

Nádrže a přehrady

Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc.

Nádrže

Nádrže

Nádrže – jeden z nejvýhodnějších prostředků k hospodaření s vodou.

Základní funkce nádrží :

Transformace časového průběhu přítoku do nádrže na časový průběh odtoku z nádrže – **hospodaření s vodou v nádrži.**

$P \cdot Dt - O \cdot Dt = R \cdot Dt$ P – přítok do nádrže, O – odtok z nádrže [$m^3 \cdot s^{-1}$]
R·Dt – změna zadržitého objemu vody v nádrži

Dělení nádrží dle charakteristických hledisek :

Ø Dle vzniku

Ø Dle umístění

Ø Dle účelu

Ø Dle cyklu hospodaření

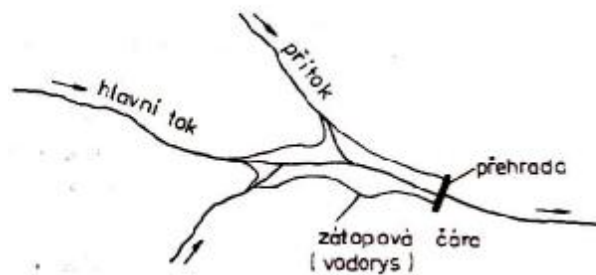
Dělení nádrží podle vzniku :

- Ø Přírodní – jezera tektonického, vulkanického, krasového, ledovcového původu ...**
- Ø Umělé – vzniklé cílevědomým zásahem člověka do přirozených přírodních podmínek, nezbytnou součástí je vzdouvací stavba**

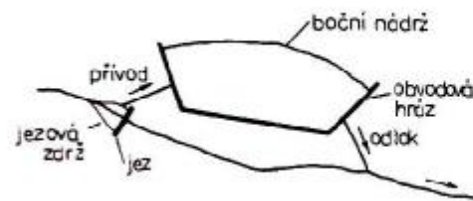
Dělení nádrží podle umístění :

- Ø Protékané vodním tokem**
- Ø Neprotékané – nádrže mimo tok s uměle vybudovaným přívodem a odvodem vody**

a údolní nádrž



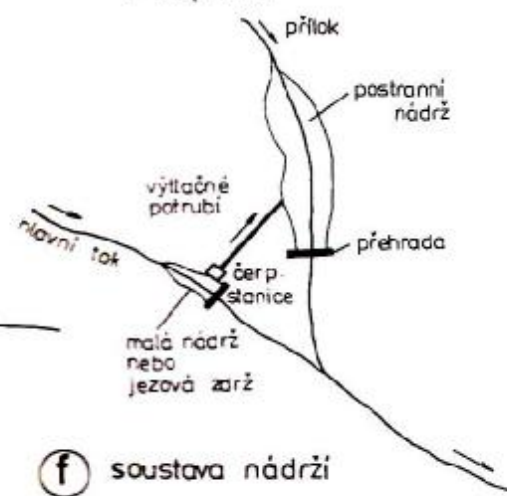
b boční nádrž



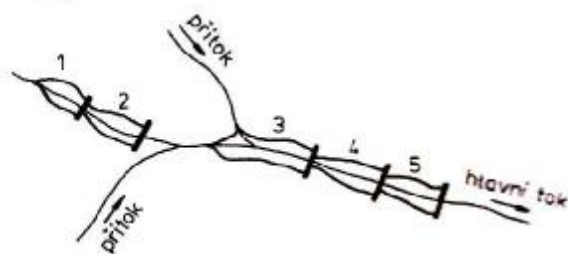
c postranní nádrž s gravitačním přívodem



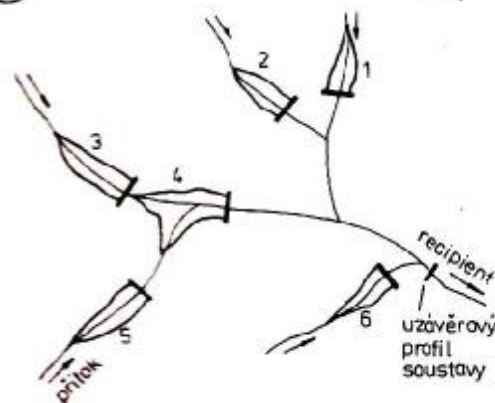
d postranní nádrž s čerpáním



e kaskáda nádrží



f soustava nádrží



Dělení nádrží podle základní funkce :

- Ø Zásobní – zajištění odběrů vody, nalepšení průtoků v tocích**
- Ø Ochranné – snížení povodňových průtoků**

Další funkce nádrží :

- Ø Rekreační**
- Ø Využití pro energetické účely**
- Ø Úprava vlastností vody**
- Ø Zachycení splavenin a hromadění odpadů**

Dělení nádrží podle cyklu nádrže

(období, kdy proběhne 1 vyprázdnění a opětovné naplnění nádrže) :

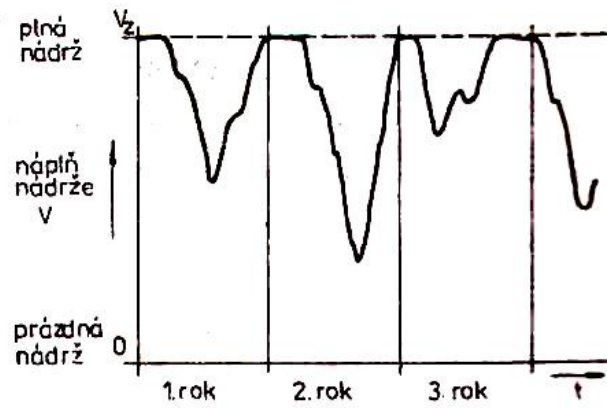
Ø Roční cyklus – sezónní cyklus řízení odtoku

Ø Víceletý cyklus – nádrž není schopna po částečném či úplném vyprázdnění zásobního prostoru jej během každého roku opět zcela zaplnit – víceletý cyklus řízení odtoku.

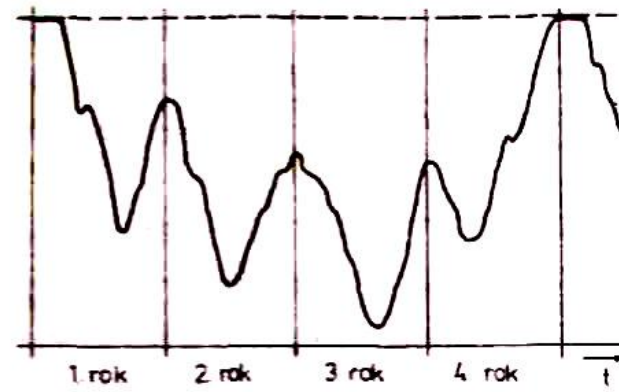
Ø Krátkodobý cyklus odtoku – cyklus proběhne během relativně krátké doby (1 dne nebo týdne) – denní či týdenní řízení odtoku.

Ø Nepravidelný cyklus – v případě nádrží s příležitostným odběrem.

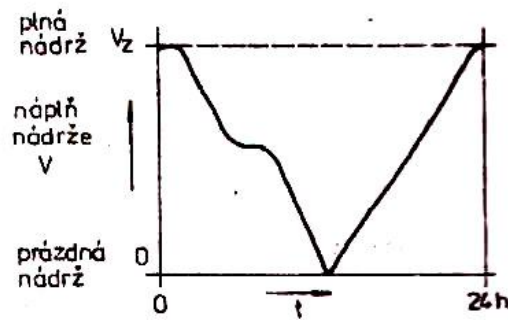
(a) roční (sezonní) cyklus nádrže



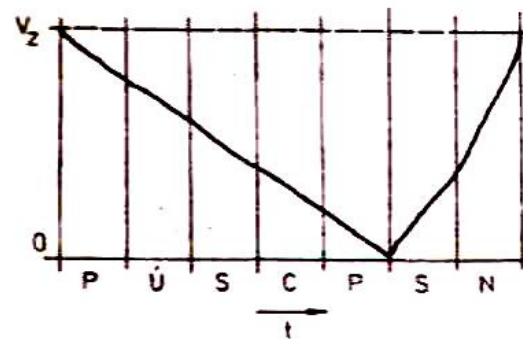
(b) víceletý cyklus nádrže



(c) denní cyklus nádrže



(d) týdenní cyklus nádrže



(e) nádrž s příležitostným odběrem



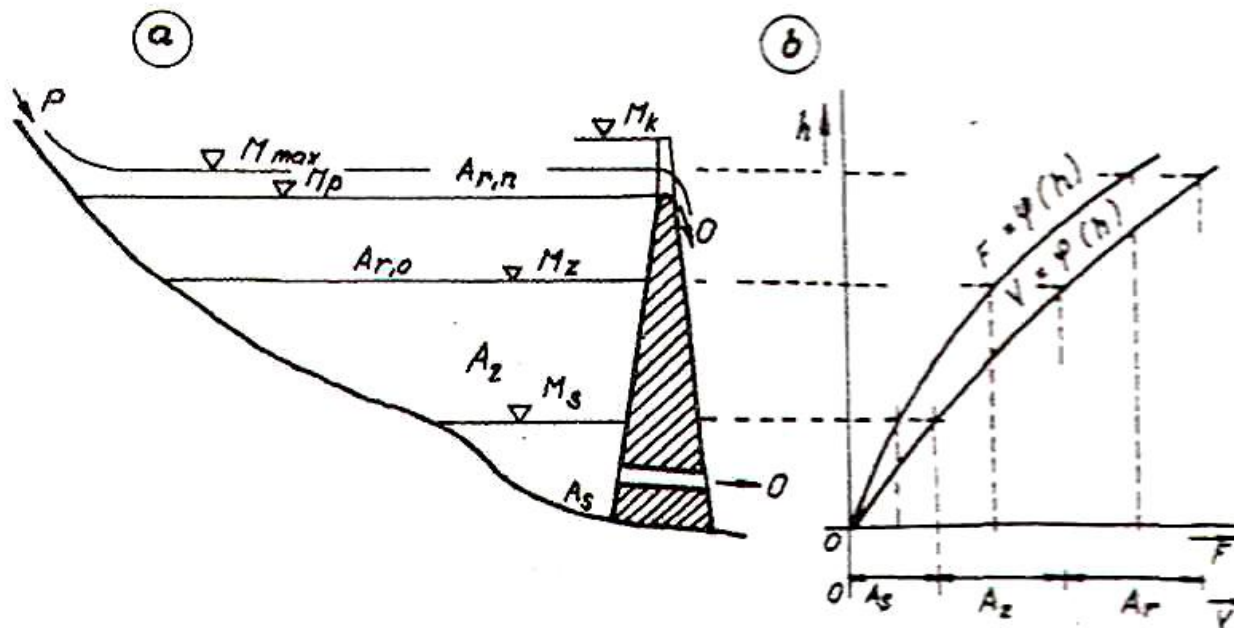
Základní parametry nádrže :

Ø Čára zatopených ploch – $F = f(h)$

Ø Čára objemů nádrže – $V = g(h)$

Vztah mezi oběma čarami

$$V = g(h) = \int_0^h f(h) \times dh \gg \sum_{i=1}^n \frac{F_i + F_{i-1}}{2} \times (h_i - h_{i-1})$$



A_s – prostor stálého nadržení

A_z – zásobní prostor

A_{r0} – retenční prostor ovladatelný

A_{rn} – retenční prostor neovladatelný

Účinky nádrží na okolní prostředí

Fyzikální účinky nádrží :

- Ø Vliv nádrže na hydrologický režim toku pod nádrží.
- Ø Ovlivnění mikroklimatu v okolí nádrže.
- Ø Vliv nádrže na režim podzemních vod v okolí nádrže.
- Ø Zanášení nádrží a ovlivnění splaveninového režimu toku pod nádrží.
- Ø Abraze a sesuvy břehů.
- Ø Teplotní režim nádrže a toku pod nádrží.
- Ø Ledový režim nádrže a toku pod nádrží.
- Ø Seismicita v souvislosti s výstavbou nádrží.

Biologické a chemické účinky :

- Ø Změna kyslíkového režimu.**
- Ø Tvorba biomasy v nádrži.**
- Ø Život vyšších živočichů.**

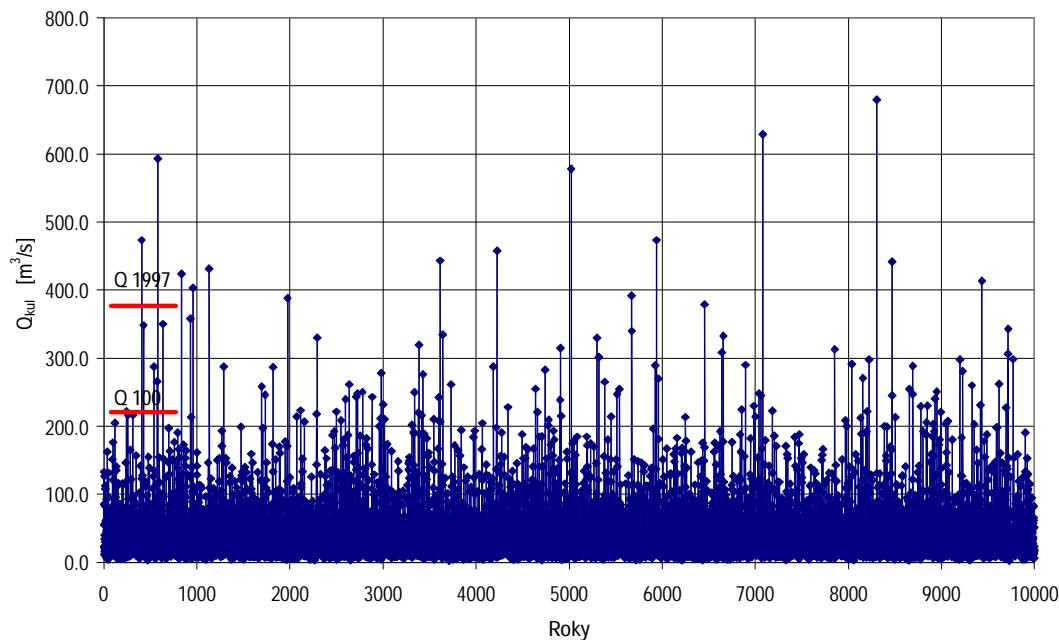
Nepříznivé účinky :

- Ø Výrazné zhoršení prostředí v průběhu stavby trvajících několik let.**
- Ø Problematika řešení stávající zástavby a průmyslu v dosahu navrhovaného vzdutí.**
- Ø Razantní zásah do přirozeného režimu vodních toků – přerušení přirozené migrace živočichů v podélném profilu toku.**

Vodohospodářské řešení nádrží

Ø V reálných hydrologických údajích (naměřené průtokové řady, reálné čáry překročení, reálné povodňové vlny).

