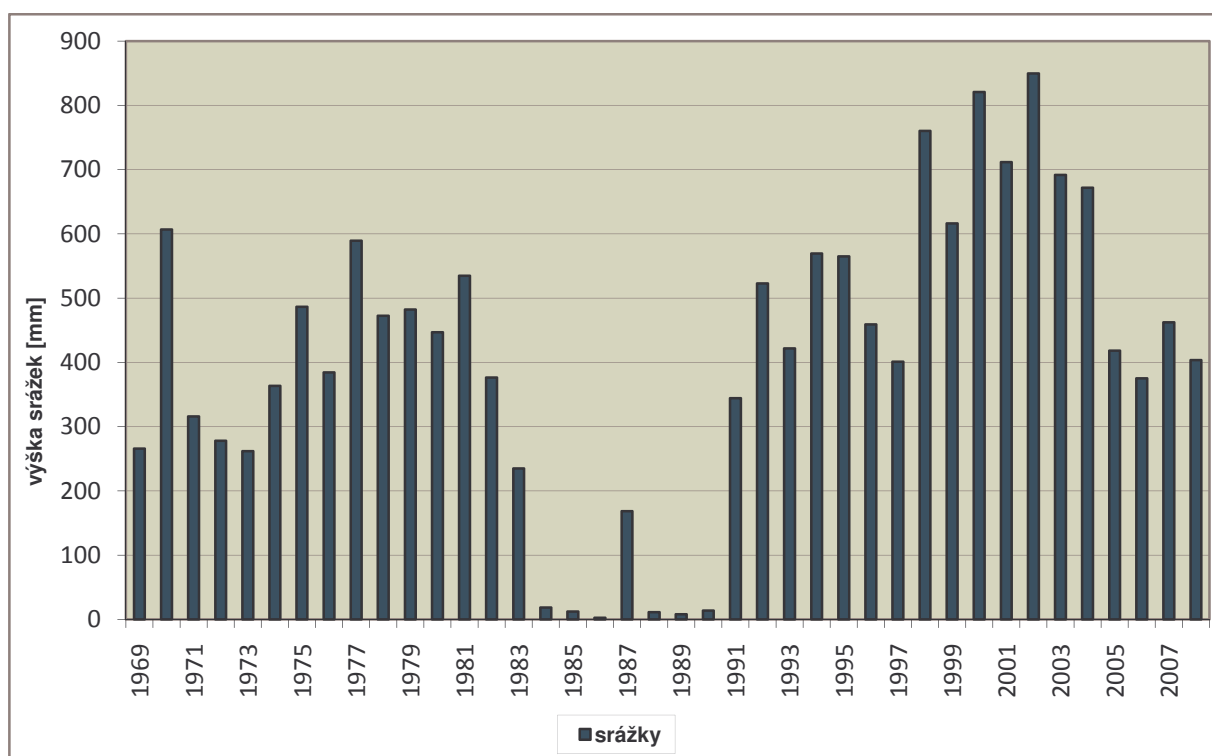
✓ kóta hladiny	227,00 – 273,05 m n. m.
✓ objem	287,632 mil. m ³
✓ zatopená plocha	1338 ha

10. POSOUZENÍ HYDROLOGICKÝCH FUNKCÍ VD NECHANICE

10.1. Metodika

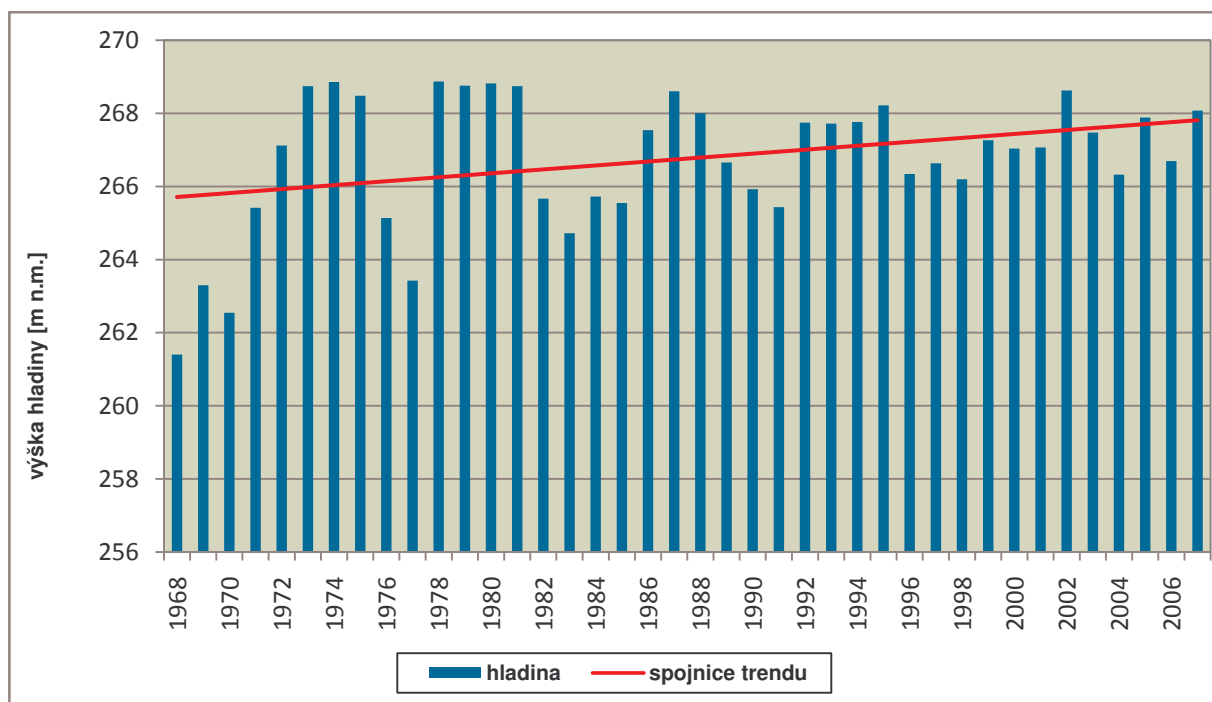
Pro posouzení hydrologických funkcí byly využity dostupné údaje z Povodí Ohře. Pro tuto práci byly získány denní hodnoty úhrnů srážek pro hydrologické roky od 1969 do 2008, dále denní hodnoty výšky hladiny pro období hydrologických roků od roku 1968 do 2007 a průměrný denní přítok do nádrže a průměrný denní odtok z nádrže v období hydrologických roků od roku 1968 do 2008. Tato data byla následně přepočtena do průměrných ročních hodnot, ze kterých byl odhadnut objem ztrát vody na vodním díle. Do ztrát můžeme zahrnout výpar, odběr a průsak do podzemních vod. Neznámou hodnotou pro stanovení bilance byl přítok vody z mezipovodí mezi měrnými profily měření přítoku a odtoku vody z nádrže. Souhrnná tabulka výpočtů sledovaných hydrologických prvků je uvedena v příloze - bilance nádrže v průměrných ročních hodnotách viz Tab. 13.1.

10.2. Výsledky a diskuze



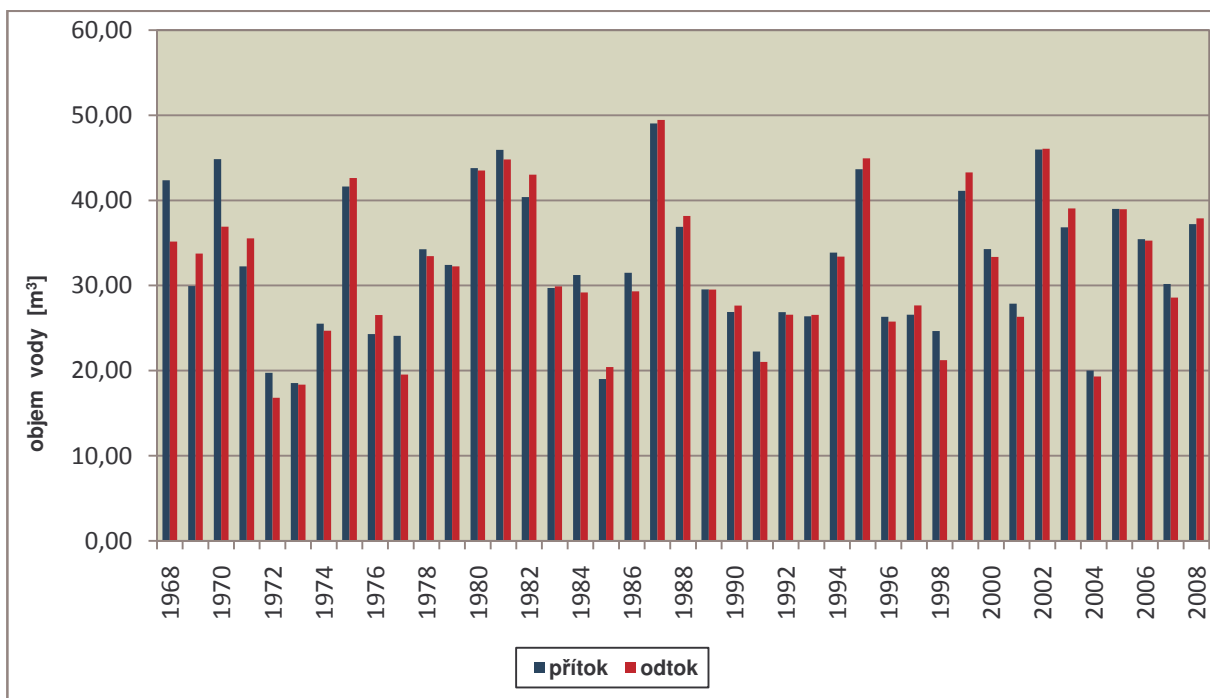
Obr. 10.1. Grafické znázornění průměrných ročních úhrnů srážek (1969 – 2008).

Na Obr. 10.1., jsou znázorněny průměrné roční úhrny srážek za období let 1969 až 2008, z grafu je patrný značný propad v průměrných srážkách v období let 1984 až 1990. Z tohoto lze usuzovat, že jde o chyby v prepisech dat, neboť do roku 1994 nebyla data o srážkách verifikována. V Tab. 7.1., je uvedena od ČMHÚ průměrná dlouhodobá roční hodnota srážek (P_a) 727 mm, zde však bylo pracováno s daty v letech 1999 až 2004. Průměrná dlouhodobá roční hodnota srážek za celou dobu existence díla však je 410 mm, přičemž zde je počítáno i s daty v letech 1984 až 1990, které jsou pravděpodobně chybné. Průměrná dlouhodobá roční hodnota srážek bez chybných dat (1984 až 1990) je 490 mm. Je třeba říci, že nejde o srážky na celé povodí, ale o srážky v blízkosti vodního díla, neboť srážkoměr je umístěn poblíž vývaru spodní výpusti. Vůbec největší průměrný roční úhrn srážek je 849,8 mm z roku 2002.



