

TECHNICKÉ A KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ MALÝCH NÁDRŽÍ

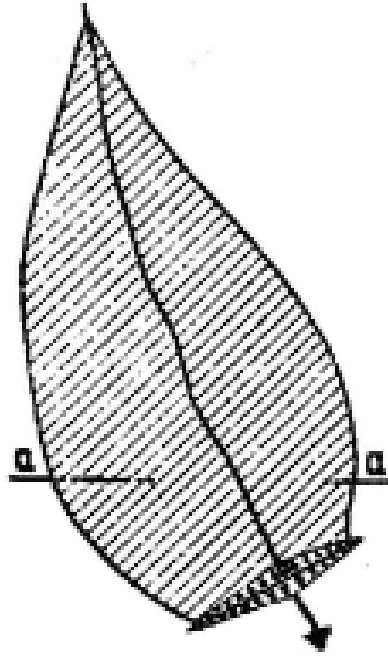


Co-funded by
the European Union

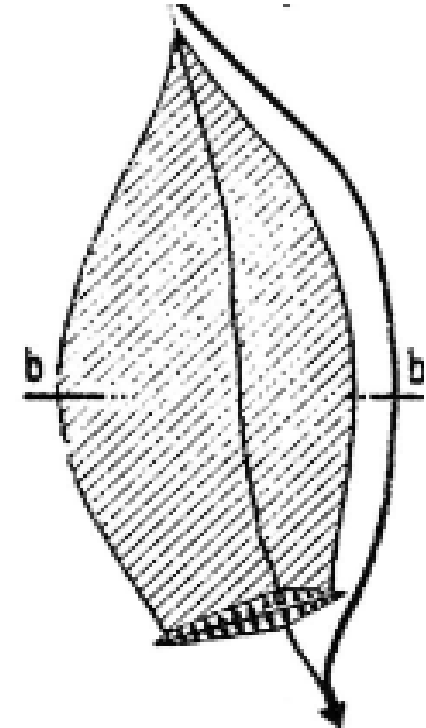
Účel a význam malých vodních nádrží

- Malé vodní nádrže (MVN) slouží ke zlepšení vodního režimu v krajině, zajištění vodních zdrojů pro zemědělství, ekologii i ochranu proti povodním.
- Plní funkci ekologickou (zachování biotopů), hospodářskou (závlahy, rybníkářství) a bezpečnostní (zdržení povodňových vln).
- Vyžadují kvalitní technické řešení především hráze, výpustí a přelivných konstrukcí.

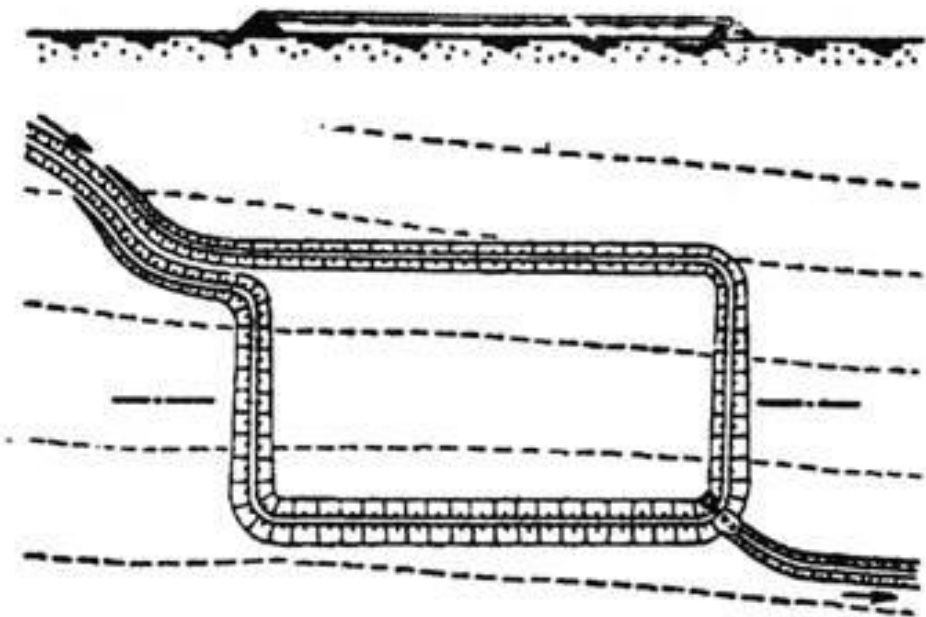
Typy hrází podle situace v terénu



- Čelní hráz – prochází přímo napříč údolím, přehrazuje tok.