Ø Ve statisticky zpracovaných hydrologických datech (modelované syntetické řady).



Modelovaná řada ročních kulminačních průtoků pro profil Opava – Krnov dlouhá 10 000 let

Manipulační řád – závazný pokyn pro správce, jak v jednotlivých situacích hospodařit s vodou (manipulace na objektech vzdouvací stavby).

Vodohospodářské soustavy

**Propojení systému více nádrží do soustavy se společným řízením.
Nebytná optimalizace vyžívání soustavy.**

Modelování řízení v reálném čase

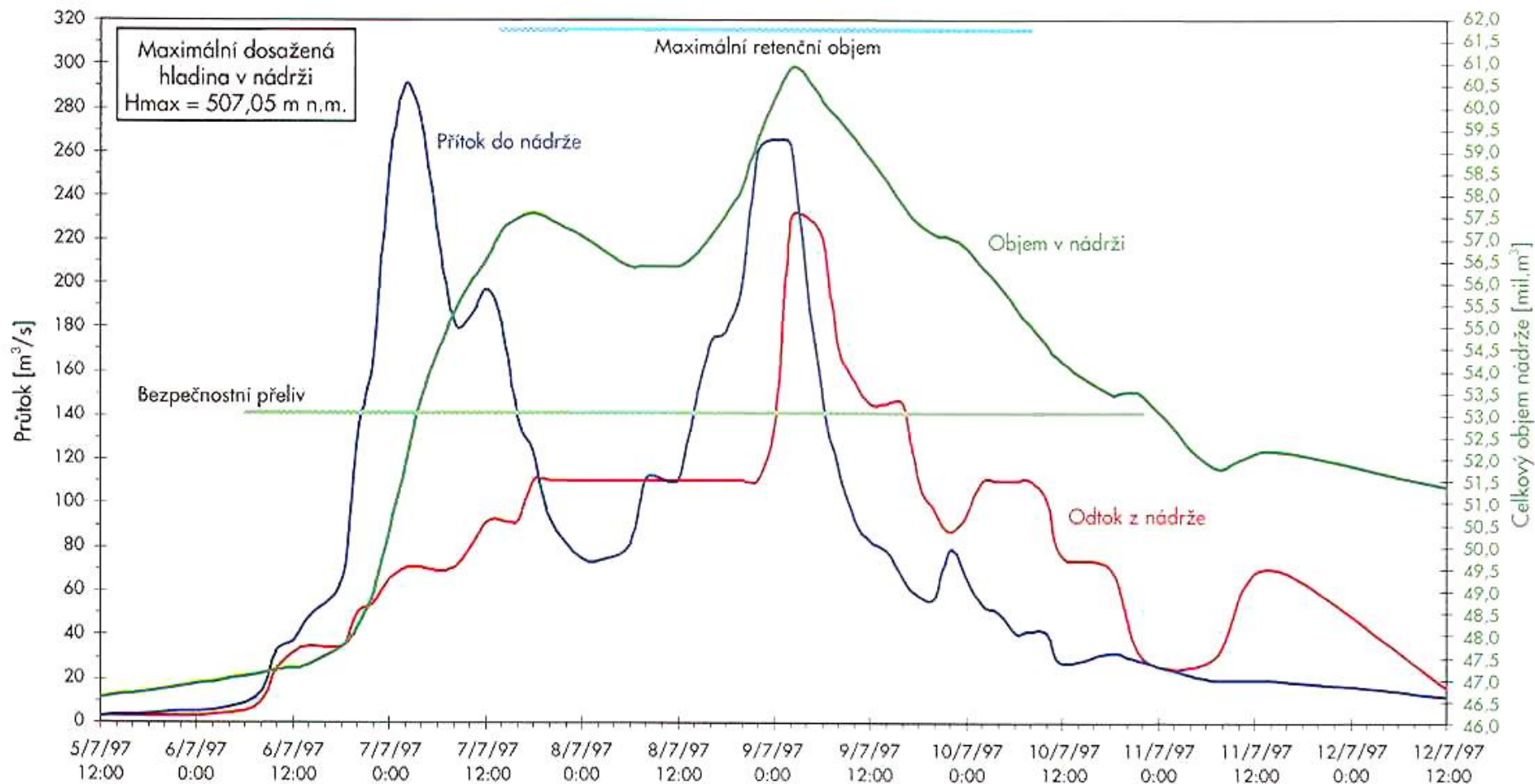
- Ø Modelování srážko-odtokového procesu.**
- Ø Modelování proudění vody v soustavách říčních koryt.**
- Ø Modelování hydraulické funkce nádrží v závislosti na manipulacích na objektech.**

Nutné předpoklady pro dobrý výsledek prognózy :

- Ø Prognóza srážek (model Alladin).**
- Ø Automatický sběr dat o srážkách a průtocích \mathbb{P} optimalizace.**

Ukázka funkce nádrže Šance v průběhu povodně v roce 1997

Transformace povodňové vlny 5.7.-12.7.1997 Vodní dílo ŠANCE



Přehrady

Přehrady

Vzdouvací stavby, které vytvářejí nádrže pro hospodaření s vodou.

Součásti přehrady :

Ø Vlastní vzdouvací těleso

Ø Příslušenství přehrady :

ü Bezpečnostní přelivy – pro převádění povodňových průtoků.

ü Spodní výpusti – pro převádění běžných průtoků.

ü Odběrné objekty – zajištění potřebných odběrů vody dle využití nádrže.

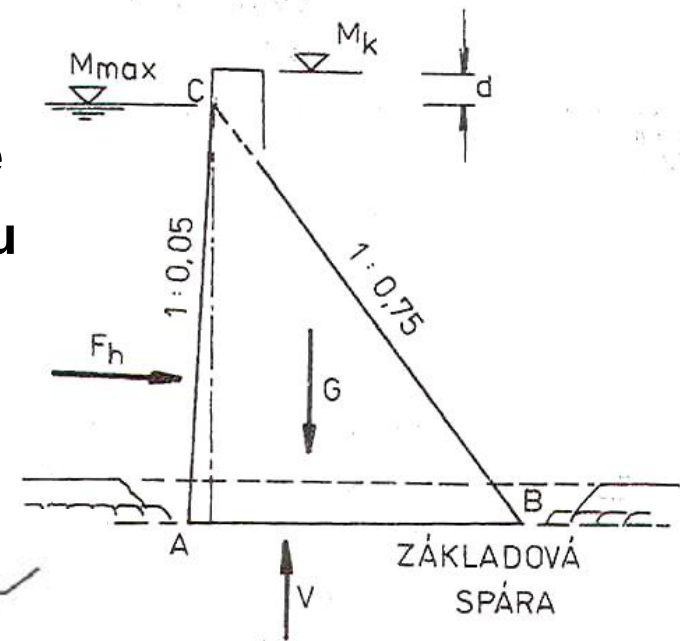
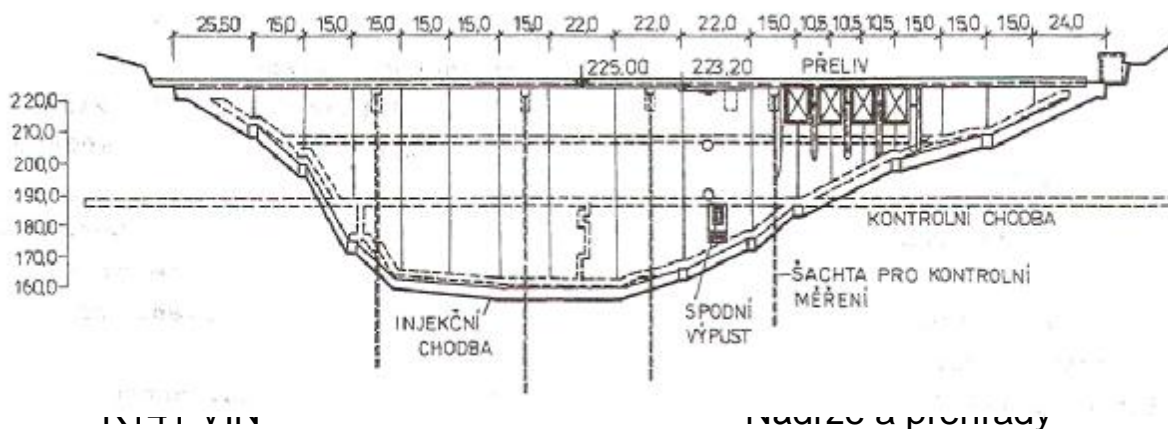
Členění přehrad dle převládajícího materiálu :

Ø Betonové (před 2.sv.válkou kamenné zděné)

Ø Z místních materiálů (sypané, naplavované)

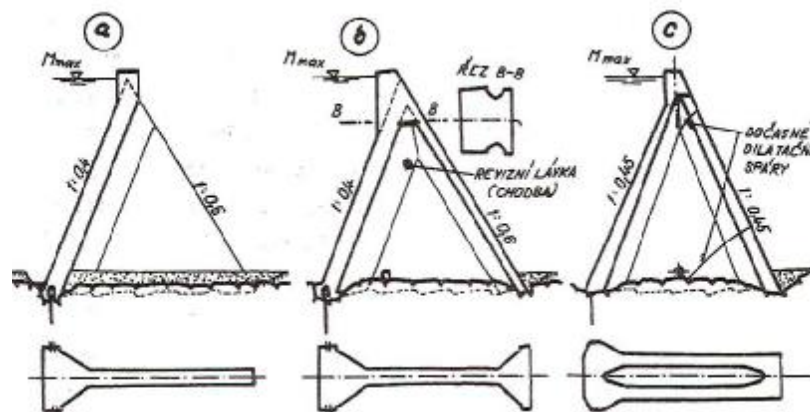
Konstrukční typy betonových přehrad :

Ø **Tížné** – vnějšímu zatížení od hydrostatické síly odporují pouze svou vlastní tíhou
štíhlostní poměr 0.75 – 0.8
nezbytné kvalitní podloží



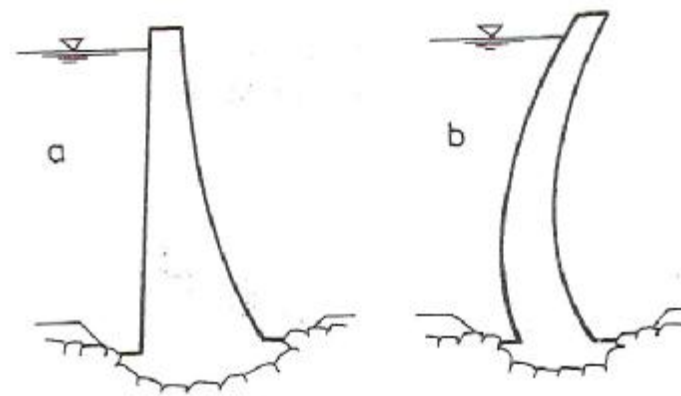
Ø Pilířové – základní statická funkce obdobná jako u tížných
základem snaha o snížení vztlaku na základové spáře,
menší spotřeba materiálu, složité tvary pilíře P
komplikovaná stavba

štíhlostní poměr 0.9 – 1.1



Ø Klenbové – hydrostatické zatížení přenášejí do boků údolí přímo
svou konstrukcí nebo podpěrami (štíhlostní poměr < 0.2)