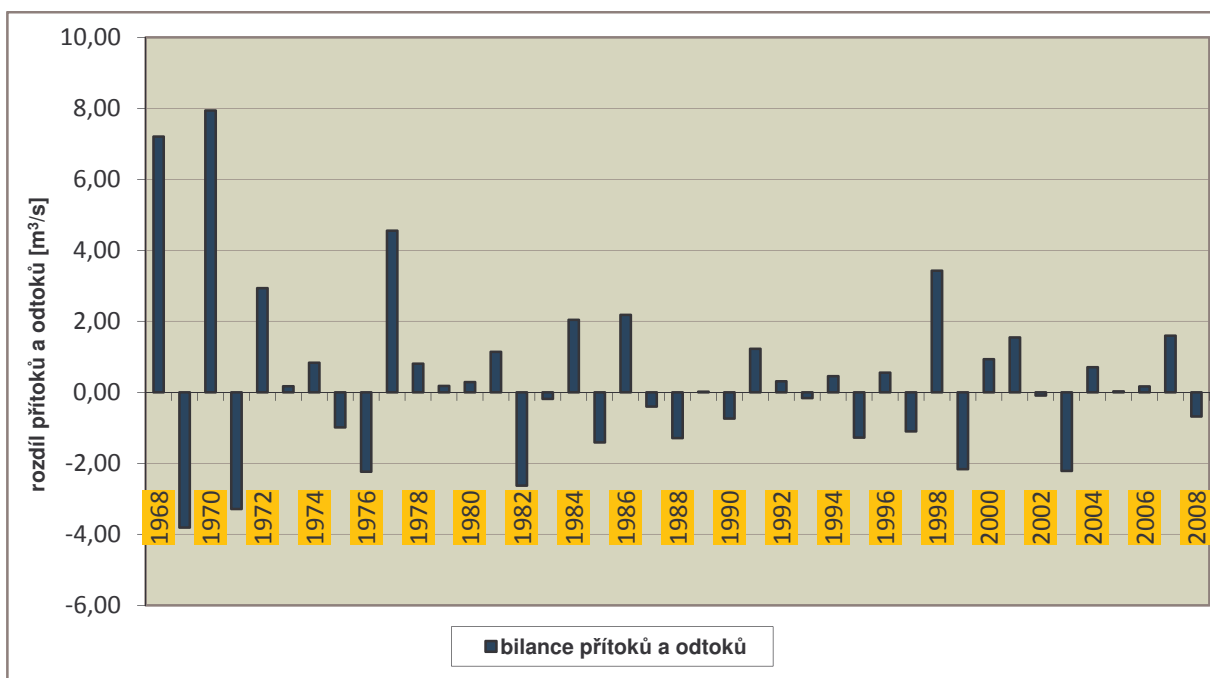
Obr. 10.2. Grafické znázornění průměrných ročních hladin (1968 – 2007).

Na Obr. 10.2., je grafické znázornění průměrných ročních hladin za období let 1968 až 2007. Ze studie vyplynulo, že celkem ve 12 případech byla průměrná dlouhodobá roční hodnota výšky hladiny na kótě nad 268 m n. m. Vůbec nejvyšší hodnota je z roku 1978, kdy byla průměrná roční hodnota hladiny 268,87 m n. m. Spojnice trendu v grafu nám ukazuje spíše rostoucí hladinu v nádrži, ale je třeba počítat s napouštěním nádrže na konci 60 let minulého století.



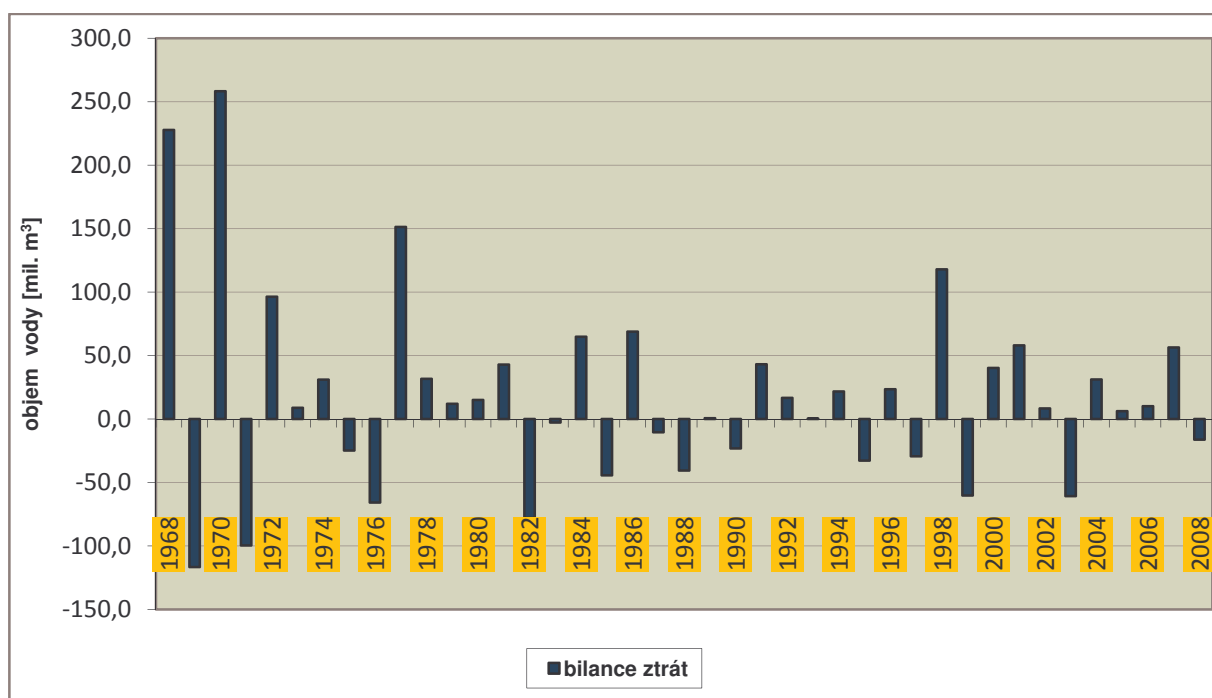
Obr. 10.3. Grafické znázornění průměrných ročních hodnot přítoků do nádrže a odtoků z nádrže (1968 – 2008).

Na Obr. 10.3., je grafické znázornění průměrných ročních hodnot přítoku do nádrže a odtoku z nádrže v letech 1968 až 2008. Z grafu je patrné, že v mnoha případech byl odtok z nádrže vyšší než přítok. Největší průměrný přítok do nádrže $49,04 \text{ m}^3$ a odtok z nádrže $49,44 \text{ m}^3$ byl v roce 1987.



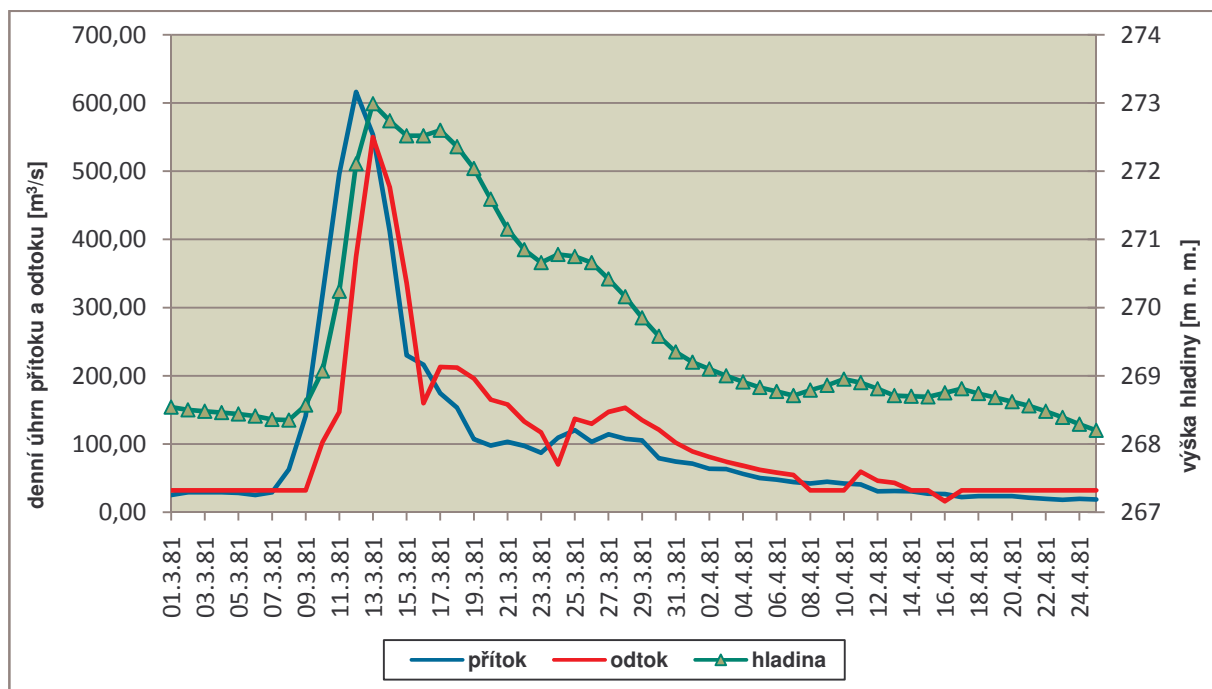
Obr. 10.4. Grafické znázornění rozdílů průměrných hodnot přítoků do nádrže a odtoků z nádrže za dlouhodobá průměrná roční období – Q_a (1968 – 2008).

S Obr. 10.3., souvisí Obr. 10.4., kde jsou uvedeny průměrné roční rozdíly přítoků a odtoků za stejné období. Z grafu jsou opět patrné extrémy, kdy na konci 60 let minulého století dominuje přítok nad odtokem. Největší rozdíl je v roce 1970, který činí 7,94 m³/s, kdy přítok převládá nad odtokem. Je třeba však podotknout, že v těchto letech docházelo k opakovanému napouštění a prázdnění nádrže.