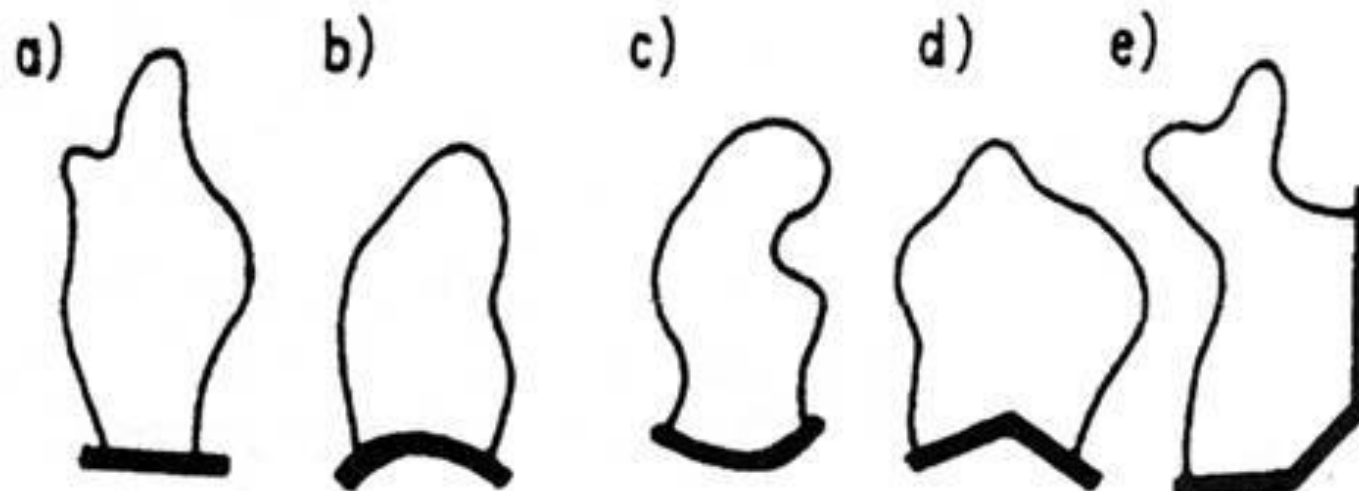


- Boční hráz – umístěna mimo hlavní tok, napájení obtokovým kanálem.



- Obvodová hráz – uzavírá nádrž po celém jejím obvodu, např. v rovinném terénu.

Typy hrází podle tvaru v půdorysu



- Hráze se navrhují jako přímé, zakřivené, lomené nebo s nepravidelným tvarem.
- Tvar závisí na konfiguraci terénu, geologických podmínkách a technických požadavcích.
- a) čelní přímá, b) čelní vypouklá, c) čelní vydutá, d) čelní lomená, e) nepravidelná

Materiály hrází – zaměření na zemní konstrukce

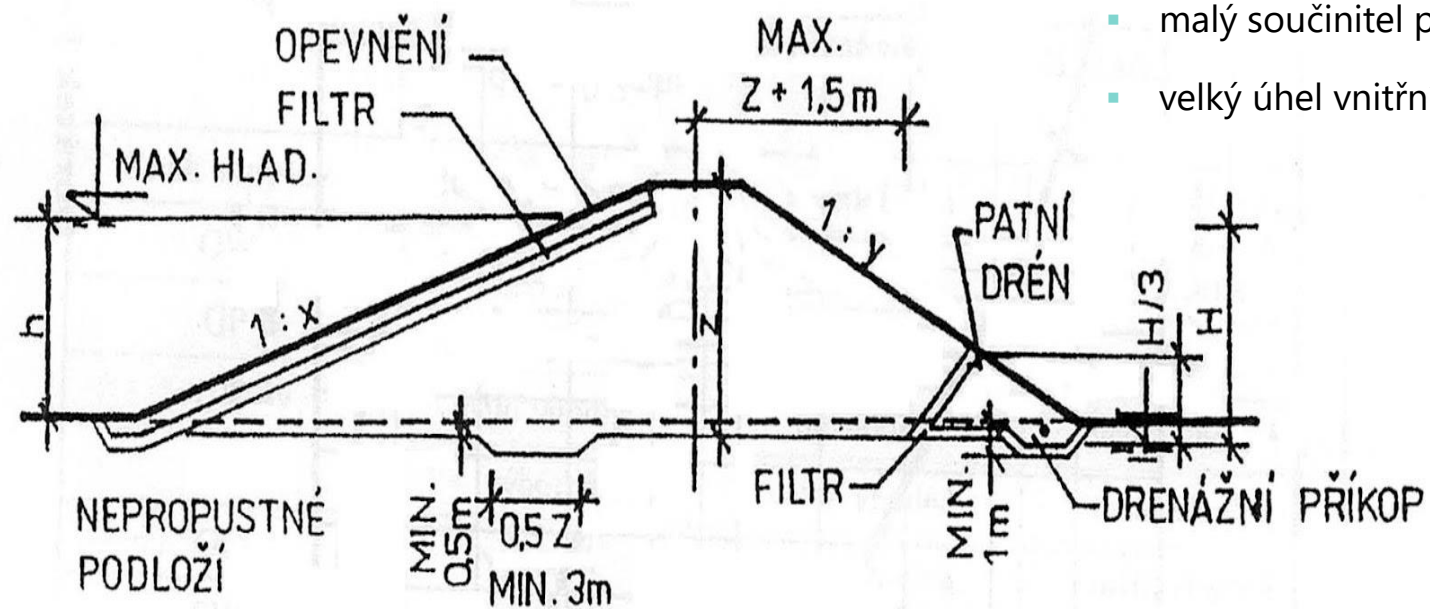
- Nejčastěji se používají zemní hráze, protože jsou ekonomické a vhodné i pro méně únosné podloží.
- Lze využít místní zeminy – šetří náklady a minimalizuje ekologickou stopu.
- Zemní hráze jsou odolné vůči sedání a lépe reagují na deformace podkladu.