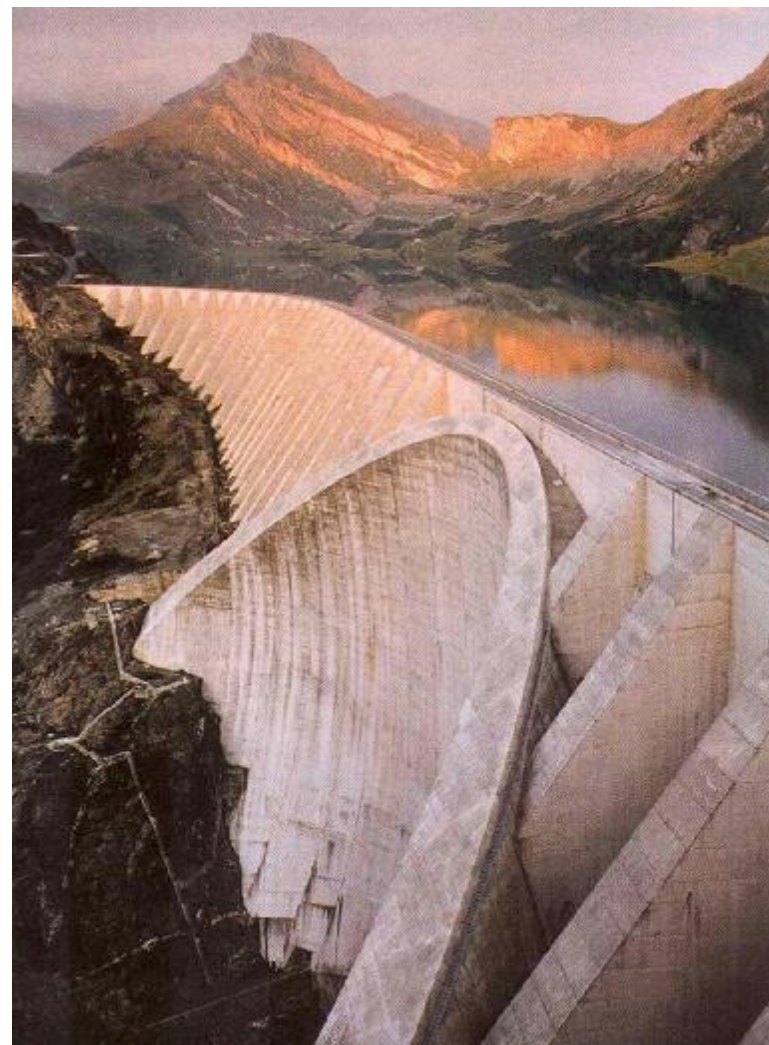
**Podmínkou mimořádně
únosné podloží**





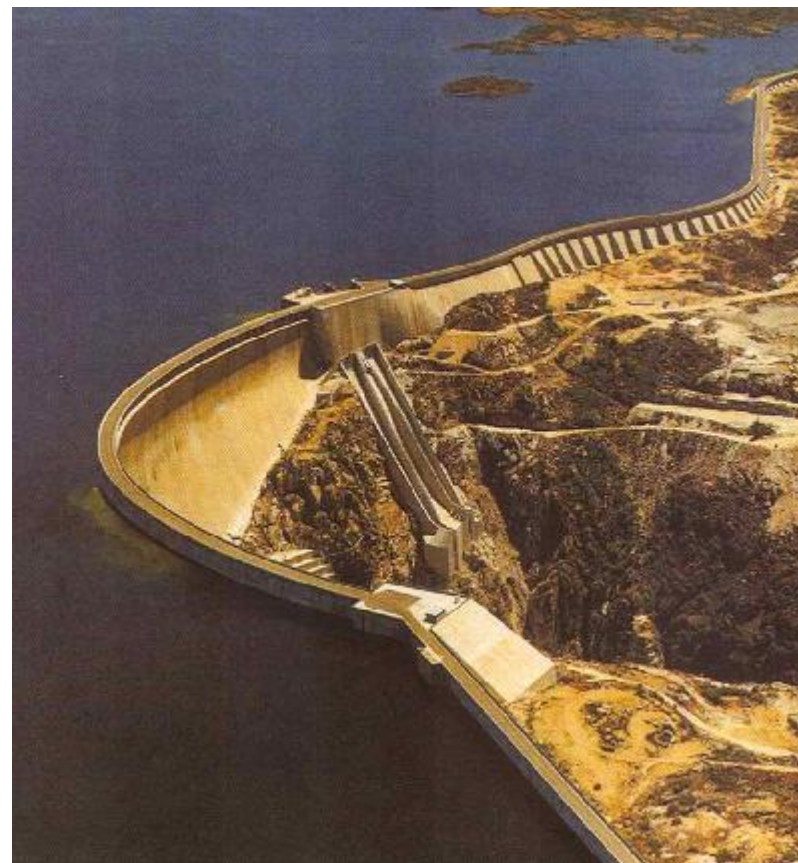
**Hranice Brazílie- Paraguay - Itaipu
Pilířová betonová přehrada.**

**Francie - Roseland
Betonová klenbová přehrada
kombinovaná s pilířovou.**





**Švýcarsko - Contra
Betónová klenbová přehrada.**



**Španělsko - Almendra
Betónová klenbová přehrada
kombinovaná s pilířovou.**



**Itálie - Ridracoli
Betónová klenbová přehrada.**

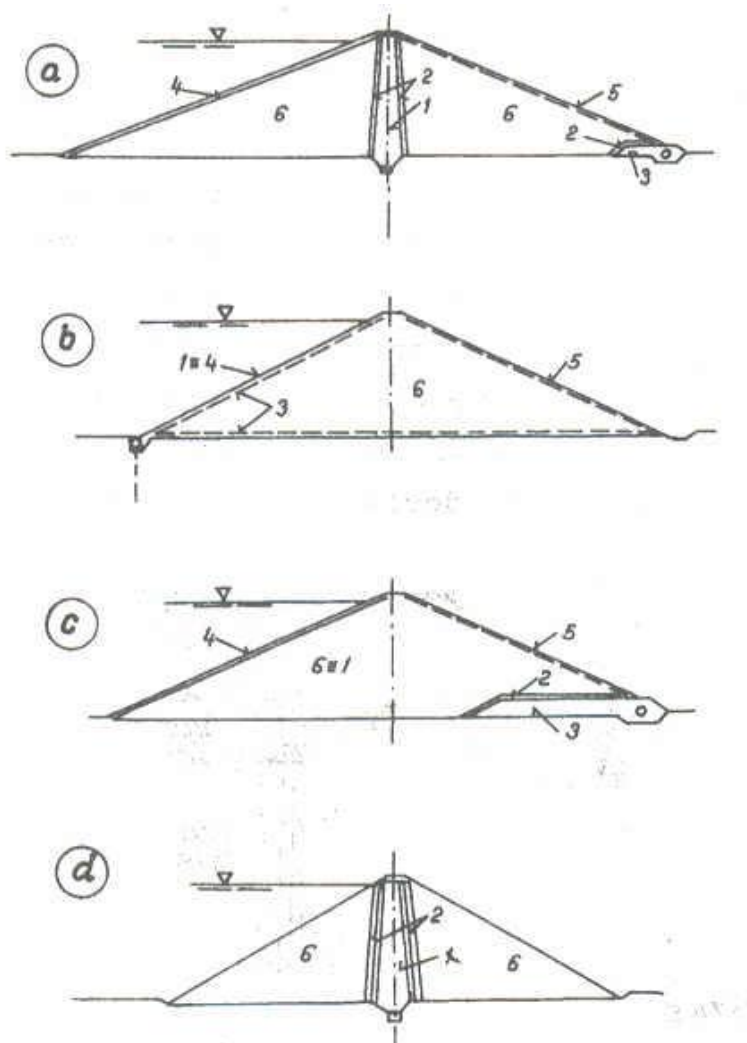
K141 VIN

Nádrže a přehrady

19

Přehrady z místních materiálů :

Ø sypané – možnost použití materiálů z nejbližšího okolí přehrady



2 hlavní zásady :

Propustnost se má zvětšovat od středu ke svahům.

Zeminy s malou smykovou pevností jen v dolní polovině střední části.

Součásti :

1 – těsnění

2 – ochranné vrstvy

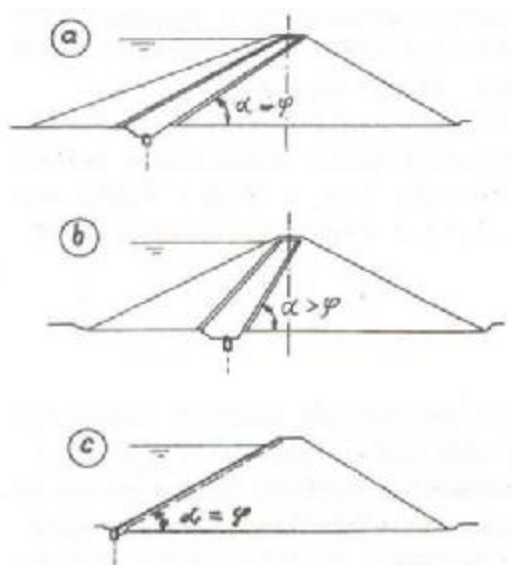
3 – drenážní prvky

4 – opevnění návodního líce

5 – opevnění vzdušného líce

6 – stabilizační část (vzdušný, návodní)

Zásadní význam pro návrh sypané přehrady – umístění a materiál použitého těsnění



Typy těsnění :

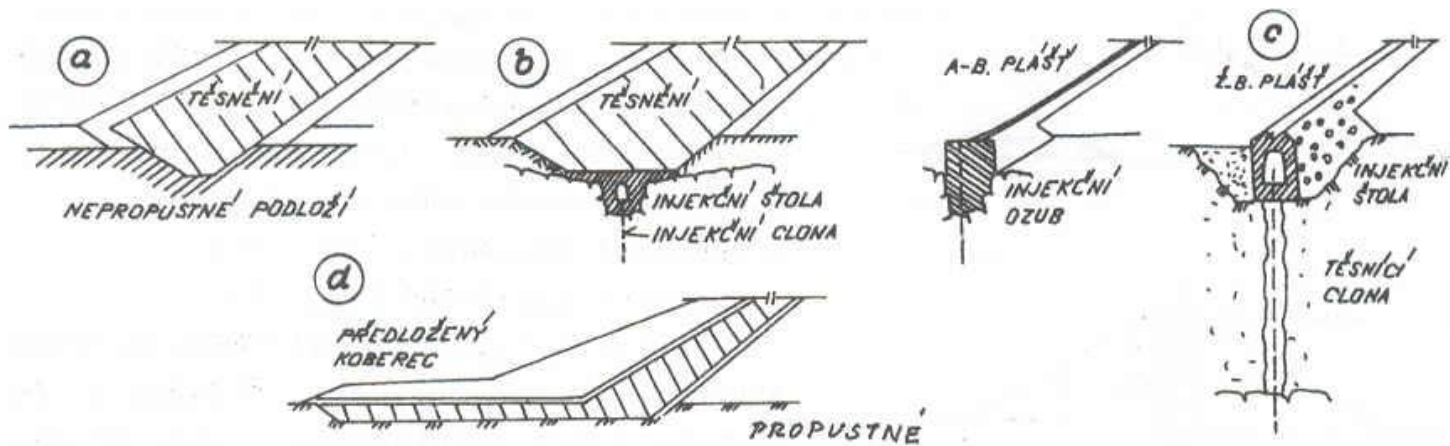
Ø Střední zemní těsnění (jílové)

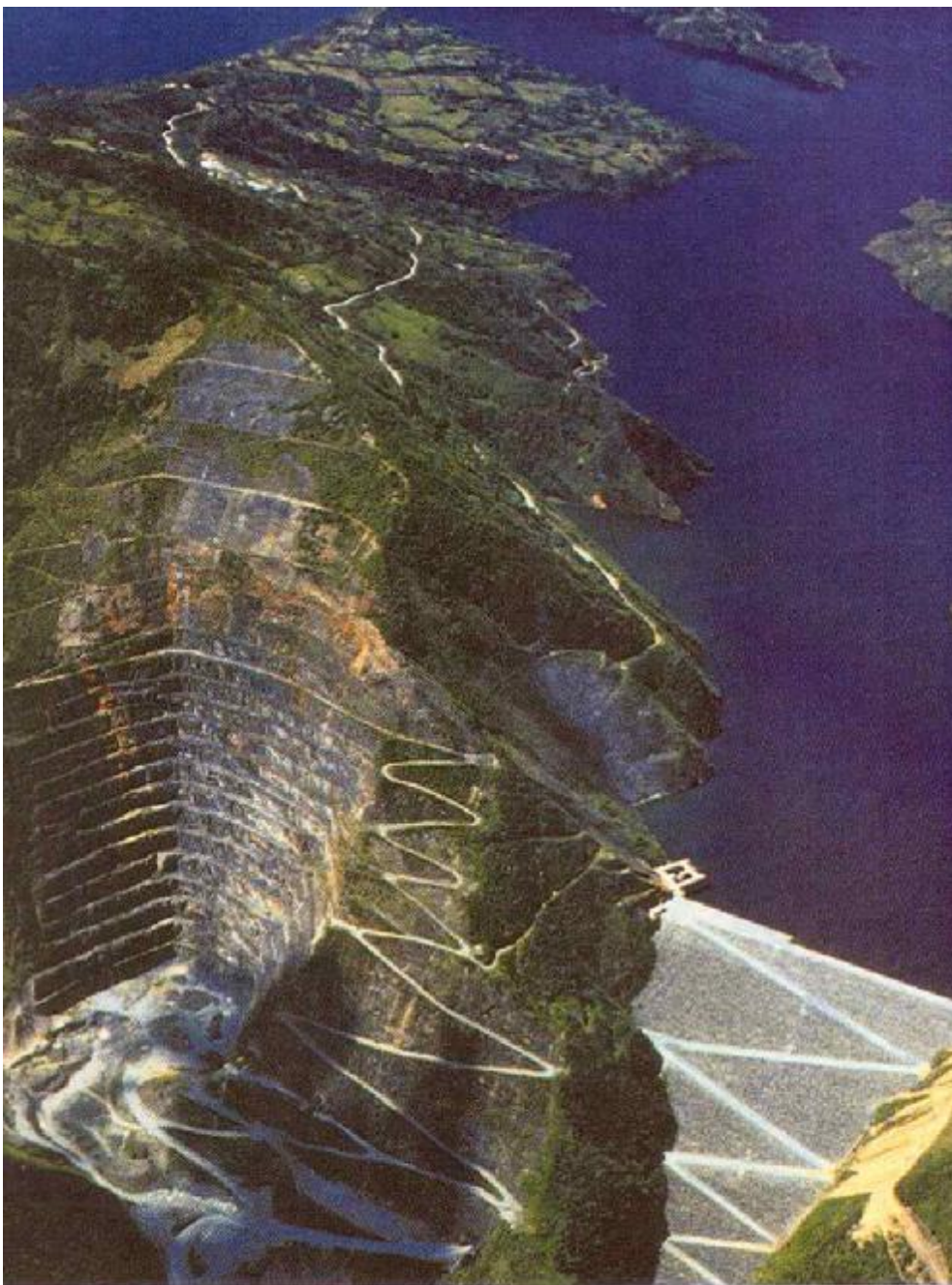
Ø Návodní (střední) asfaltové těsnění

Ø Návodní (střední) betonové těsnění

Ø Návodní (střední) těsnění z plast.fólií

Snížení průsaku podložím





**Kolumbie - Guavio
Výstavba sypané přehrady.**

K141 VIN

Nádrže a přehrady

22

Bezpečnostní přelivy

Ø Slouží k převádění povodňových průtoků.