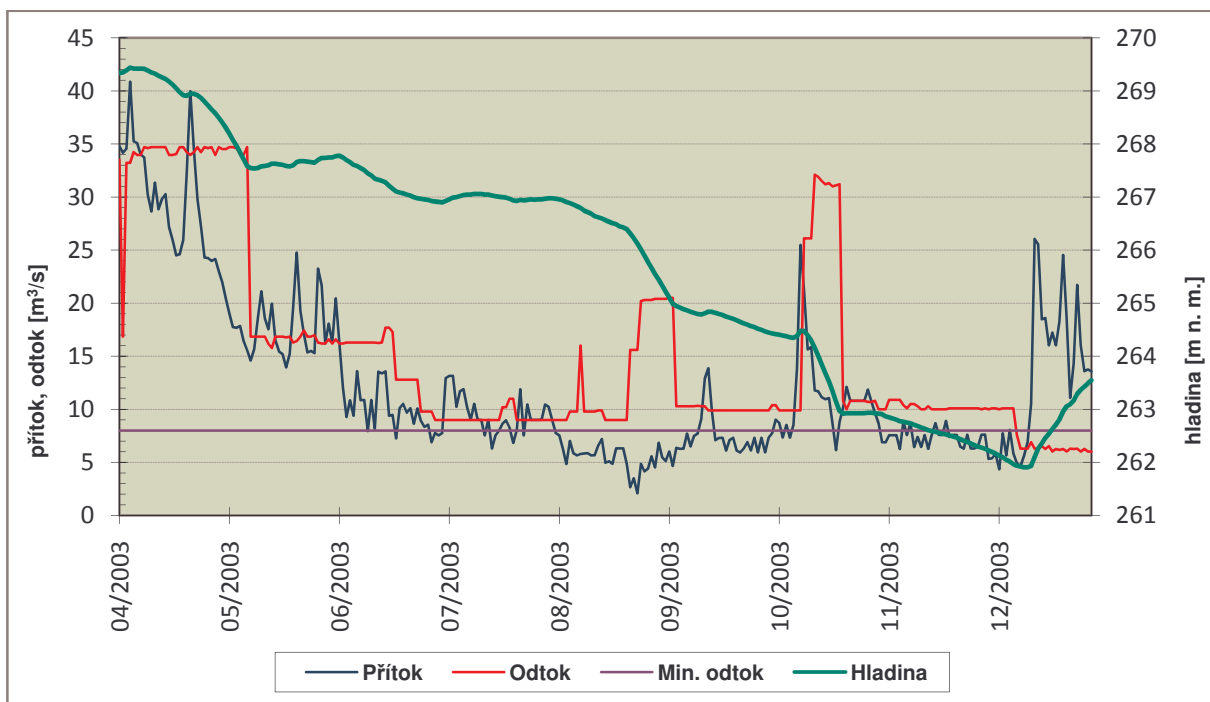
Obr. 10.5. Grafické znázornění průměrných ročních hodnot ztráty na nádrži - bilance objemu (1968-2008).

Na Obr. 10.5., jsou zobrazeny průměrné roční hodnoty ztrát vody na nádrži – bilance objemu [mil. m³] v období let 1968 až 2008. Obr. 10.5., je graficky shodný s Obr. 10.4., rozdíl však je v měřitelných jednotkách. Do ztrát byl zahrnut výpar, odběr jinými uživateli a průsak do podzemních vod.



Obr. 10.6. Grafické znázornění průměrného přítoku, odtoku a výšky hladiny v nádrži v době velké povodně (1.3.1981 - 25.4.1981).

Na Obr. 10.6., je zobrazena jedna z epizod, kdy byl vybrán časový úsek v době povodně na Ohři v březnu 1981. Z uvedeného je patrné účelné snižování hladiny před povodní. Dne 7.3. byl přítok do nádrže 32 m³/s v následujících dnech rapidně vzrostl přítok do nádrže, kdy nejvyšší přítok byl naměřen dne 12.3. a to 616 m³/s. Obdobné to bylo i s odtokem z nádrže, kdy ještě dne 9.3. byl odtok na 32 m³/s, vůbec nejvyšší naměřený odtok byl dne 13.3. a to 550 m³/s. Ještě toho dne hladina vody v nádrži během povodně kulminovala až na 272,99 m n. m., to je již pouze 1 metr od komunikace na koruně hráze. Následující den již docházelo k postupnému snižování přítoku, odtoku i hladiny vody v nádrži. K dosažení stavů přítoku i odtoku jaké byly před povodní došlo až kolem dne 14.4.1981.



Obr. 10.7. Grafické znázornění průměrného přítoku, odtoku a výšky hladiny v nádrži v období sucha (1.4.2003 – 31.12.2003).

Na Obr. 10.7., je zobrazena druhá epizoda a to suchého období od druhého čtvrtletí 2003 do 31.12.2003. Z grafu je patrné snižování přítoku, odtoku i hladiny po zimních měsících. V letních měsících je znát rapidní pokles přítoku. Od počátku měsíce července až do počátku měsíce prosince 2003 se přítok v mnoha případech dostal pod hranici $8 \text{ m}^3/\text{s}$, nejnižší přítok vůbec je ze dne 25.8.2003, kdy byl naměřen přítok pouze $2,09 \text{ m}^3/\text{s}$. Vzhledem k tak suchému období v letních měsících byl však dodržován minimální zůstatkový odtok z nádrže nad $8 \text{ m}^3/\text{s}$. Tímto však docházelo k posupnému prázdnění nádrže, kdy dne 12. a 13.12.2003 byl stav hladiny v nádrži na kótě 261,91 m n. m. V této době již byla hladina na nízké úrovni, došlo tedy ke snížení odtoku z nádrže na hranici kolem $6 \text{ m}^3/\text{s}$ (nebyl tedy dodržen minimální zůstatkový odtok z nádrže) a tento stav byl dodržován až do konce roku 2003. Přítok do nádrže se začal zvyšovat - kolísal mezi 10 až $26 \text{ m}^3/\text{s}$, čímž došlo k postupnému zvyšování hladiny v nádrži.

11. ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo přiblížit čtenáři zajímavosti o vodním díle, zároveň posoudit některé z hydrologických funkcí. Během zpracovávání této práce byla prováděna studie, kdy se propočítala bilance vybraných hydrologických funkcí v ročních krocích za celou dobu existence vodního díla Nechranice. Bylo pracováno s údaji o srážkách, o hladině v nádrži, o přítoku do nádrže a odtoku z nádrže, jejich rozdílu, dále byly odhadnuty ztráty na nádrži, kromě tohoto byly také prezentovány dvě extrémní epizody zaznamenané od provozu vodního díla. Nejvodnější období v podobě povodně na Ohři v roce 1981 (vůbec největší povodeň v historii vodního díla) a jedno z nejsušších období v roce 2003. Po výpočtu bilancí nádrže byly vypracovány jednotlivé grafy, ze kterých je možno vidět významný zásobní a ochranný efekt vodního díla i při nízkých přítocích. Díky zásobnímu efektu jsou nadlepšovány odběry na dolní Ohři, především pro ČS Stranná a elektrárnu Počerady. Vodní dílo je díky svému zásobnímu účinku schopno garantovat v období sucha minimální zůstatkový odtok z nádrže ve výši $8 \text{ m}^3/\text{s}$, dále zajišťuje minimální průtok v profilu Louny a částečně chrání území pod nádrží před povodněmi.

Na počátku 21. století bylo na vodním díle provedeno několik rekonstrukcí. Například byla provedena prevence před povodněmi tím, že byl zrekonstruován bezpečnostní přeliv, tedy jeho střední pole. Od dokončení staveb několika přehrad koncem 70. let minulého století byla rekonstrukce přelivu na vodním díle vůbec největším protipovodňovým opatřením na území Povodí Ohře. Samotná stavba byla náročná nejen stavebně, ale i ve vazbě k okolí. Také rekonstrukcí návodního líce a vlnolamu na koruně hráze bylo docíleno zajištění prodloužení životnosti vodního díla. Díky těmto rekonstrukcím, které byly nutností, bylo docíleno případných zlepšení jak konstrukce, vzhledu, tak retenčního účinku v nádrži. V současné době již nejsou navrhovány podobné zásahy, neboť provedené rekonstrukce jsou prozatím dostačujícími prvky zmodernizování vodního díla (Povodí Ohře).

12. SEZNAM LITERATURY

Automa, 2009. Čerpací stanice Stranná. Časopisy a knihy navazující na tradici české odborné literatury, [on-line], dostupné na:

http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28572, [cit. 15.03.2009].

Beran, J., 2000: Základy vodního hospodářství. ČZU, Praha, 146 s., ISBN 80-213-0694-7.

Beran, P., 2009. Vodní nádrž Nechranice. Zaniklé obce, [on-line], dostupné na:

http://www.zanikleobce.cz/index.php?menu=11&duv=voda_nechr, [cit. 25.03.2009].

Bradáčová, I., 2006. Analýza sestupných větví hydrografů na modravských povodích. Diplomová práce. Praha: Zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální. 76 s., vedoucí diplomové práce Ing. Jiří Pavlásek Ph.D.

Broža, V., a kolektiv 2005. Přehrady Čech, Moravy a Slezska. Liberec, 251 s., ISBN 80-86660-11-7.

ČHMÚ, 2009. Oběh vody. U.S. Geological Survey, [on-line], dostupné na:

<http://ga.water.usgs.gov/edu/watercycleczech.html>, [cit. 11.03. 2009].

Dingman, S.L. 1993: Physical Hydrology. Macmillan College Publishing. Company, New York, 575 s., ISBN 0-02-329745-X.

Hrádek, F., Kuřík, P., 2002: Hydrologie. Skriptum FLE ČZU Praha, 280 s., ISBN 80-213-0950-4.

Kašpárek, L., 1997: Příčiny mimořádných povodní v Čechách a na Moravě. Sborník přednášek Povodně a krajina '97, Kongresové centrum Brno, 2/33 – 2/37.

Němec, J., 1965: Hydrologie. Státní zemědělské nakladatelství Praha, 237 s., ISBN – není uvedeno.

Pail, T., Kovaříková, V., 2004 aktualizace 10/2008. Manipulační řád vodního díla Nechranice. Chomutov, 37 s.

Povodí Ohře, státní podnik. Informační leták - prevence před povodněmi. Chomutov, 1 s.

Povodí Ohře, 2008. Vodní dílo Nechranice. Povodí Ohře Státní podnik, [on-line], dostupné na: <http://www.poh.cz/vd/nechranice.htm#>, [cit. 24.11.2008].

Povodí Ohře, 1986. Významná vodohospodářská díla povodí Ohře. Vydalo k 20 výročí založení podniku ve státním zemědělském nakladatelství, 144 s.

Ptačí oblasti, 2009. Natura 2000. Ptačí oblasti v ČR, [on-line], dostupné na: <http://www.nature.cz/natura2000-design3/sub-text.php?id=1804>, [cit. 24.02.2009].

Slovník cizích slov, 2009. Slovník cizích slov. Net, [on-line], dostupné na: <http://www.slovník-cizich-slov.net/hydrometrie>, [cit. 23.04.2009].

Tippl, M., Bohuslávek, J., 1997: Ochranné obdělávání půdy v porostech kukuřice vede ke snížení povrchového odtoku. Sborník přednášek Povodně a krajina '97, Kongresové centrum Brno, 3/22 – 3/26.

Wikipedia, 2008: PV Nechranice. Otevřená encyklopedie Wikipedia, [on-line], dostupné na http://cs.wikipedia.org/wiki/Pr%C5%AFmyslov%C3%BD_vodovod_Nechranice, [cit. 23.11.2008].

Wikipedie, 2008: Voda. Otevřená encyklopedie Wikipedia, [on-line], dostupné na <http://cs.wikipedia.org/wiki/Voda>, [cit. 23.11.2008].