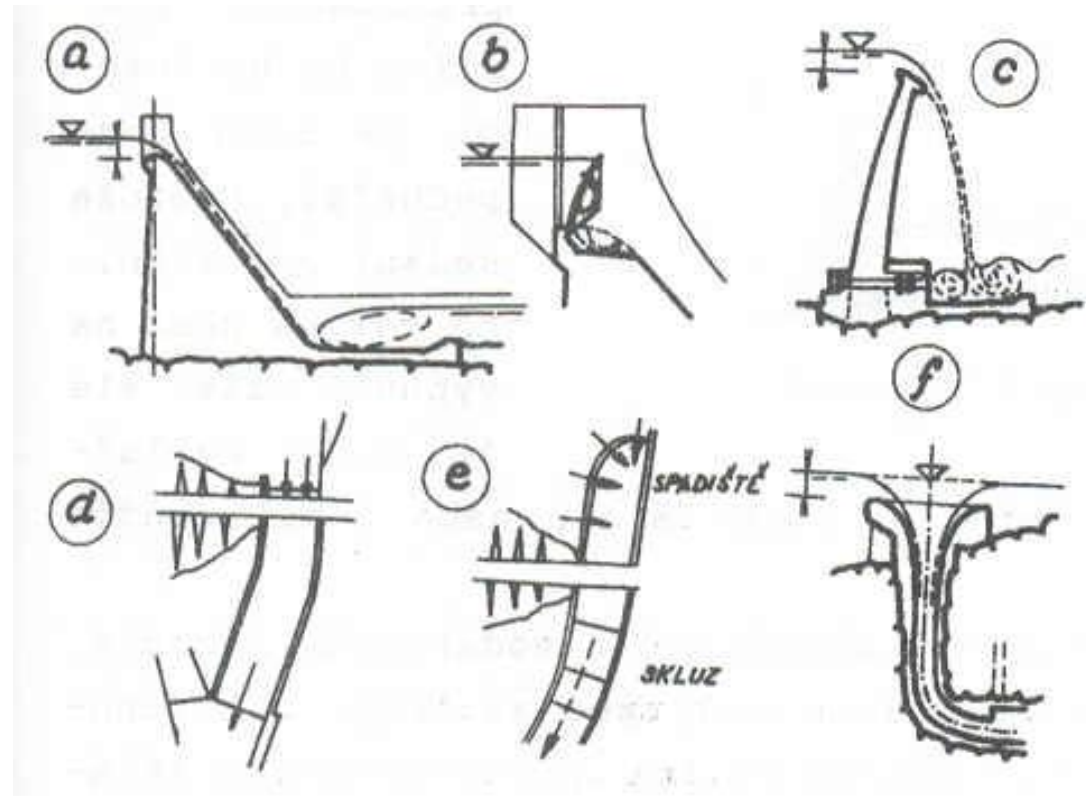
Ø Návrhová povodeň (Q_{100}) - s dodržáním předepsaného převýšení koruny přehrady.

Ø Kontrolní povodeň (Q_{1000} nebo Q_{10000}) – nesmí dojít k ohrožení bezpečnosti stability přehrady.

Typy přelivů :

Ø Přelivy hrazené

Ø Přelivy nehrazené



Spodní výpusti

Slouží k převádění běžných průtoků, k prázdnění či plnění nádrže, umožňují hospodaření s vodou.

Součásti :

Ø Vtokový objekt osazený česlemi.

Ø Zpravidla ocelové potrubí (v sypaných přehradách umístěno často v samostatné štole)

Ø 3 uzávěry (1 hlavní + 2 provizorní)

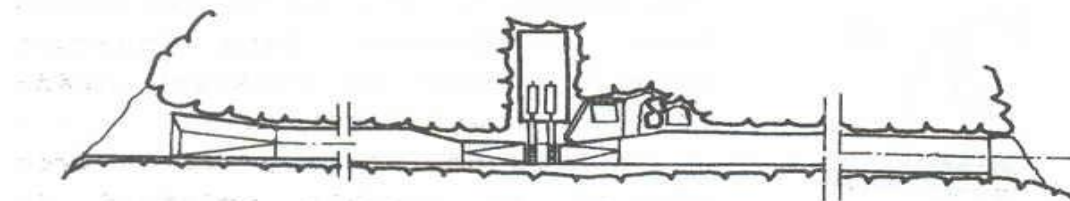
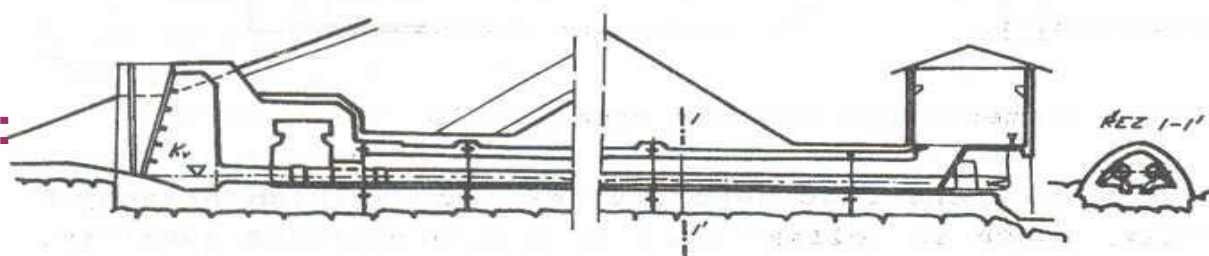
Typy hlavních uzávěrů :

Ø Klapkový

Ø Rozstříkovací

Ø Segmentový

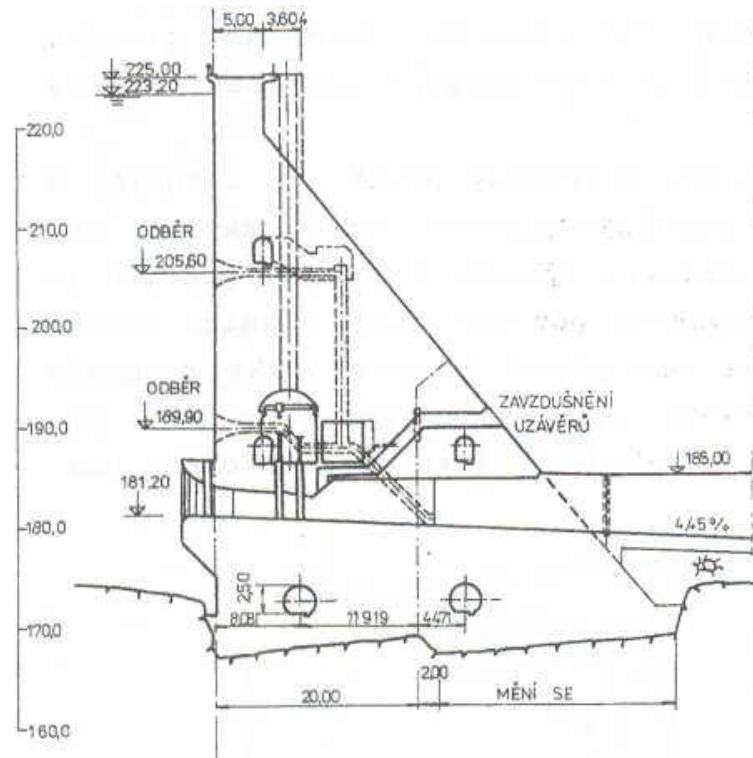
Ø Stavidlový



Odběry vody

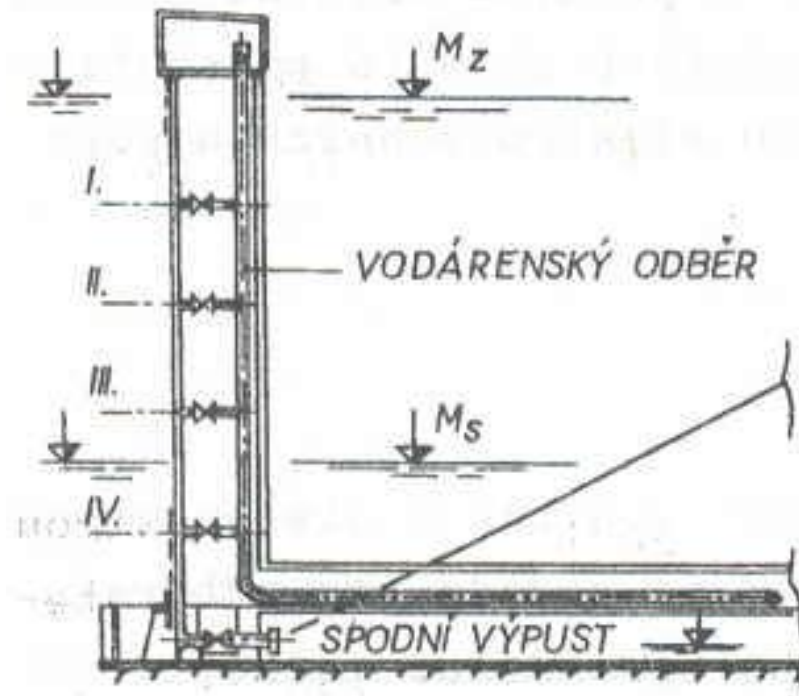
Slouží k odběru vody pro vodárenské, průmyslové či zemědělské účely.

Etážové odběry – umožňují odebírat vodu požadované teploty a dalších vlastností (chemické a biologické složení).



Betonová přehrada - odběry v tělese vlastní přehrady

K141 VIN



Sypaná přehrada - odběry zpravidla ve věžovém objektu

Nádrže a přehrady

25

Historie výstavby přehrad v Česku

Ø Povodně v 90.letech 19.století ➤ impuls k výstavě prvních kamenných zděných přehrad :

Mariánské Lázně 1896, Kamenička 1904, Harcov 1904, Pařížov 1913, Les Království 1919 ..., poslední Pastviny 1938, Husinec 1939, Štěchovice 1945

Ø Mohutný rozvoj výstavby betonových tížných přehrad od 50.let :

První betonové přehrady Březová (Teplá) 1934, Brno (Svratka) 1940
Vltavská kaskáda – největší betonové přehrady – Slapy 1957,
Lipno I 1960 (kombinovaná), Orlík 1963

Ø Vyčerpání profilů vhodných k výstavě betonových tížných přehrad ➤

Začátek výstavby zemních hrází od konce 60.let
Nechranice 1968, Želivka 1975, Dalešice 1978, Stanovice 1978,
Římov 1978, Dlouhé Stráně 1996, Slezská Harta 1997

Ø V současnosti v úvaze jen profil Nové Heřminovy na Opavě

PŘEHRADY – KULTURNÍ PAMÁTKY

Povodí	VD	národní kulturní památka	od roku
Vltava	Rožmberská rybníční soustava – vodní kanály napájecí: Krajní, Nová, Zlatá, Nová řeka a rybníky: Opatovický, Velký Tisý, Kanov, Rožmberk, Svět		2002
Povodí	VD	kulturní památka	od roku
Labe	Střekov	zdymadlo	1963
	Les Království	přehrada	1964
	Pařížov	hráz vč. přepad. systému	1986
	Mšeno	přehrada	1987
	Protržená přehrada (Bílá Desná)	přehrada	1996
Vltava	Jordán	nádrž	1992
Ohře	Jezeří	přehrada	1963
	Skalka	nádrž	1971
	Janov	přehrada	1987
	Fláje	přehrada	1987
Morava	Jevišovice	přehrada	1987
	Fryšták	přehrada	1997
	Bystřička	přehrada	2003

Významné přehrady v Česku

Název	Vodní tok	Rok	V [mil. m ³]	H [m]	Účel
Slapy	Vltava	1958	269	68	E,Z,R,O
Lipno 1	Vltava	1960	310	26	E,Z,R,O
Orlík	Vltava	1963	716	91	E,Z,R,O
Nechranice	Ohře	1968	288	48	Z,O,E,R
Želivka	Želivka	1975	323	58	V,O,E
Dalešice	Jihlava	1978	127	100	E,V,O
Dlouhé Stráně	Desná	1996	3.4	57	E

VD Mariánské Lázně na Úšovickém potoce 1896



Konstrukční typ :

Tížná zděná s přísypem návodního i vzdušného líce.

Hlavní účel :

Zásobování Mariánských Lázní a okolí pitnou vodou.

VD Kamenička na Kameničce - 1904

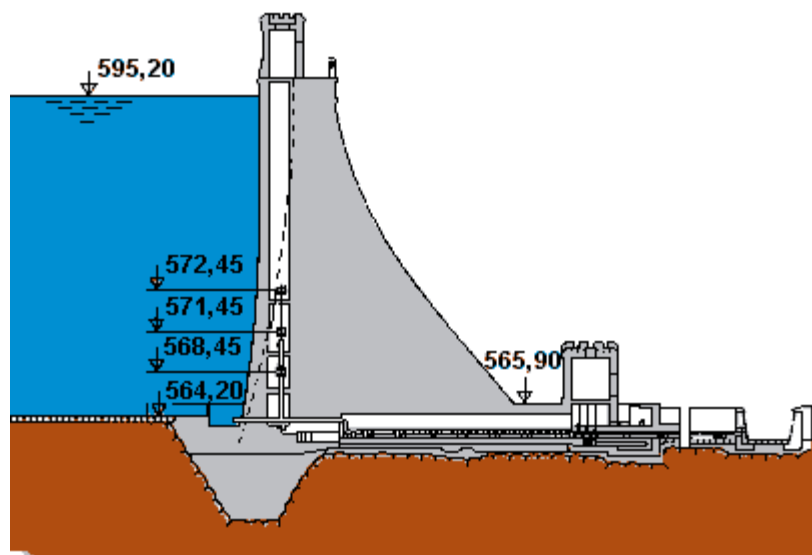


Konstrukční typ :

Tížná zděná z lomového kamene.

Hlavní účely :

Akumulace vody pro zásobování severočeské hnědouhelné pánve pitnou vodou (součást VS SHP).



Základní parametry :

Ø Výška hráze 44.5 m.

Ø Délka koruny hráze 153 m.

Ø Celkový objem 0.714 mil. m³.

Ø $Q_{100} = 28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

VD Harcov na Harcovském potoce - 1904



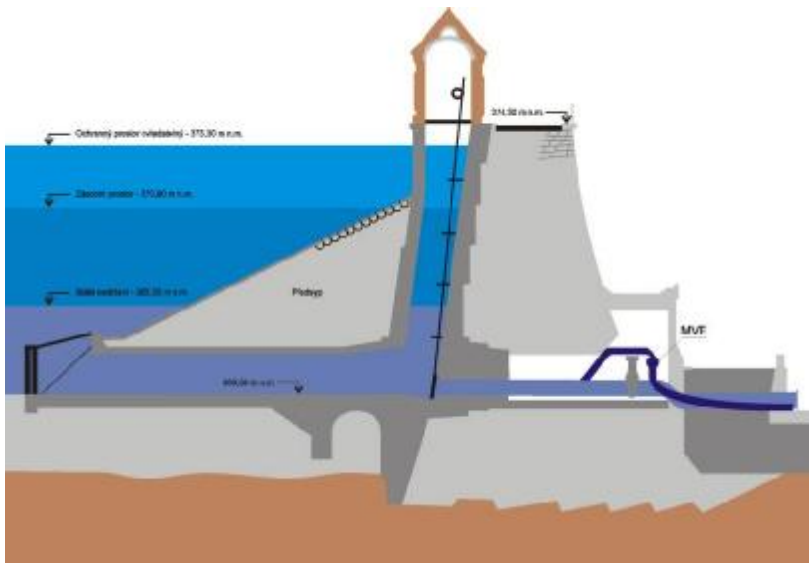
Konstrukční typ :

Tížná zděná z lomového kamene.

Hlavní účely :

Ø Zachycení povodňových průtoků na Harcovském potoce.

Ø Akumulace vody pro zajištění odběru k průmyslovému užití.



Základní parametry :

Ø Výška hráze 19 m.

Ø Délka koruny hráze 157 m.

Ø Celkový objem 0.687 mil. m³.

Ø $Q_{100} = 30.1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

VD Pařížov na Doubravě - 1913



Konstrukční typ :

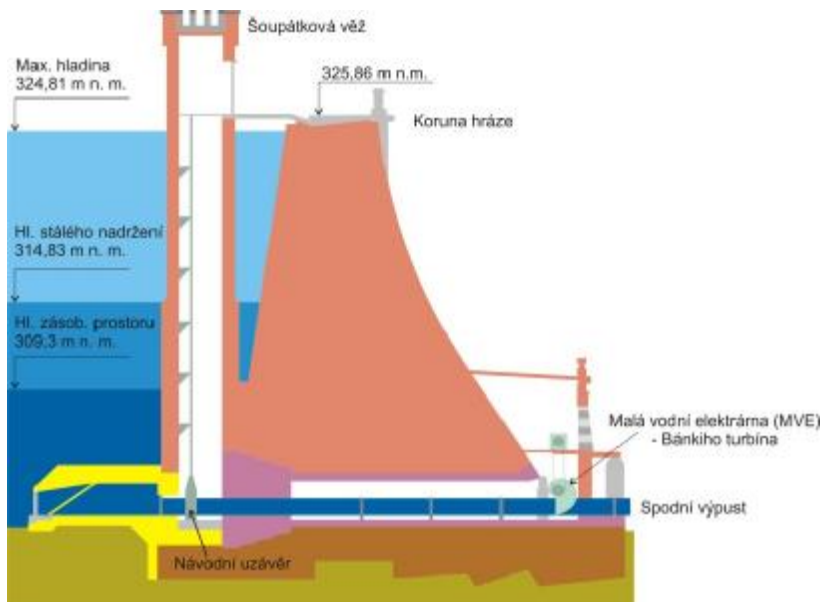
Tížná zděná z lomového kamene.

Hlavní účely :

- Ø Ochrana území před povodněmi.
- Ø Energetické využití (MVE).

Základní parametry :

- Ø Výška hráze 31 m.
- Ø Délka koruny hráze 142 m.
- Ø Celkový objem 1.761 mil. m³.
- Ø $Q_{100} = 145 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



K141 VIN

Nádrže a přehrady

VD Les Království na Labi - 1919



Konstrukční typ :

Tížná zděná z lomového kamene.

Hlavní účely :

- Ø Ochrana před povodněmi.
- Ø Energetické využití (MVE).



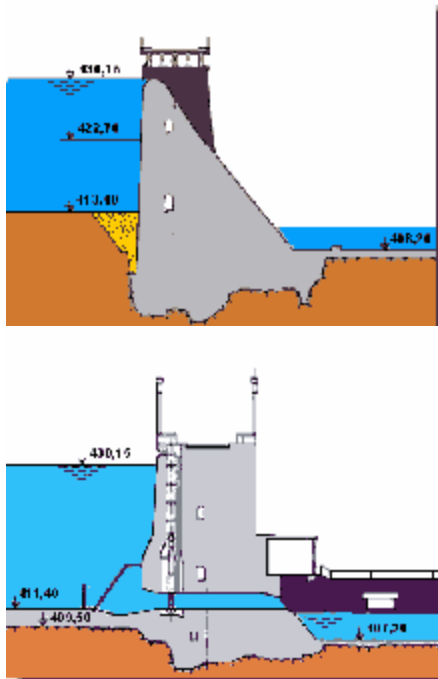
Základní parametry :

- Ø Výška hráze 41 m.
- Ø Délka koruny hráze 218 m.
- Ø Celkový objem 9.159 mil. m³.
- Ø $Q_{100} = 355 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

K141 VIN

Nádrže a přehrady

VD Březová na Teplé - 1934



K141 VIN

Konstrukční typ :

Betonová tížná.

Hlavní účely :

Ø Ochrana města Karlovy Vary před povodněmi.

Ø Energetické využití (MVE).

Základní parametry :

Ø Výška hráze 39 m.

Ø Délka koruny hráze 229 m.

Ø Celkový objem 5.7 mil. m³.

Ø $Q_{100} = 140 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

VD Pastviny na Divoké Orlici - 1938



K141 VIN

Nádrže a přehrady

Konstrukční typ :

Betonová zděná.

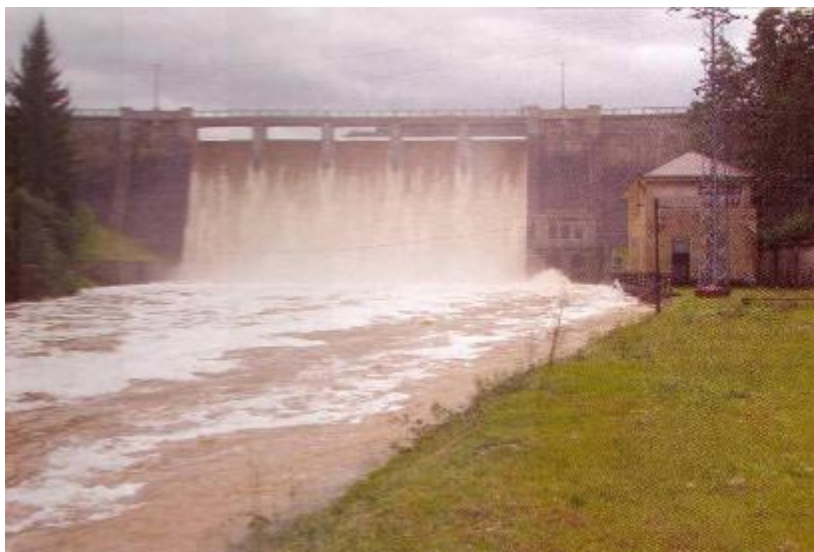
Hlavní účely :

- Ø Ochrana před povodněmi.
- Ø Energetické využití (ŠVE).
- Ø Rekreace.

Základní parametry :

- Ø Výška hráze 39 m.
- Ø Délka koruny hráze 193 m.
- Ø Celkový objem 1.8 mil. M³.
- Ø $Q_{100} = 204 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

VD Husinec na Blanici - 1939



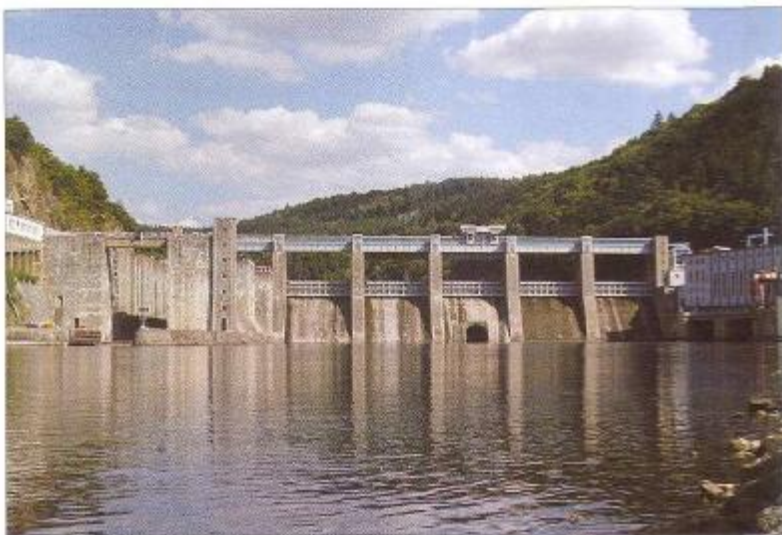
Konstrukční typ :
Zděná tížná.

Hlavní účely :
Ochrana před povodněmi.
Energetické využití.



Základní parametry :
Ø Výška hráze 27 m.
Ø Délka koruny hráze 197 m.
Ø Celkový objem 6.55 mil. m³.

VD Štěchovice na Vltavě - 1945

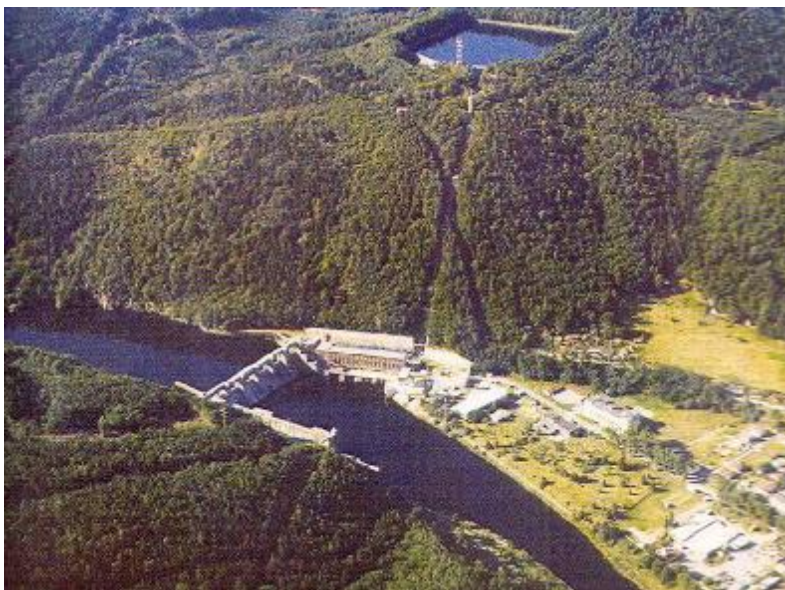


Konstrukční typ :

Zděná tížná.

Hlavní účely :

Energetické využití (PVE).



Základní parametry :

Ø Výška hráze 22 m.

Ø Délka koruny hráze 124 m.

Ø Celkový objem 10.4 mil. m³.

Ø $Q_{100} = 2275 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.



Přečerpávací VE :

Ø Původně 2 Francisovy turbíny 2x21MW

Ø Nyní 1x50MW

Průběžná VE :

2 Kaplanovy turbíny 2x80m³.s⁻¹, 2x11.25MW



VD Slapy na Vltavě - 1957

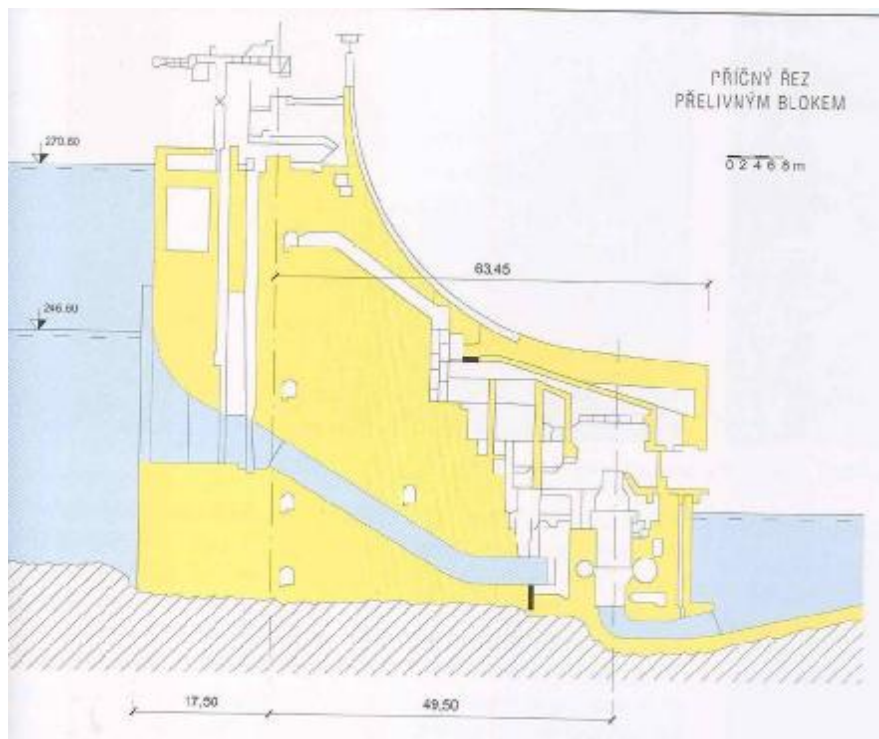


Konstrukční typ :
Betonová tížná.