Wikipedia, 2008: Vodní nádrž Nechranice. Otevřená encyklopedie Wikipedia, [on-line], dostupné na: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Nechranice>, [cit. 03.12.2008].

Český normalizační institut Praha, 2004. Česká technická norma. Vodohospodářská řešení vodních nádrží, 20 s.

13. PŘÍLOHY

Seznam příloh:

Prázdňení nádrže číselně a křivky prázdňení nádrže graficky	47
Transformace povodňové vlny číselně a graficky	50
Konzumpční křivka spodní výpusti číselně a graficky	53
Charakteristické křivky nádrže číselně a graficky	55
Schéma vodní cesty	57
Nomogram dle Penmana	58
Nomogram dle Petroviče	59
Bilance nádrže	60
Odběry uživatelů na dolním Ohři	61

13.1. Pomůcky pro řízení manipulací s vodou

PRÁZDNĚNÍ NÁDRŽE**VD NECHRANICE**

Průměrný přítok do nádrže	(m ³ /s)	30,8
Maximální odtok z nádrže	(m ³ /s)	–
Maximální pokles hladiny	(m/den)	–
Počet výpustí	(ks)	2
Počet hradíciích konstrukcí	(ks)	1 + 2

Kóta (m n. m.)	Objem (m ³)	Čas (hod)	Odtok (m ³ /s)
269,00	235,900	0	432
268,50	229,830	5	369
268,00	223,817	10	318
267,50	217,871	16	285
267,00	211,976	23	254
266,50	206,134	31	224
266,00	200,343	40	196
265,50	194,560	50	170
265,00	188,858	63	147
264,50	183,238	77	126
264,00	177,700	95	109
263,50	172,231	116	95,3
263,00	166,852	141	86,8
262,00	156,363	194	85,4
261,00	146,222	246	84,2
260,00	136,465	297	82,8
259,00	127,122	348	81,4
258,00	118,103	398	80,0
257,00	109,412	448	78,7
256,00	101,035	497	77,2
255,00	92,976	546	75,8
254,00	85,220	595	74,4
253,00	77,764	643	72,8
252,00	70,616	691	71,4
251,00	63,772	739	69,8
250,00	57,246	787	68,2
249,00	50,995	834	66,6
248,00	45,146	881	64,8
247,00	39,716	926	63,1
246,00	34,657	971	61,3
245,00	29,977	1015	59,4
244,00	25,649	1058	57,6
243,00	21,678	1101	55,6
242,00	18,052	1143	53,6
241,00	14,772	1185	51,4
240,00	11,829	1227	49,2
239,00	9,228	1269	46,8
238,00	6,963	1311	44,4
237,00	5,035	1355	41,8
236,00	3,442	1401	39,2
235,40	2,581	1432	37,5

Obr. 13.1. Prázdňení nádrže VD Nechranice číselně (Pail a Kovaříková, 2008).

PRÁZDNĚNÍ NÁDRŽE

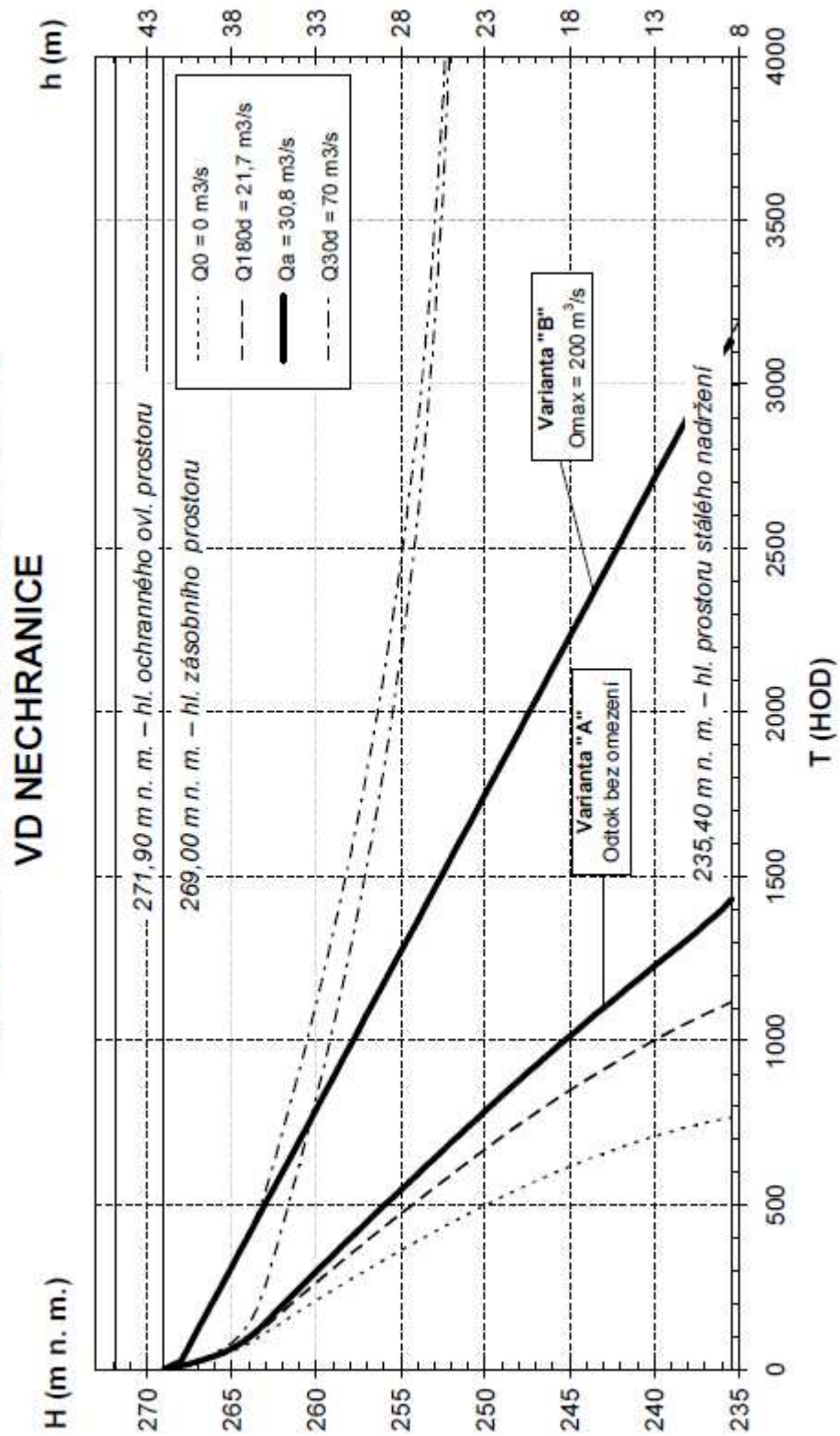
VD NECHRANICE

Průměrný přítok do nádrže	(m ³ /s)	30,8
Maximální odtok z nádrže	(m ³ /s)	200
Maximální pokles hladiny	(m/den)	1,0,25
Počet výpustí	(ks)	2
Počet hradičích konstrukcí	(ks)	1 + 2

Kóta (m n. m.)	Objem (m ³)	Čas (hod)	Odtok (m ³ /s)
269,00	235,900	0	172
268,50	229,830	12	171
268,00	223,817	24	169
268,00	223,817	24	65,2
267,50	217,871	72	64,9
267,00	211,976	120	64,6
266,50	206,134	168	64,3
266,00	200,343	216	64,3
265,50	194,560	264	63,8
265,00	188,858	312	63,3
264,50	183,238	360	62,9
264,00	177,700	408	62,5
263,50	172,231	456	61,9
263,00	166,852	504	61,4
262,00	156,363	600	60,4
261,00	146,222	696	59,3
260,00	136,465	792	58,1
259,00	127,122	888	57,1
258,00	118,103	984	56,2
257,00	109,412	1080	55,3
256,00	101,035	1176	54,3
255,00	92,976	1272	53,5
254,00	85,220	1368	52,6
253,00	77,764	1464	51,7
252,00	70,616	1560	50,8
251,00	63,772	1656	49,9
250,00	57,246	1752	49,2
249,00	50,995	1848	48,0
248,00	45,146	1944	46,8
247,00	39,716	2040	45,7
246,00	34,657	2136	44,6
245,00	29,977	2232	43,6
244,00	25,649	2328	42,5
243,00	21,678	2424	41,5
242,00	18,052	2520	40,5
241,00	14,772	2616	39,6
240,00	11,829	2712	38,6
239,00	9,228	2808	37,6
238,00	6,963	2904	36,6
237,00	5,035	3000	35,6
236,00	3,442	3096	35,0
235,40	2,581	3130	34,6

Obr. 13.2. Prázdňení nádrže VD Nechranice „s dodržením maximálního odtoku z nádrže“ číselně
(Pail a Kovaříková, 2008).

KŘIVKY PRÁZDNĚNÍ NÁDRŽE VD NECHRANICE



Obr. 13.3. Prázdňení nádrže VD Nechranice graficky (Pail a Kovaříková, 2008).

Výsledky transformace povodňových vln VD NECHRANICE

$O_{neš} = 200 \text{ m}^3/\text{s}$

Teoretická povodňová vlna	100letá roční	100letá letní	100letá zimní	50letá roční	20letá roční	10letá roční
Počáteční hladina [m n. m.]	269	269	269	269	269	269
Dosažená kulminace přirozená [m ³ /s]	753	339	686	657	539	453
Objem povodně [mil. m ³]	209	106	202			
Objem ochranného ovl. prostoru [mil. m ³]	36,562	36,562	36,562	36,562	36,562	36,562
Dosažená kulminace transformovaná [m ³ /s]	420	200	380	350	260	205
Dosažená hladina [m n. m.]	272,76	270,81	272,80	272,78	272,70	272,77
Retenční účinek [%]	71	100	74	77	89	99

Obr. 13.4. Transformace povodňové vlny na VD Nechranice číselně (Pail a Kovaříková, 2008).