Hlavní účely :

- Ø Energetické využití (VE).
- Ø Nalepšení průtoků, rekreace.



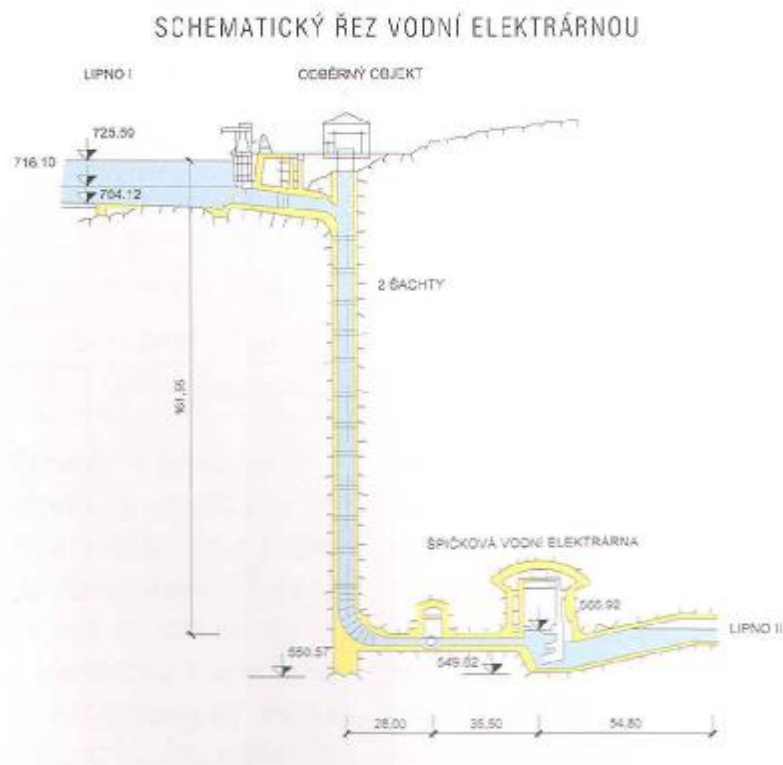
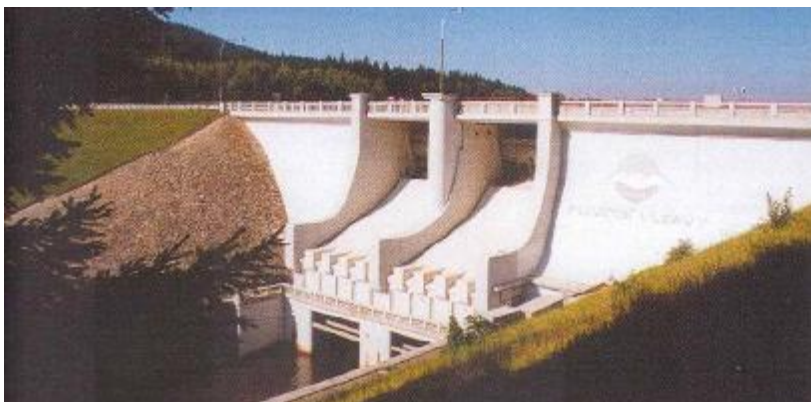
Základní parametry :

- Ø Výška hráze 68 m.
- Ø Délka koruny hráze 260 m.
- Ø Celkový objem 269 mil. m³.

Elektrárna :

- 3 Kaplanovy turbíny
- 3x108 m³.s⁻¹, 3x48MW

VD Lipno I na Vltavě - 1960



K141 VIN

Konstrukční typ :

Zemní kombinovaná s betonovou tížnou.

Hlavní účely :

- Ø Energetické využití (ŠVE).
- Ø Protipovodňová ochrana.
- Ø Nalepšení průtoků, rekreace

Základní parametry :

- Výška hráze 25 m.
- Délka koruny hráze 296 m.
- Celkový objem 310 mil. m³.

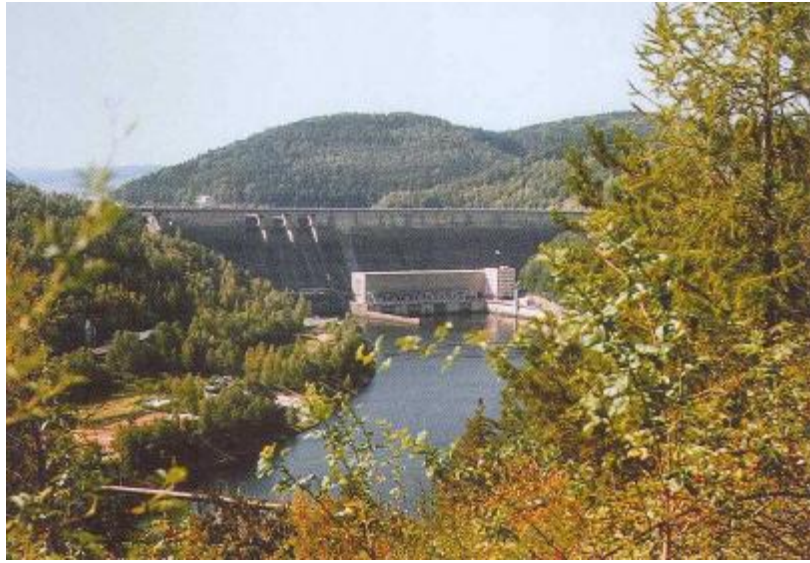
Elektrárna :

2 Francisovy turbíny :
2x46m³.s⁻¹, 2x60MW.

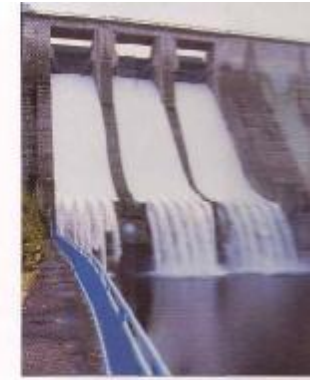
Nádrže a přehrady

40

VD Orлік na Vltavě - 1963

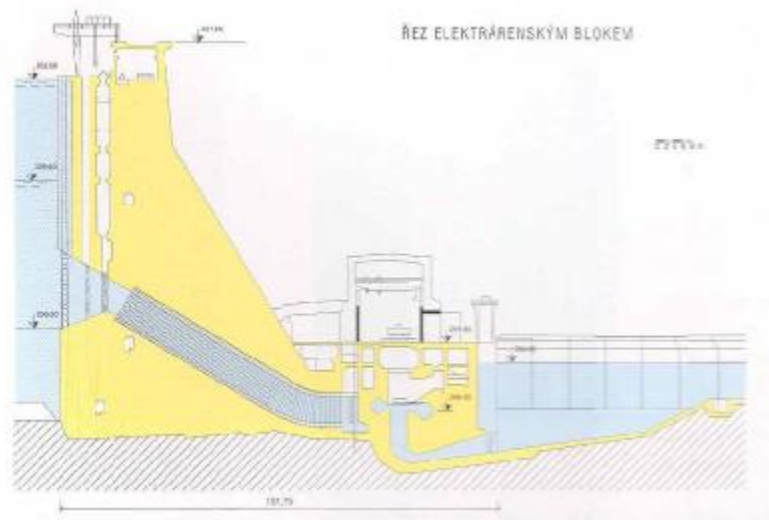


Konstrukční typ :
Betonová tížná.



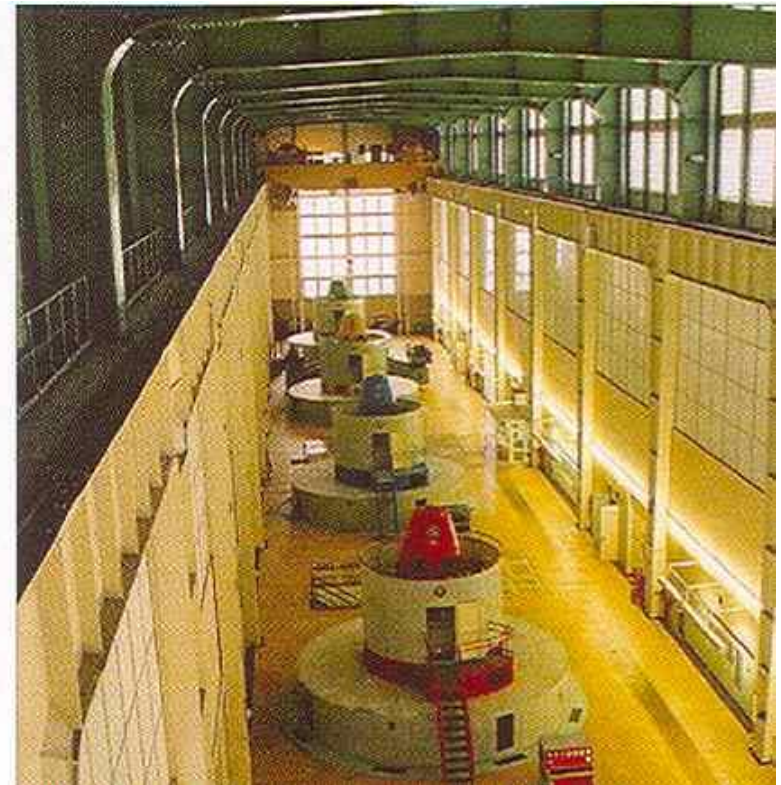
Hlavní účely :

- Ø Energetické využití (ŠVE).
- Ø Protipovodňová ochrana.
- Ø Nalepšení průtoků.
- Ø Rekreace.



Základní parametry :

- Ø Výška hráze 91 m.
- Ø Délka koruny hráze 450 m.
- Ø Celkový objem 717 mil. m³.



Elektrárna :

4 Kaplanovy turbíny s hltností po $150 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Výkon 364 MW

VD Nechranice na Ohři - 1968



Konstrukční typ :

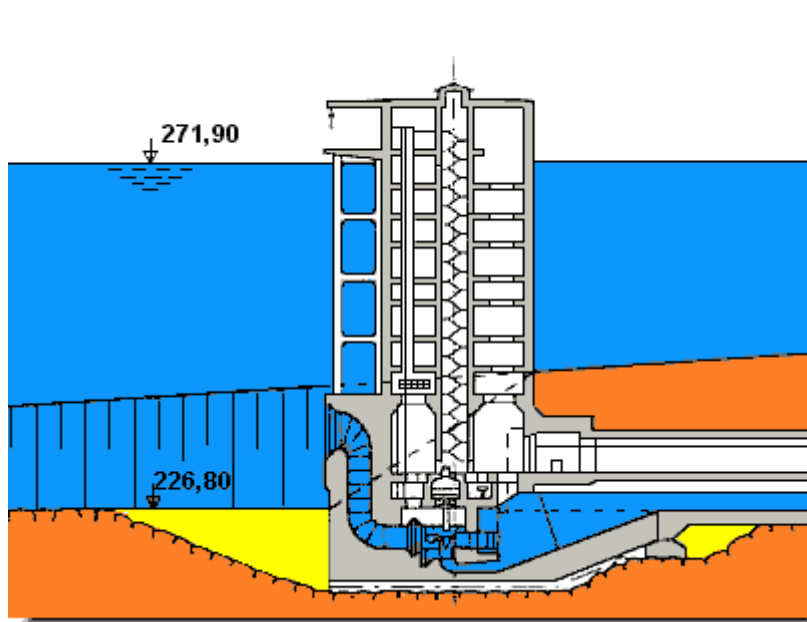
Sypaná zemní.

Hlavní účely :

Ø Zásobování vodou.

Ø Nalepšení průtoků.

Ø Protipovodňová ochrana.



Základní parametry :

Ø Výška hráze 48 m.

Ø Délka koruny hráze 3280 m.

Ø Celkový objem 288 mil. m³.

Ø $Q_{100} = 753 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

K141 VIN

Nádrže a přehrady

43

VD Rozkoš na Rozkošném potoce – 1972



Převod průtoků z Úpy do VD Rozkoš v rozdělovacím objektu Ratibořice.

Konstrukční typ :
Sypaná zemní

Hlavní účel :

- Ø Protipovodňová ochrana.
- Ø Nalepšení průtoků.
- Ø Rekreace.

Základní parametry :

- Ø Výška hráze 26 m.
- Ø Délka koruny hráze 412 m.
- Ø Celkový objem 76.1 mil. m³.



K141 VIN

Nádrže a přehrady

VD Dalešice (+ Mohelno) - 1979



Konstrukční typ :
Sypaná zemní.

Hlavní účel :
Přečerpávací VE.

Základní parametry :

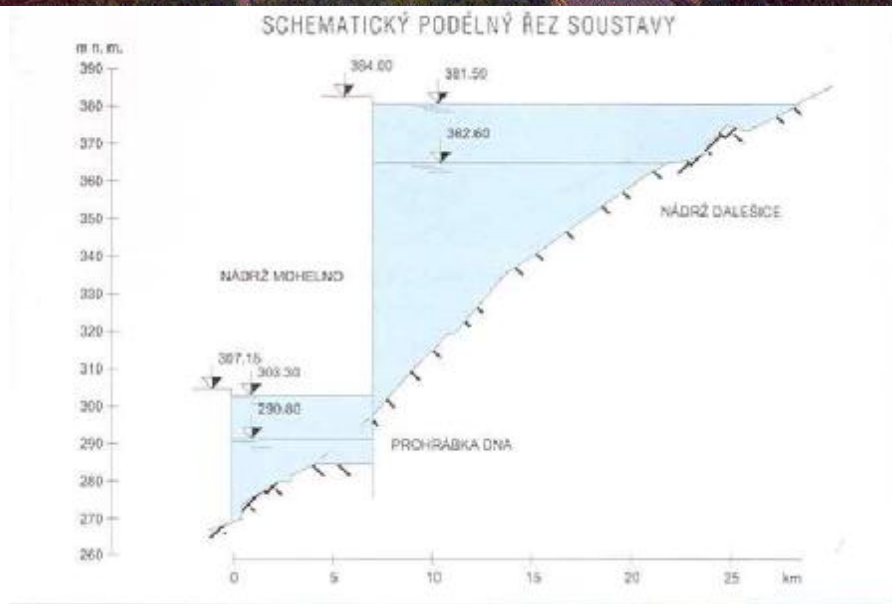
Ø Výška hráze 26 m.