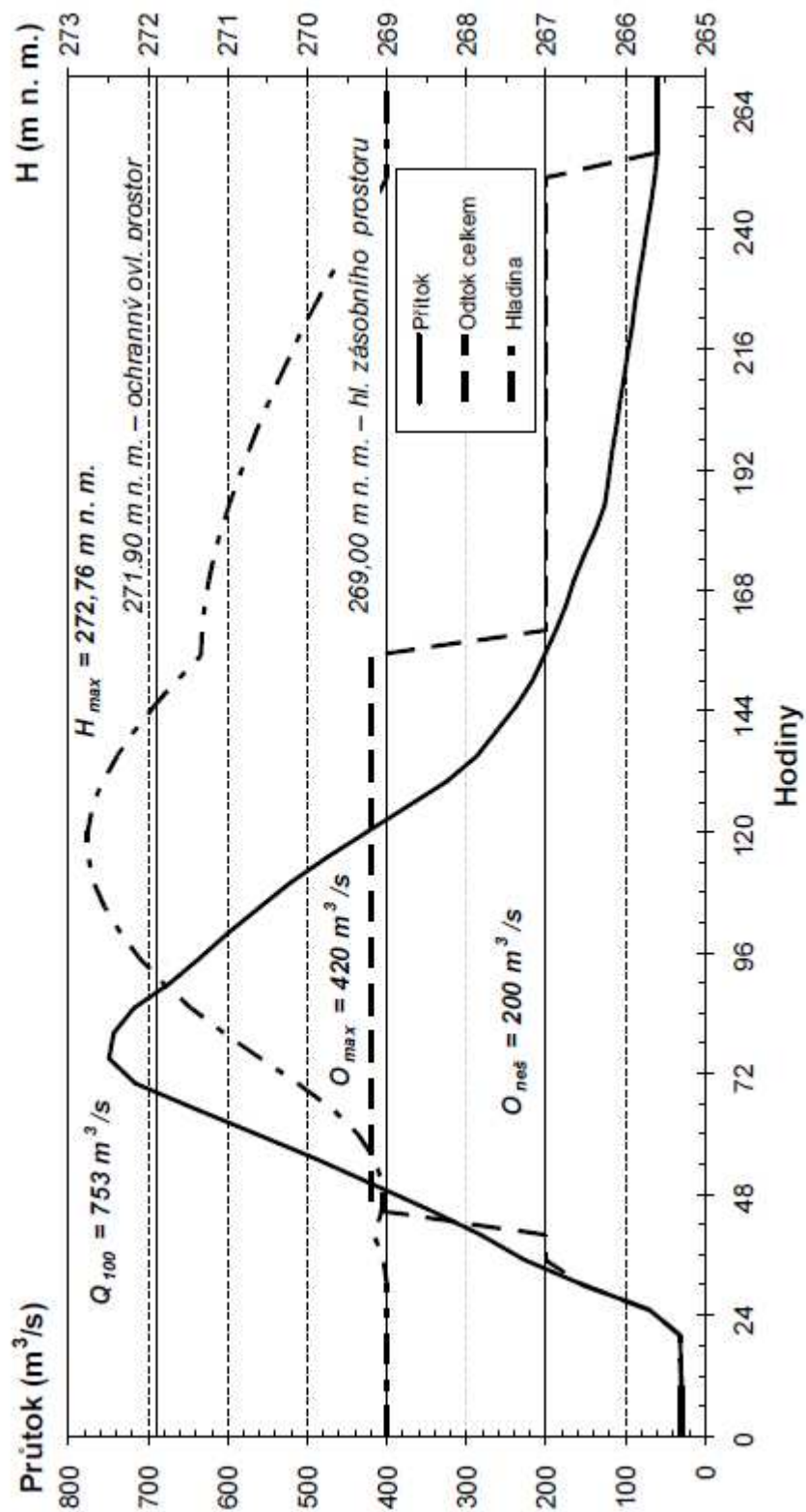
TRANSFORMACE POVODŇOVÉ VLNY Q100_R

VD NECHRANICE

Čas (hod)	Přítok (m ³ /s)	Odtok (m ³ /s)	Kóta (m n. m.)
0	30,0	30,0	269,00
5	30,0	30,0	269,00
10	30,0	30,0	269,00
15	30,5	30,5	269,00
20	31,5	31,5	269,00
25	70,0	70,0	269,00
30	154	154	269,00
35	227	200	269,04
40	282	200	269,16
45	348	420	269,05
50	418	420	269,05
55	489	420	269,15
60	564	420	269,36
65	640	420	269,69
70	718	420	270,11
75	750	420	270,59
80	744	420	271,04
85	718	420	271,46
90	673	420	271,81
95	634	420	272,11
100	599	420	272,35
105	560	420	272,54
110	520	420	272,68
115	475	420	272,75
120	425	420	272,76
125	375	420	272,70
130	325	420	272,57
135	288	420	272,39
140	263	420	272,18
145	238	420	271,92
150	218	420	271,64
155	203	420	271,34
160	188	200	271,32
165	175	200	271,29
170	165	200	271,24
175	153	200	271,17
180	138	200	271,08
185	127	200	270,98
190	122	200	270,87
195	118	200	270,75
200	113	200	270,63
205	108	200	270,50
210	103	200	270,36
215	97,5	200	270,21
220	92,5	200	270,06
225	88,5	200	269,89
230	83,5	200	269,72
235	78,5	200	269,55
240	73,5	200	269,36
245	68,5	200	269,17
250	63,5	200	269,00
255	60,0	60,0	269,00
260	60,0	60,0	269,00
265	60,0	60,0	269,00
270	60,0	60,0	269,00

Obr. 13.5. Transformace povodňové vlny na VD Nechranice číselně (Pail a Kovaříková, 2008).

TRANSFORMACE POVODŇOVÉ VLNY Q100_R VD NECHRANICE

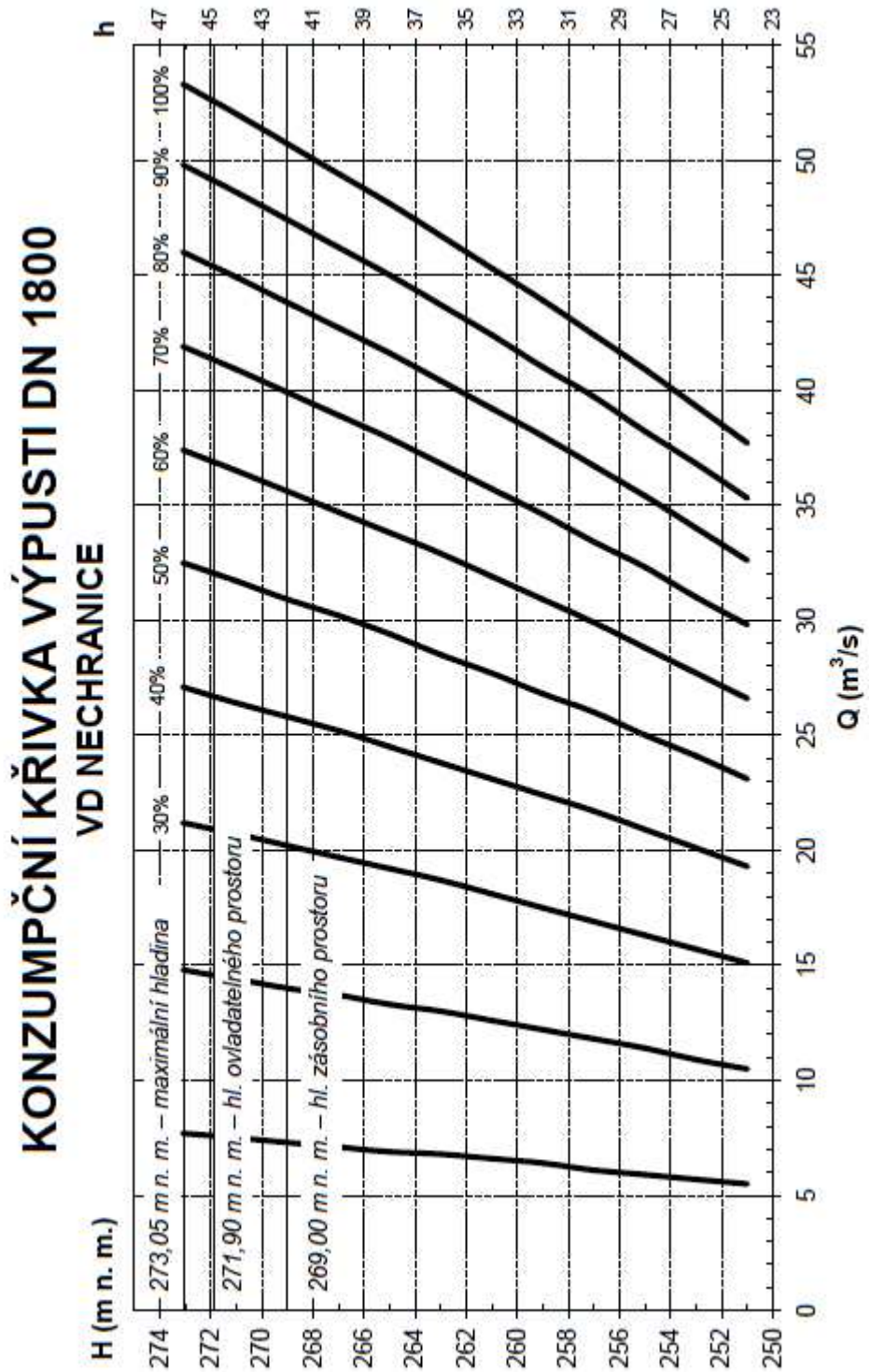


Obr. 13.6. Transformace povodňové vlny na VD Nechranice graficky (Pail a Kovaříková, 2008).