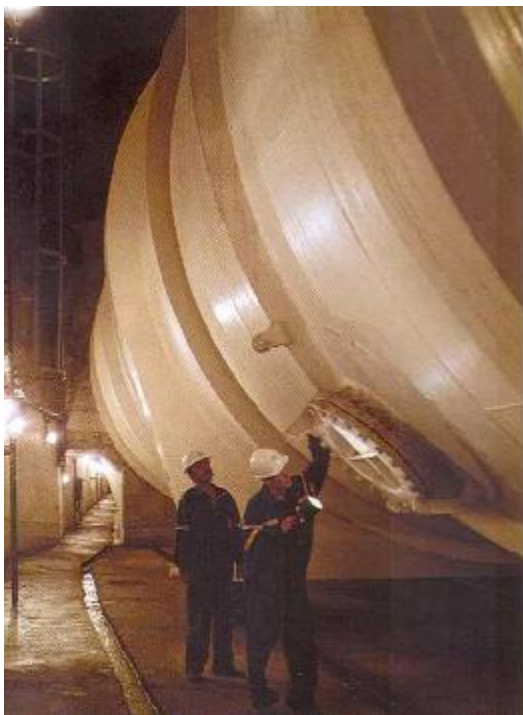
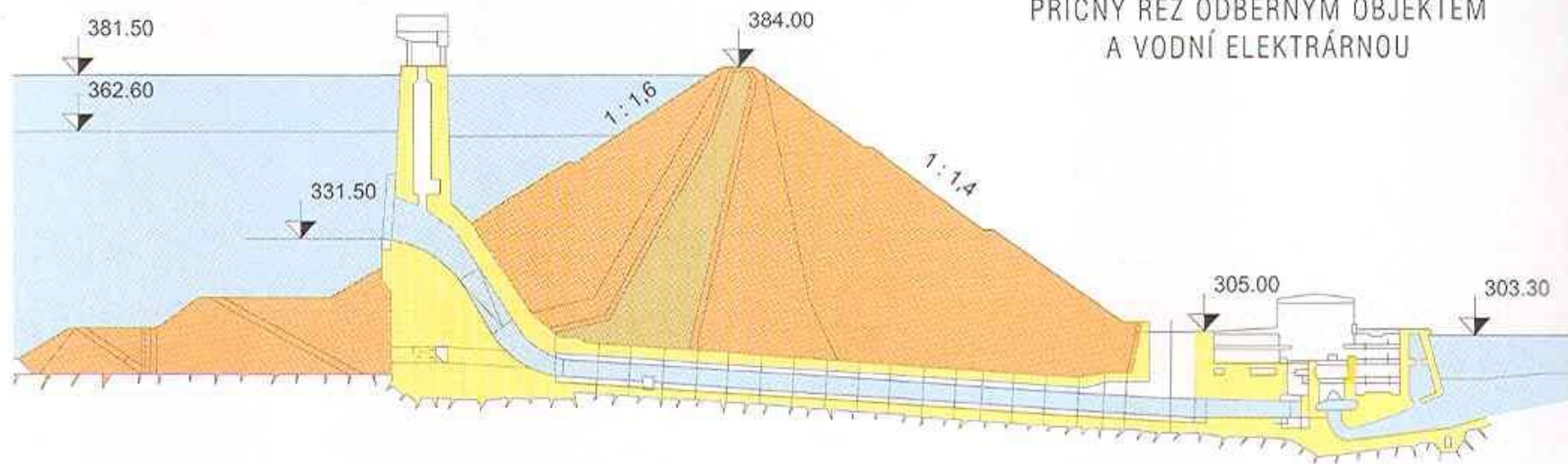
Ø Délka koruny hráze 412 m.

Ø Celkový objem 76.1 mil. m³.

Elektrárna :

**4 Francisovy turbíny 4x120MW
(reversibilní).**





K141 VIN



Nádrže a přehrady



46

VD Dlouhé Stráně - 1996



Konstrukční typ dolní/horní hráz :
Sypaná zemní/sypaná zemní.

Těsnění dolní/horní hráz :
asfaltobetonové/asfaltové.

Hlavní účel :
Přečerpávací VE.

Základní parametry dolní/horní hráz :

Ø Výška hráze 56/35 m.

Ø Délka koruny hráze 306/1743 m.

Ø Celkový objem 3.41/2.72 mil. m³.



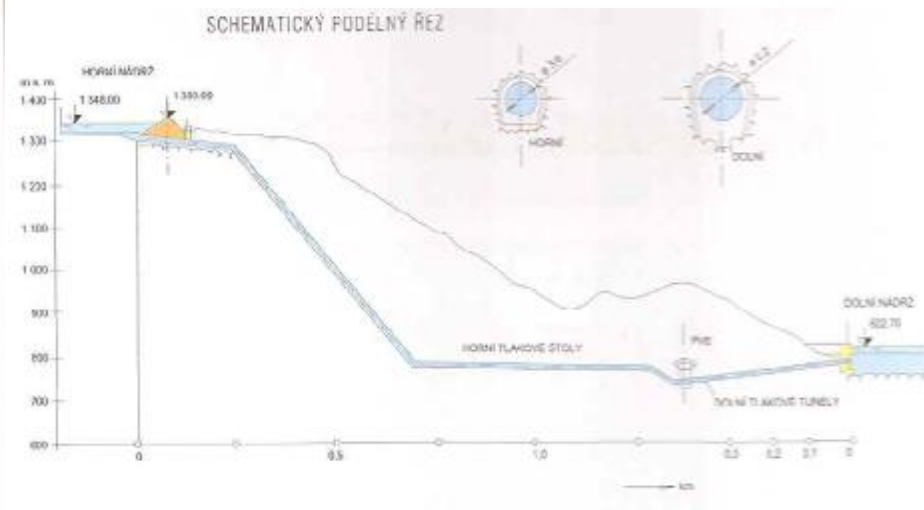
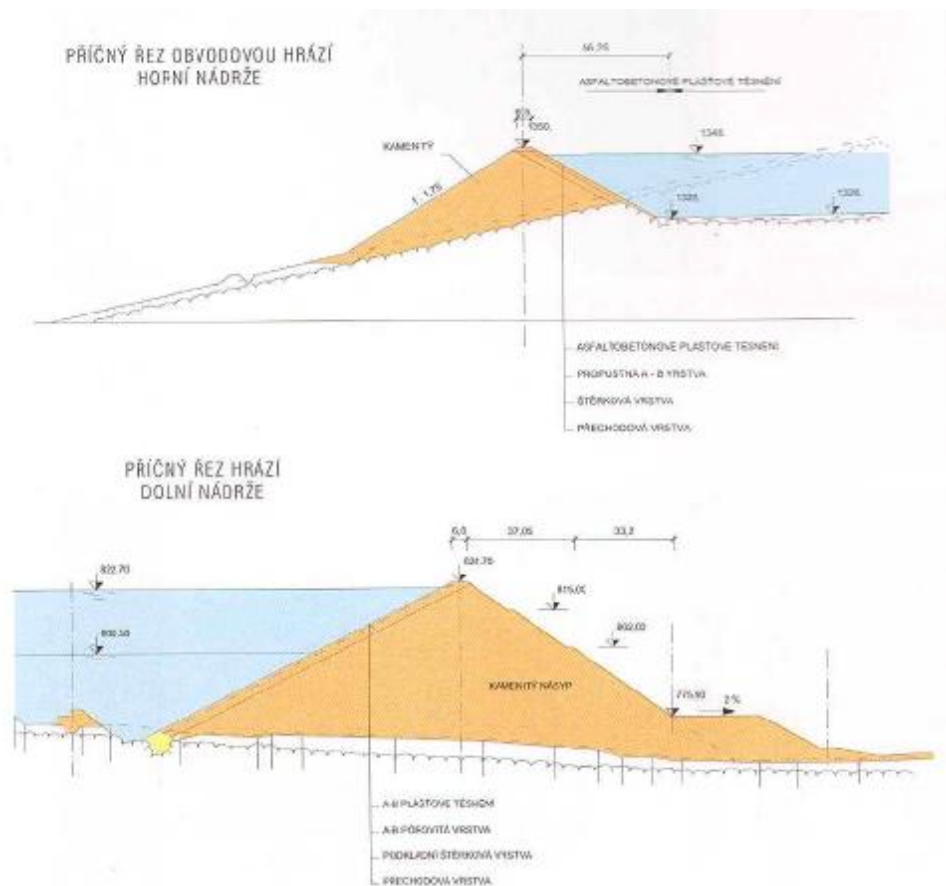
VD Dlouhé Stráně – horní nádrž



K141 VIN

Nádrže a přehrady

48



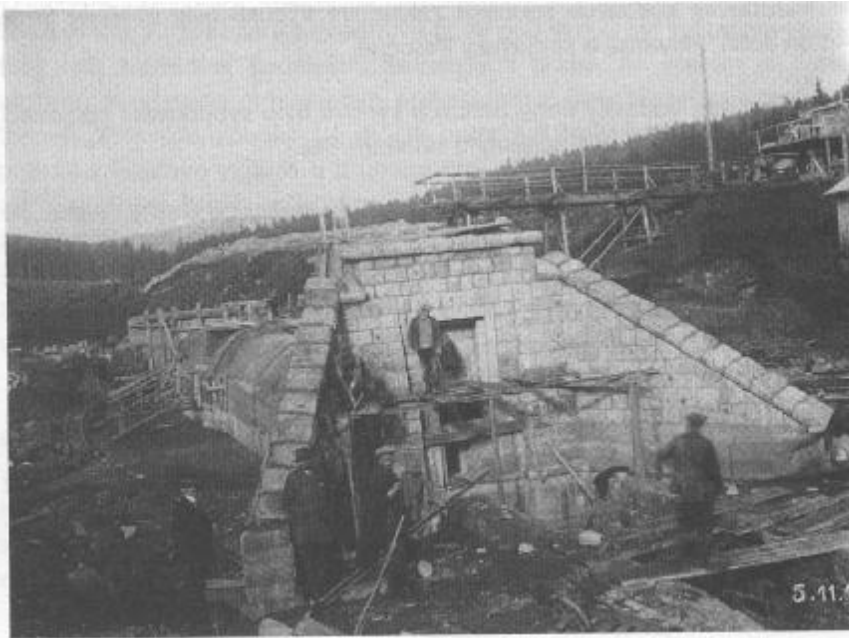
Elektrárna :