**KONZUMPČNÍ KŘIVKA VÝPUSTI DN 1800
VD NECHRANICE**

H (m n. m.)	h (m)	Q (m ³ /s) otevření (%)																			
		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
251,00	24,00	2,8	5,5	8,0	10,5	12,8	15,1	17,2	19,3	21,2	23,1	24,9	26,6	28,2	29,8	31,2	32,6	34,0	35,3	36,5	37,7
251,50	24,50	2,8	5,5	8,1	10,6	13,0	15,2	17,4	19,5	21,5	23,4	25,2	26,9	28,5	30,1	31,6	33,0	34,3	35,6	36,9	38,1
252,00	25,00	2,9	5,6	8,2	10,7	13,1	15,4	17,6	19,7	21,7	23,6	25,4	27,2	28,8	30,4	31,9	33,3	34,7	36,0	37,3	38,5
252,50	25,50	2,9	5,6	8,3	10,8	13,2	15,6	17,8	19,9	21,9	23,8	25,7	27,4	29,1	30,7	32,2	33,7	35,1	36,4	37,7	38,9
253,00	26,00	2,9	5,7	8,4	10,9	13,4	15,7	17,9	20,1	22,1	24,1	25,9	27,7	29,4	31,0	32,6	34,0	35,4	36,8	38,1	39,3
253,50	26,50	2,9	5,8	8,5	11,0	13,5	15,9	18,1	20,3	22,4	24,3	26,2	28,0	29,7	31,3	32,9	34,4	35,8	37,2	38,4	39,7
254,00	27,00	3,0	5,8	8,5	11,2	13,6	16,0	18,3	20,5	22,6	24,6	26,5	28,3	30,0	31,6	33,2	34,7	36,2	37,5	38,8	40,1
254,50	27,50	3,0	5,9	8,6	11,3	13,8	16,2	18,5	20,7	22,8	24,8	26,7	28,5	30,3	32,0	33,5	35,1	36,5	37,9	39,2	40,5
255,00	28,00	3,0	5,9	8,7	11,4	13,9	16,3	18,7	20,9	23,0	25,0	27,0	28,8	30,6	32,3	33,9	35,4	36,9	38,2	39,6	40,9
255,50	28,50	3,1	6,0	8,8	11,5	14,0	16,5	18,8	21,1	23,2	25,3	27,2	29,1	30,9	32,6	34,2	35,7	37,2	38,6	40,0	41,2
256,00	29,00	3,1	6,0	8,9	11,6	14,2	16,6	19,0	21,3	23,4	25,5	27,5	29,3	31,1	32,9	34,5	36,0	37,5	39,0	40,3	41,6
256,50	29,50	3,1	6,1	8,9	11,7	14,3	16,8	19,2	21,5	23,6	25,7	27,7	29,5	31,4	33,1	34,8	36,4	37,9	39,3	40,7	42,0
257,00	30,00	3,1	6,1	9,0	11,8	14,4	16,9	19,4	21,7	23,9	26,0	28,0	29,9	31,7	33,4	35,1	36,7	38,2	39,7	41,1	42,4
257,50	30,50	3,2	6,2	9,1	11,9	14,5	17,1	19,5	21,8	24,1	26,2	28,2	30,1	32,0	33,7	35,4	37,0	38,5	40,0	41,4	42,8
258,00	31,00	3,2	6,2	9,2	12,0	14,7	17,2	19,7	22,0	24,3	26,4	28,4	30,4	32,2	34,0	35,7	37,3	38,9	40,4	41,8	43,1
258,50	31,50	3,2	6,3	9,3	12,1	14,8	17,4	19,8	22,2	24,5	26,6	28,7	30,6	32,5	34,3	36,0	37,7	39,2	40,7	42,1	43,5
259,00	32,00	3,2	6,4	9,3	12,2	14,9	17,5	20,0	22,4	24,7	26,8	28,9	30,9	32,8	34,6	36,3	38,0	39,5	41,0	42,5	43,9
259,50	32,50	3,3	6,4	9,4	12,3	15,0	17,7	20,2	22,6	24,9	27,1	29,2	31,2	33,1	34,9	36,6	38,3	39,9	41,4	42,8	44,2
260,00	33,00	3,3	6,5	9,5	12,4	15,2	17,8	20,3	22,8	25,1	27,3	29,4	31,4	33,3	35,2	36,9	38,6	40,2	41,7	43,2	44,6
260,50	33,50	3,3	6,5	9,6	12,5	15,3	17,9	20,5	22,9	25,3	27,5	29,6	31,6	33,6	35,4	37,2	38,9	40,5	42,1	43,5	45,0
261,00	34,00	3,4	6,6	9,6	12,6	15,4	18,1	20,7	23,1	25,5	27,7	29,8	31,9	33,8	35,7	37,5	39,2	40,8	42,4	43,9	45,3
261,50	34,50	3,4	6,6	9,7	12,7	15,5	18,2	20,8	23,3	25,7	27,9	30,1	32,1	34,1	36,0	37,8	39,5	41,1	42,7	44,2	45,7
262,00	35,00	3,4	6,7	9,8	12,8	15,6	18,4	21,0	23,5	25,9	28,1	30,3	32,4	34,4	36,3	38,1	39,8	41,5	43,0	44,6	46,0
262,50	35,50	3,4	6,7	9,9	12,9	15,7	18,5	21,1	23,6	26,0	28,3	30,5	32,6	34,6	36,5	38,4	40,1	41,8	43,4	44,9	46,4
263,00	36,00	3,5	6,8	9,9	13,0	15,9	18,7	21,3	23,8	26,2	28,5	30,8	32,9	34,9	36,8	38,6	40,4	42,1	43,7	45,2	46,7
263,50	36,50	3,5	6,8	10,0	13,1	16,0	18,8	21,4	24,0	26,4	28,8	31,0	33,1	35,1	37,1	39,0	40,7	42,4	44,0	45,6	47,1
264,00	37,00	3,5	6,9	10,1	13,1	16,1	18,9	21,5	24,2	26,6	29,0	31,2	33,3	35,4	37,3	39,2	41,0	42,7	44,3	45,9	47,4
264,50	37,50	3,5	6,9	10,1	13,2	16,2	19,0	21,7	24,3	26,8	29,2	31,4	33,6	35,6	37,6	39,5	41,3	43,0	44,6	46,2	47,7
265,00	38,00	3,6	6,9	10,2	13,3	16,3	19,2	21,9	24,5	27,0	29,4	31,5	33,8	35,9	37,9	39,8	41,6	43,3	45,0	46,5	48,1
265,50	38,50	3,6	7,0	10,3	13,4	16,4	19,3	22,0	24,7	27,2	29,6	31,9	34,1	36,2	38,2	40,1	42,0	43,7	45,4	47,0	48,5
266,00	39,00	3,6	7,0	10,4	13,5	16,5	19,4	22,2	24,8	27,4	29,8	32,1	34,3	36,4	38,4	40,3	42,1	43,9	45,6	47,2	48,7
266,50	39,50	3,6	7,1	10,4	13,6	16,7	19,6	22,3	25,0	27,5	30,0	32,3	34,5	36,6	38,6	40,6	42,4	44,2	45,9	47,5	49,1
267,00	40,00	3,6	7,1	10,5	13,7	16,8	19,7	22,5	25,2	27,7	30,2	32,5	34,7	36,9	38,9	40,8	42,7	44,5	46,2	47,8	49,4
267,50	40,50	3,7	7,2	10,6	13,8	16,9	19,8	22,6	25,3	27,9	30,4	32,7	35,0	37,1	39,1	41,1	43,0	44,8	46,5	48,1	49,7
268,00	41,00	3,7	7,2	10,6	13,9	17,0	19,9	22,8	25,5	28,1	30,6	32,9	35,2	37,4	39,4	41,4	43,3	45,1	46,8	48,5	50,1
268,50	41,50	3,7	7,2	10,7	13,9	17,1	20,1	23,0	25,7	28,3	30,9	33,1	35,4	37,6	39,7	41,6	43,5	45,4	47,1	48,8	50,4
269,00	42,00	3,7	7,3	10,7	14,0	17,1	20,2	23,1	25,8	28,4	30,9	33,3	35,6	37,8	39,9	41,9	43,8	45,6	47,4	49,1	50,7
269,50	42,50	3,8	7,4	10,8	14,1	17,3	20,3	23,2	26,0	28,6	31,1	33,5	35,8	38,0	40,2	42,2	44,1	45,9	47,7	49,4	51,0
270,00	43,00	3,8	7,4	10,9	14,2	17,4	20,4	23,4	26,1	28,8	31,3	33,8	36,1	38,3	40,4	42,4	44,4	46,2	48,0	49,7	51,3
270,50	43,50	3,8	7,5	11,0	14,3	17,5	20,6	23,5	26,3	29,0	31,5	34,0	36,3	38,5	40,6	42,7	44,6	46,5	48,3	50,0	51,7
271,00	44,00	3,8	7,5	11,0	14,4	17,6	20,7	23,6	26,4	29,1	31,7	34,2	36,5	38,7	40,9	42,9	44,9	46,8	48,6	50,3	52,0
271,50	44,50	3,9	7,5	11,1	14,5	17,7	20,8	23,8	26,6	29,3	31,9	34,4	36,7	39,0	41,1	43,2	45,2	47,1	48,9	50,6	52,3
272,00	45,00	3,9	7,6	11,1	14,5	17,8	20,9	23,9	26,7	29,5	32,0	34,5	36,9	39,2	41,3	43,4	45,4	47,3	49,1	50,9	52,5
272,50	45,50	3,9	7,7	11,2	14,7	17,9	21,1	24,1	26,9	29,7	32,3	34,8	37,2	39,4	41,6	43,7	45,7	47,6	49,5	51,2	52,9
273,00	46,00	3,9	7,7	11,5	14,8	18,1	21,2	24,2	27,1	29,9	32,5	35,0	37,4	39,7	41,9	44,0	46,0	47,9	49,8	51,6	53,3

Obr. 13.7. Konzumpční křivka spodní výpusti číselně (Pail a Kovaříková, 2008).



Obr. 13.8. Konzumpční křivka spodní výpusti graficky (Pail a Kovaříková, 2008).