2 soustrojí s Francisovými turbínami s instalovanými výkonem 2x325 MW

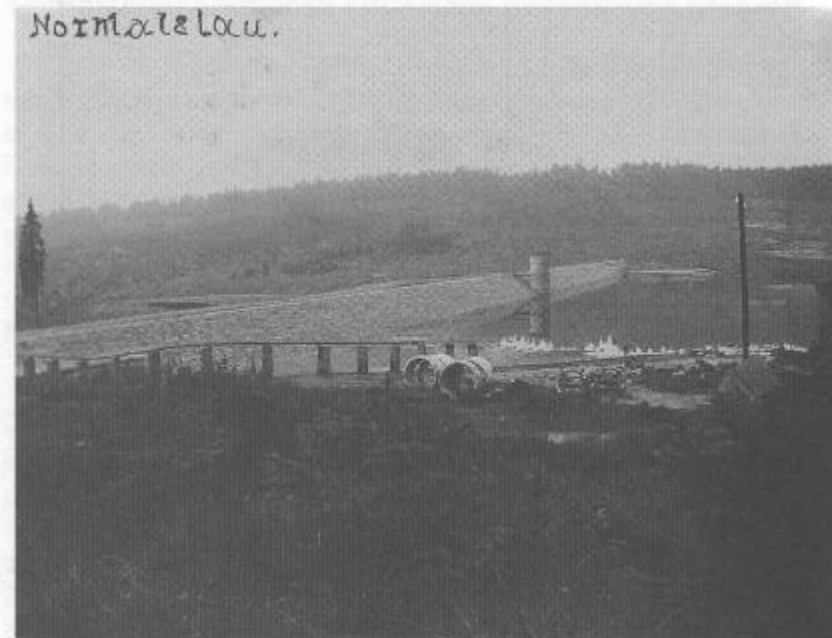
Významné havárie přehrad

Jizerské hory – Bílá Desná

Přehrada se zemní hrází – dokončení stavby 1914



Ukončení výpustní štoly na vzdušné straně 5. 11. 1913

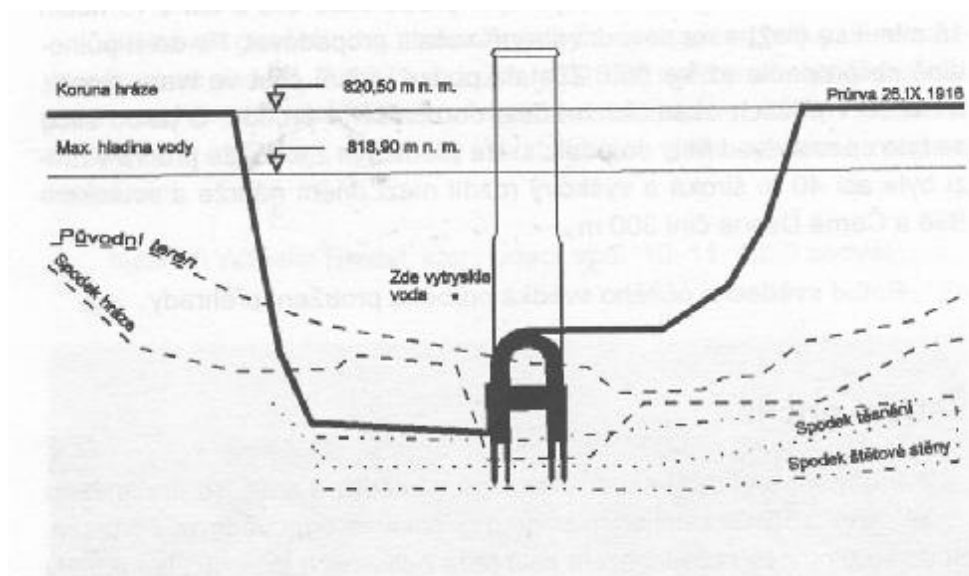


Pohled na hráz po vodě

Protržení hráze podél odpadní štolý při povodni 1916



Výpustná štola na vzdušné straně a šoupátková šachta



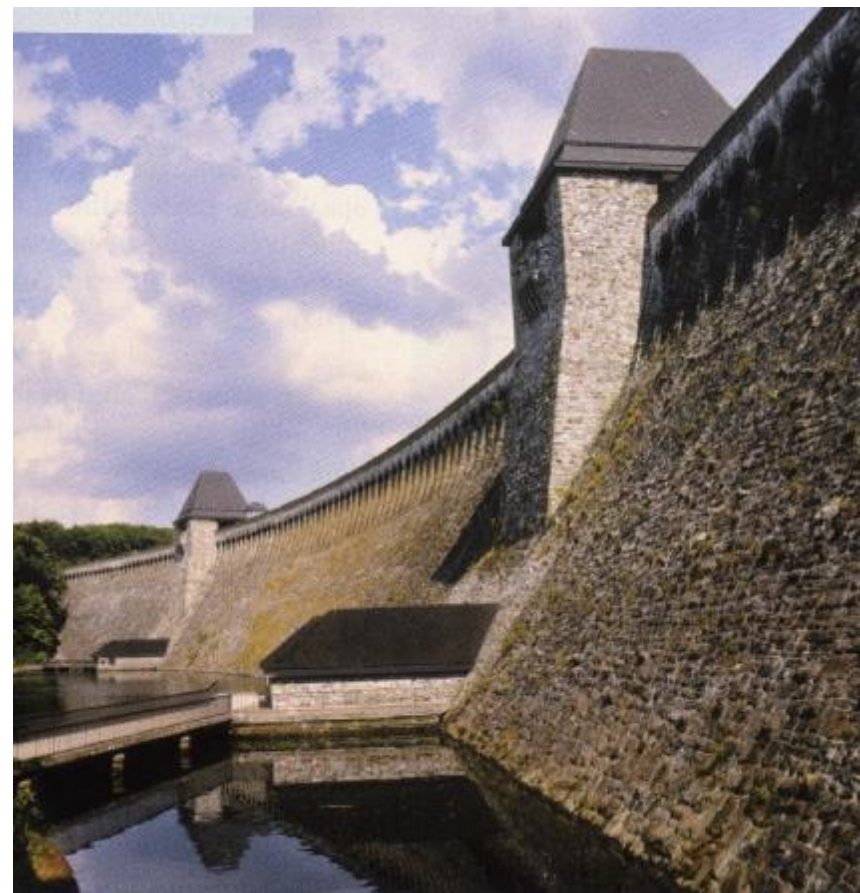
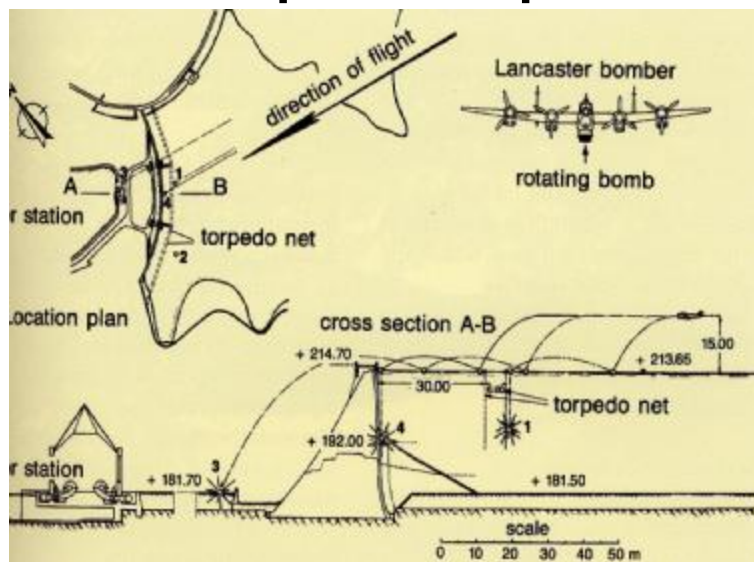
K141 VIN

Nádrže a přehradý

52

Německo – Moehne

Zděná tížná přehrada po leteckém útoku za 2.sv.války



K141 VIN

Nádrže a přehrady

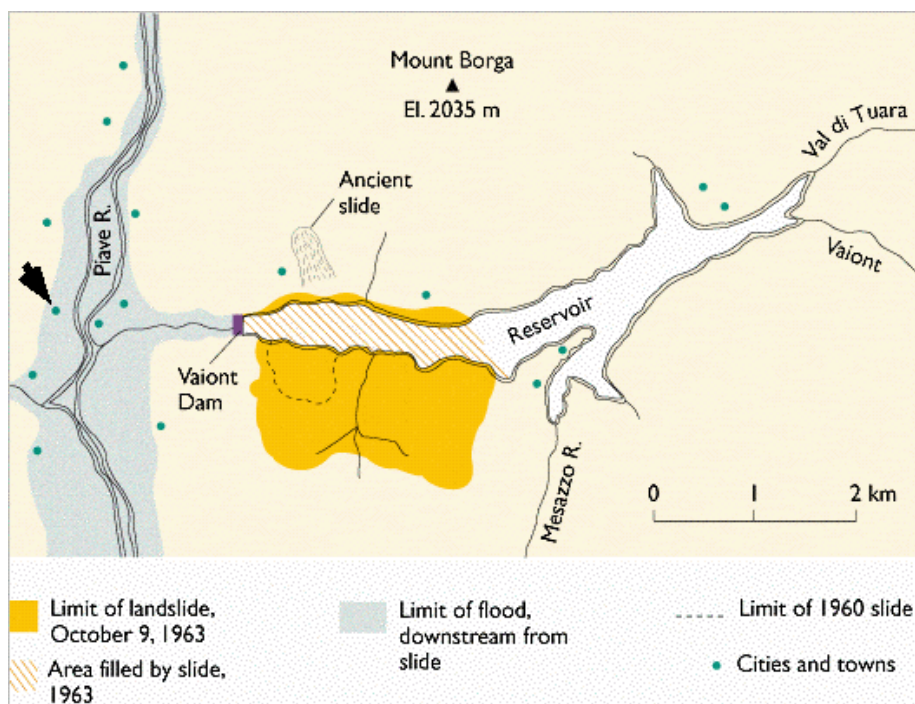
Francie – Malpasset

Protržení klenbové přehrady v roce 1959 vlivem průsaků a následného vztlaku pod tělesem přehrady.



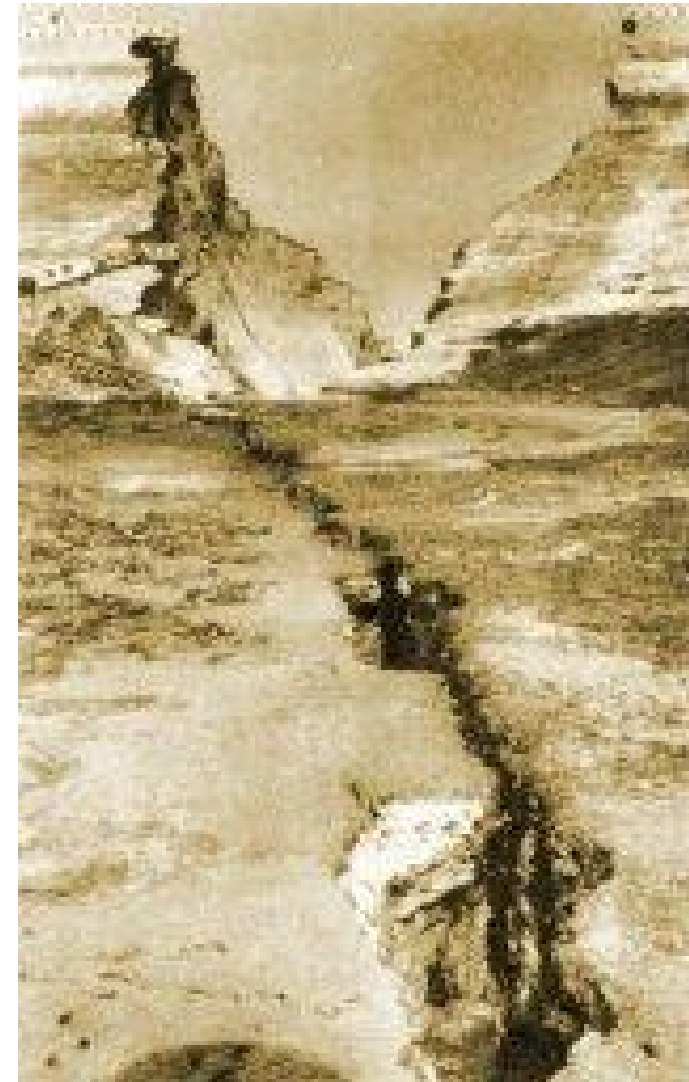
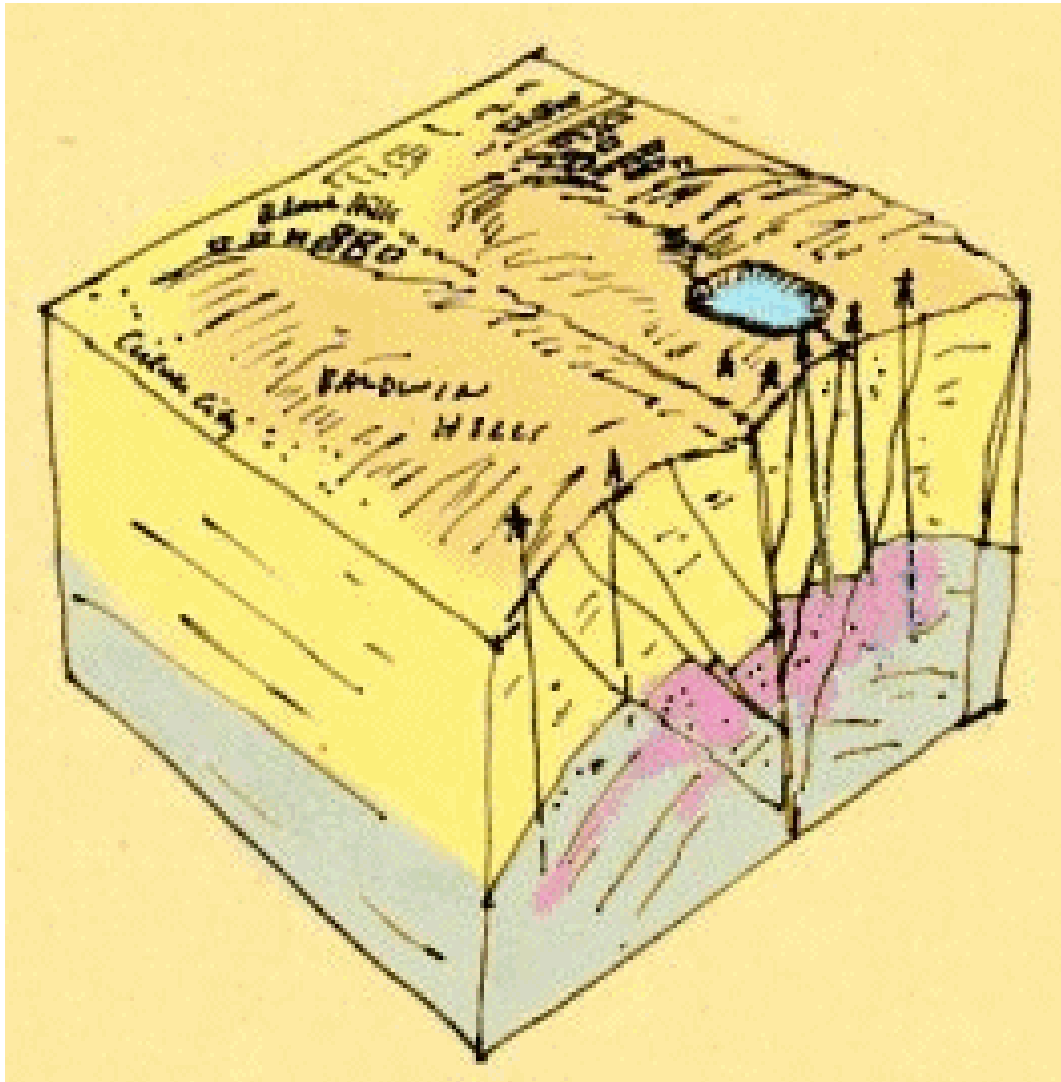
Itálie – Vajont

Úplné zaplnění přehrady materiálem po obrovském svahovém sesuvu v roce 1963. Vytvořená vlna přelila betonovou tížnou hráz, ta i toto extrémní zatížení zvládla. Velké množství obětí pod přehradou.



USA – Baldwin Hills

Protržení zemní hráze horní nádrže v roce 1963.



K141 VIN

Nádrže a přehrady



K141 VIN

Nádrže a přehrady

57