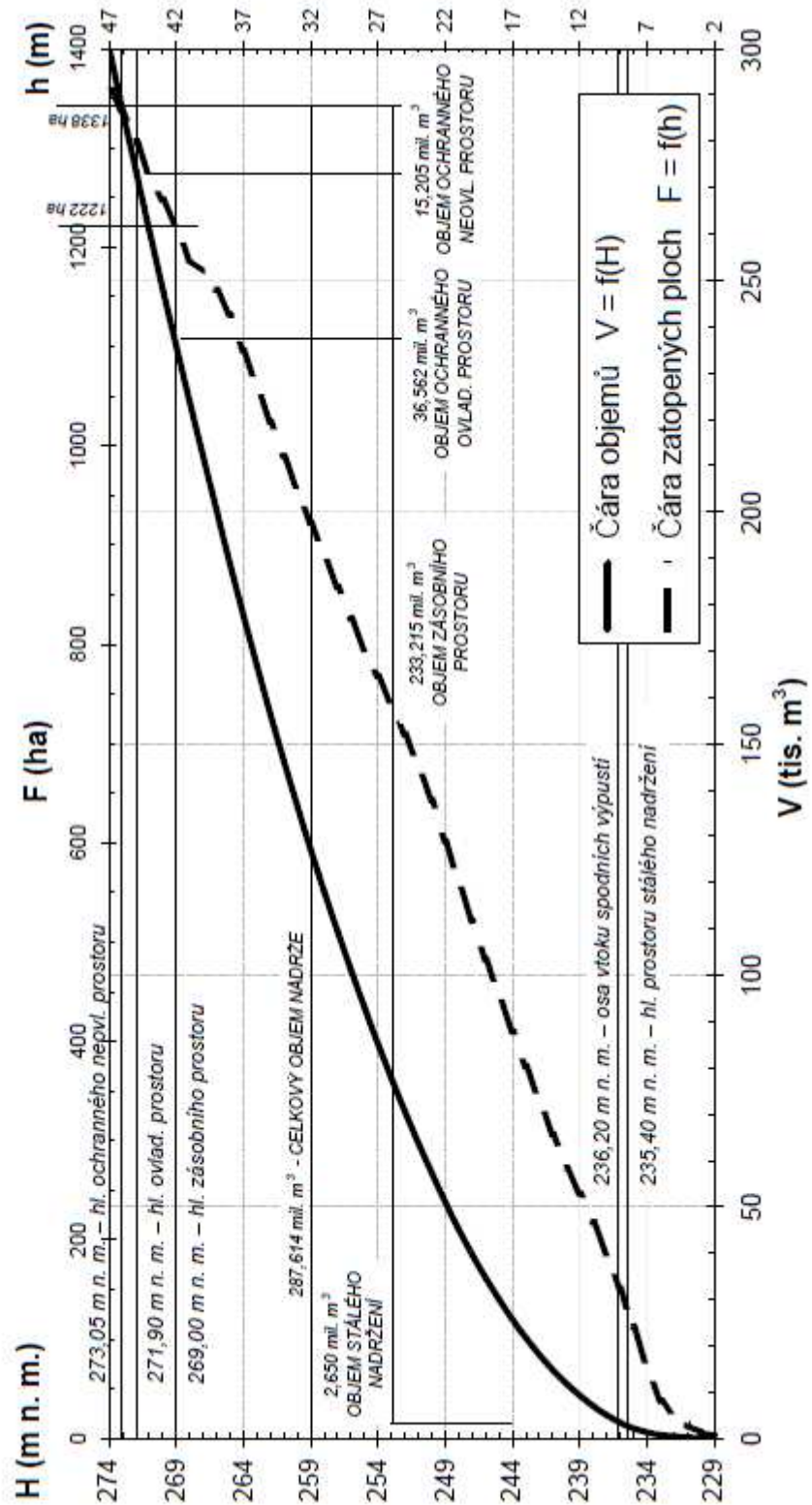
CHARAKTERISTICKÉ KŘIVKY NÁDRŽE

VD NECHRANICE

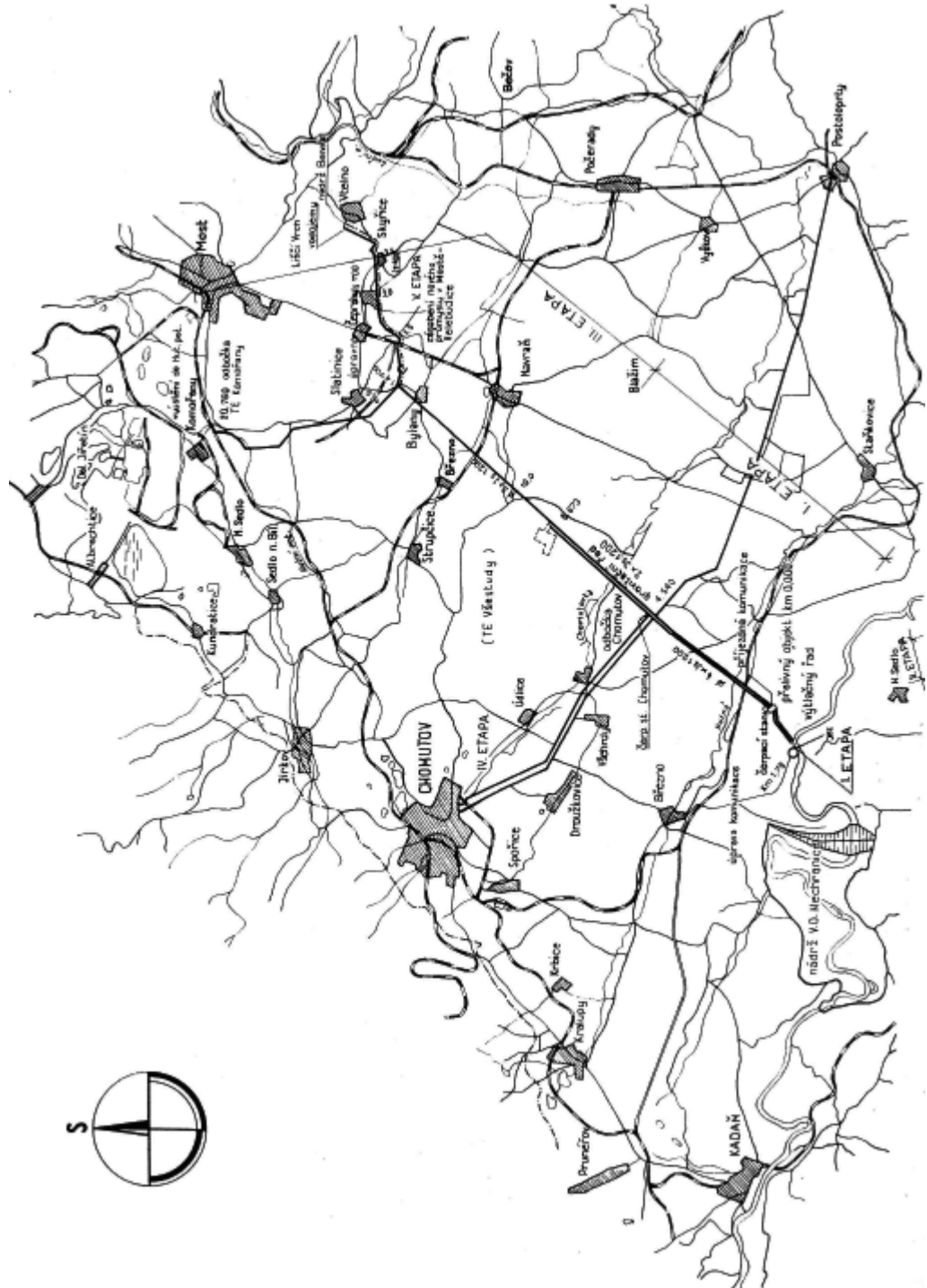
H (m n. m.)	V (tis. m ³)	F (ha)
229,00	5	2
230,00	70	6
231,00	211	13
232,00	428	24
233,00	721	38
234,00	1266	71
235,00	2106	113
235,40	2650	128
236,00	3442	151
237,00	5035	186
238,00	6963	218
239,00	9228	247
240,00	11829	273
241,00	14772	306
242,00	18052	340
243,00	21678	375
244,00	25649	410
245,00	29977	446
246,00	34657	483
247,00	39716	522
248,00	45146	561
249,00	50995	602
250,00	57246	644
251,00	63772	678
252,00	70616	710
253,00	77764	740
254,00	85220	768
255,00	92976	795
256,00	101035	826
257,00	109412	858
258,00	118103	890
259,00	127122	923
260,00	136465	956
261,00	146222	990
262,00	156363	1025
263,00	166852	1060
264,00	177700	1096
265,00	188858	1133
266,00	200343	1157
267,00	211976	1175
268,00	223817	1188
269,00	235865	1222
270,00	248214	1248
271,00	260833	1273
271,90	273512	1305
272,00	273732	1310
273,05	287632	1338
274,00	300462	1363

Obr. 13.9. Charakteristické křivky nádrže číselně (Pail a Kovaříková, 2008).

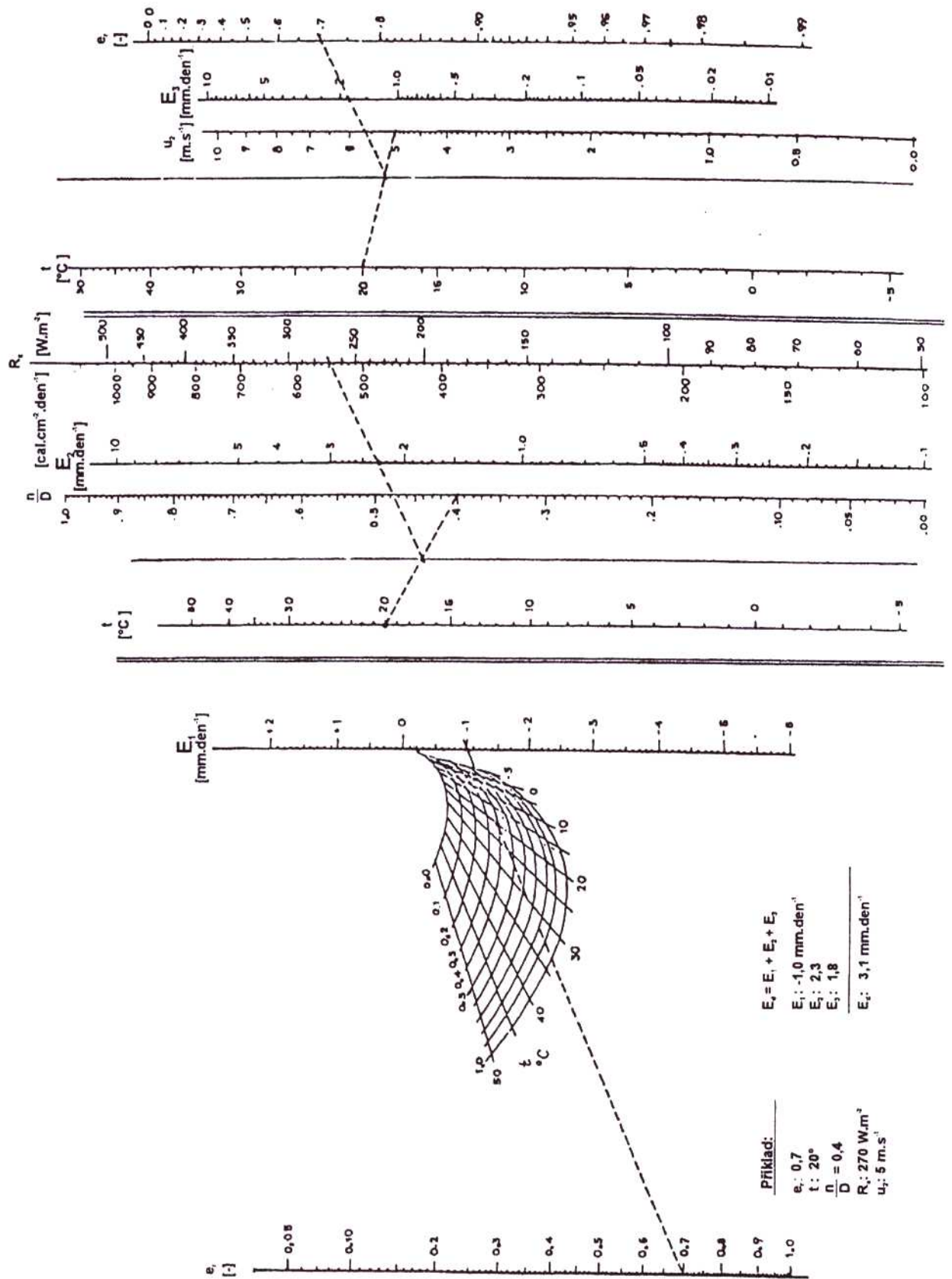
CHARAKTERISTICKÉ KŘÍVKY NÁDRŽE VD NECHRANICE



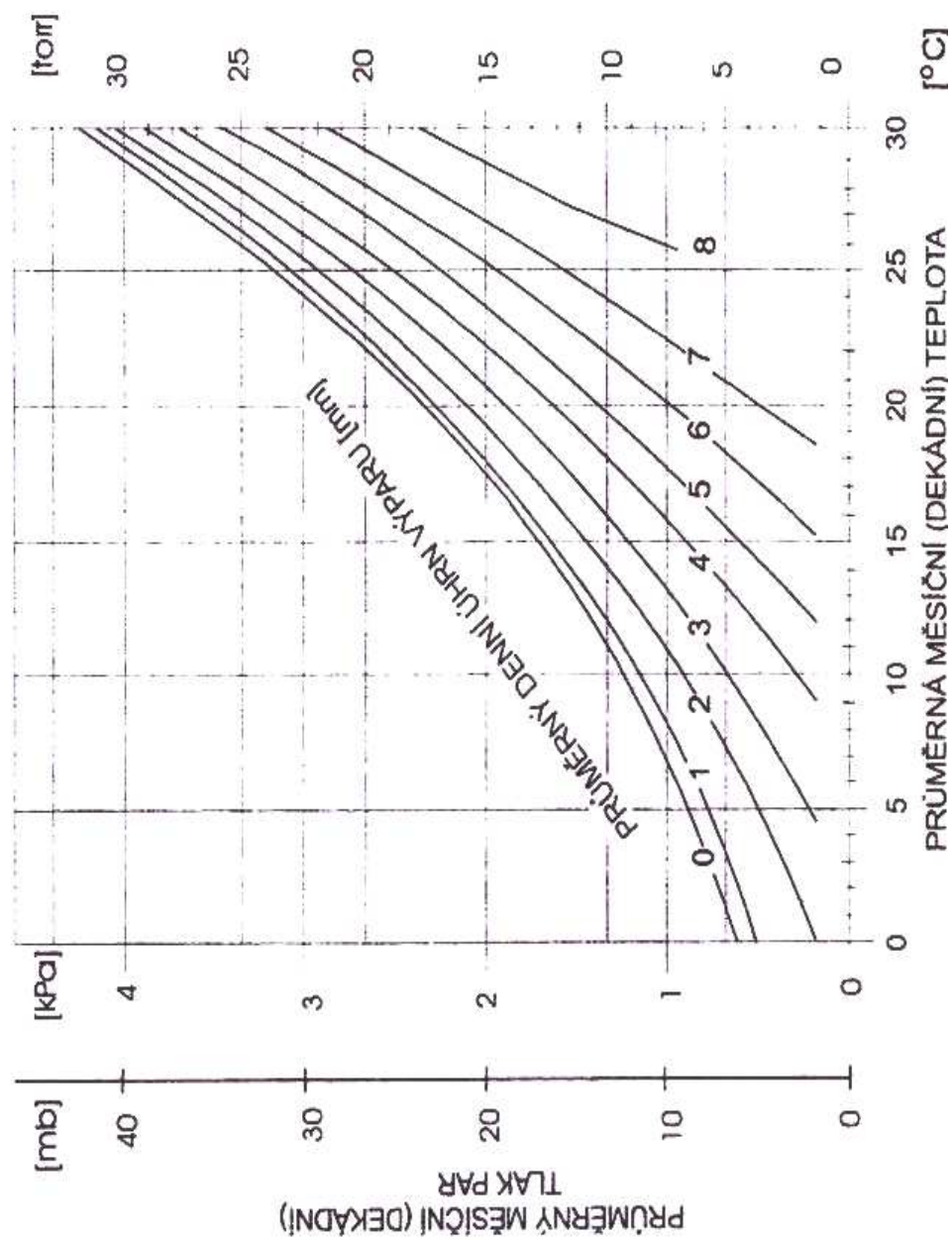
Obr. 13.10. Charakteristické křivky nádrže graficky (Pail a Kovaříková, 2008).



Obr. 13.11. Schéma vodní cesty PVN (Povodí Ohře, 1986).



Obr. 13.12. Nomogram pro výpočet výparu z volné hladiny dle Penmana (Hrádek a Kuřík, 2002).



Obr. 13.13. Nomogram pro výpočet výparu z volné vodní hladiny dle Petroviče (Hrádek a Kuřík, 2002).

Tab. 13.1. Bilance nádrže v průměrných ročních hodnotách.

rok	prům. přítok	prům. odtok	přítok-odtok	prům. hladina	srážky	hl. začátek	hl. konec	rozdíl hladin	rozdíl objemů	objem přítoku	objem odtoku	přítok-odtok	objem srážek na hladinu	ztráty na nádrži
	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m ³ /s]	[m n. m.]	[mm]	[m n. m.]	[m n. m.]	[m]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[m ³]	[mil. m ³]
1968	42,37	35,17	7,20	261,40		238,78	269,44	30,66	40011,3	1339900400	1112076448	227823952		227,8
1969	29,94	33,75	-3,81	263,30	266	269,42	251,65	-17,77	-23189,85	944291520	1064365849	-120074329	3467385	-116,6
1970	44,85	36,91	7,94	262,54	607	251,66	270,22	18,56	24220,8	1414272960	1163919659	250353301	7917435	258,2
1971	32,24	35,53	-3,29	265,42	316	270,29	260,33	-9,96	-12997,8	1016789760	1120435200	-103645440	4121190	-99,5
1972	19,74	16,80	2,93	267,12	278	260,30	268,43	8,13	10609,65	624153600	531342720	92810880	3626595	96,4
1973	18,53	18,36	0,17	268,74	262	268,42	268,55	0,13	169,65	584409600	578978557	5431043	3415185	8,8
1974	25,52	24,69	0,83	268,86	363	268,53	269,33	0,80	1044	804816000	778534230	26281770	4742370	31,0
1975	41,63	42,62	-0,99	268,48	487	269,25	264,46	-4,79	-6250,95	1312977600	1344157377	-31179777	6348825	-24,8
1976	24,29	26,53	-2,24	265,14	384	264,36	255,45	-8,91	-11627,55	768052800	838814400	-70761600	5016420	-65,7
1977	24,10	19,54	4,55	263,43	589	255,36	269,12	13,76	17956,8	759888000	616248000	143640000	7690365	151,3
1978	34,26	33,45	0,81	268,87	473	269,12	268,86	-0,26	-339,3	1080432000	1054944000	25488000	6167430	31,7
1979	32,42	32,24	0,18	268,76	482	268,96	268,48	-0,48	-626,4	1022448960	1016755200	5693760	6294015	12,0
1980	43,80	43,51	0,29	268,82	447	268,49	268,38	-0,11	-143,55	1385017920	1375859520	9158400	5832045	15,0
1981	45,94	44,80	1,14	268,75	535	268,38	268,94	0,56	730,8	1448755200	1412812800	35942400	6979140	42,9
1982	40,40	43,02	-2,63	265,67	376	269,00	261,87	-7,13	-9304,65	1273968000	1356782400	-82814400	4912020	-77,9
1983	29,71	29,90	-0,18	264,72	235	261,82	260,68	-1,14	-1487,7	937033400	942796800	-5763400	3065445	-2,7
1984	31,23	29,18	2,04	265,72	19	260,65	266,69	6,04	7882,2	987506000	922881600	64624400	241425	64,9
1985	19,01	20,42	-1,41	265,55	12	266,65	262,59	-4,05	-5290,47	599448432	643896432	-44448000	160515	-44,3
1986	31,49	29,31	2,18	267,54	3	262,58	268,64	6,07	7917,435	993051366	924173366	68878000	32625	68,9
1987	49,04	49,44	-0,40	268,60	168	268,64	267,58	-1,07	-1389,825	1546567862	1559231165	-12663302	2196315	-10,5
1988	36,89	38,17	-1,29	268,00	11	267,58	264,02	-3,56	-4645,8	1166408336	1207104336	-40696000	144855	-40,5
1989	29,55	29,53	0,02	266,66	8	263,88	264,10	0,21	276,66	931785234	931234234	551000	104400	0,7
1990	26,89	27,63	-0,74	265,92	14	264,12	261,92	-2,21	-2880,135	848029187	871389187	-23360000	178785	-23,2
1991	22,24	21,02	1,23	265,43	344	261,97	265,44	3,47	4532,265	701504179	662822179	38682000	4493115	43,2
1992	26,88	26,57	0,31	267,75	523	265,39	266,33	0,94	1228,005	849934408	840129408	9805000	6822540	16,6
1993	26,38	26,54	-0,16	267,72	422	266,42	265,86	-0,56	-725,58	831967344	837061344	-5094000	5504490	0,4
1994	33,86	33,40	0,45	267,76	570	265,88	266,22	0,34	443,7	1067657148	1053331939	14325209	7431975	21,8
1995	43,67	44,94	-1,27	268,22	565	266,29	265,40	-0,89	-1161,45	1377102414	1417280024	-40177610	7373236,95	-32,8
1996	26,32	25,77	0,55	266,34	459	265,46	266,90	1,44	1880,505	832254526	814756493	17498034	5991255	23,5
1997	26,57	27,66	-1,10	266,63	401	267,02	263,87	-3,15	-4110,75	837831992	872439120	-34607128	5234355	-29,4
1998	24,66	21,23	3,43	266,19	760	263,84	269,48	5,64	7360,2	777603892	669532651	108071241	9920610	118,0
1999	41,12	43,29	-2,17	267,26	616	269,59	263,07	-6,52	-8508,6	1296794901	1365089357	-68294456	8043511,05	-60,2
2000	34,29	33,35	0,93	267,03	821	263,08	265,85	2,77	3616,155	1084179094	1054686542	29492552	10712679,8	40,2
2001	27,87	26,32	1,55	267,06	712	265,81	269,07	3,26	4250,385	878769051	829984666	48784386	9287685	58,1
2002	45,98	46,07	-0,09	268,63	850	269,07	268,96	-0,11	-143,55	1450030455	1452785414	-2754959	11089890	8,3
2003	36,84	39,05	-2,21	267,47	692	268,99	262,93	-6,06	-7909,344	1161854059	1231608136	-69754077	9026685	-60,7
2004	20,01	19,30	0,71	266,32	672	262,92	264,70	1,78	2328,12	632786325	610384447	22401878	8765685	31,2
2005	38,99	38,97	0,03	267,89	418	264,72	264,73	0,01	15,399	1229706412	1228896805	809607	5457510	6,3
2006	35,45	35,28	0,17	266,70	375	264,71	264,78	0,07	89,9145	1117837752	1112579414	5258339	4895055	10,2
2007	30,18	28,58	1,60	268,07	462	264,73	269,00	4,28	5580,618	951636099	901230875	50405224	6033015	56,4
2008	37,21	37,89	-0,68		404					1176685920	1198137956	-21452036	5266980	-16,2

plocha při hladině 271,90 m n. m.:

1305 m²

č. VHB	Odběratel	ř. km	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
		[km]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[tis. m ³]
311640	Povodí Stranná	99,00	25939	25940	19796	16064	9350	13489	9637	6235	7312	5976	12947
331670	REPON Žatec	88,40	372	384	386	228	138	20		12	23	19	19
331920	Elektrárna Počeradý	63,80	20207	19510	20648	20303	19123	20128	17651	16193	16987	17316	15678
331610	Elektroporcelán Louny	62,50	167	139	128	106	139	157	87	78	63	53	56
331520	Lostr Louny	52,40	174	154	97	102	87	110	101	106	152	91	51
330910	Pivovar Louny	50,60	300	261	269	286	369	361	355	337	278	269	285

Tab. 13.2. Velké odběry jiných uživatelů na dolní Ohři (Povodí Ohře, 2008).