Materiály hrází

- Nejčastěji se používají zemní hráze, protože jsou ekonomické a vhodné i pro méně únosné podloží.
- Lze využít místní zeminy – šetří náklady a minimalizuje ekologickou stopu.
- Zemní hráze jsou odolné vůči sedání a lépe reagují na deformace podkladu.

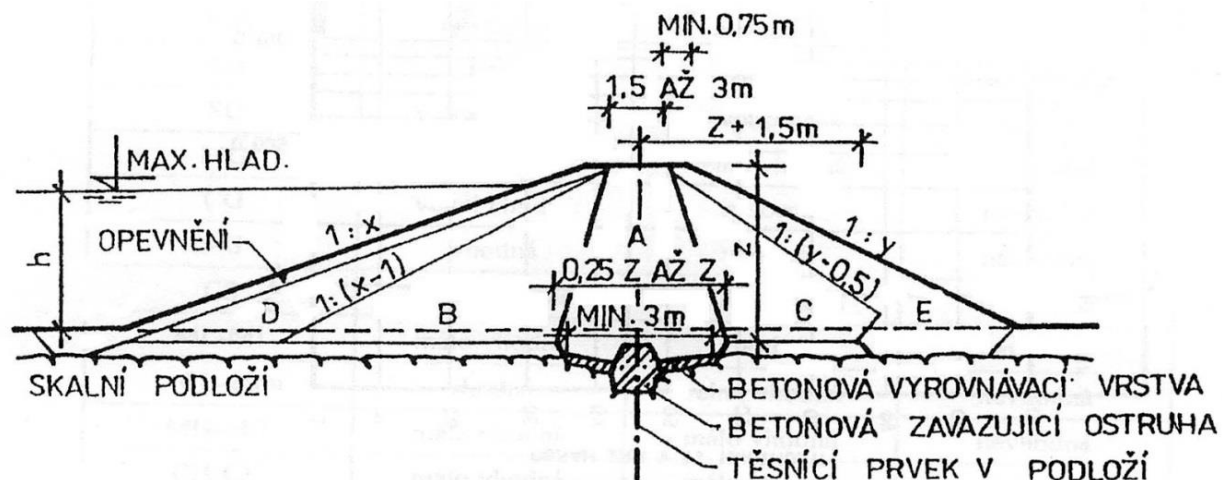
HOMOGENNÍ = stejnorodé

- Celé těleso je vybudováno z jednoho druhu zeminy, která zajišťuje funkci stabilizační i těsnící.
- Materiál je tvořen směsí hlíny, písků a štěrků. Použitý materiál musí mít:
 - malý součinitel propustnosti,
 - velký úhel vnitřního tření.



NEHOMOGENNÍ = nestejnorodé

- Těleso hráze tvoří **různé zeminy** s odlišnou funkcí (např. **jíl – těsnící, štěrk – stabilizační**).
- Zeminy jsou v hrázi **odstupňovány podle propustnosti** – nejméně propustné (např. jíly) jsou u **návodního líce**.
- **Zemní materiál** se těží z blízkých ložisek dle **inženýrskogeologického průzkumu** (vhodnost, objem, těžitelnost).



- TěVhodnost zemin určuje **ČSN 75 2410** a další normy (ČSN 73 1001, ČSN EN ISO 14689).
- **Příprava zemníku**: odstranění porostu, sejmutí ornice, vytěžení vhodné zeminy.

Příčný řez tělesem hráze

- Hráz musí splňovat požadavky na **filtrační, statickou a vodotěsnou stabilitu**.
- Důležitá je **bezpečnost proti přelití** a **dlouhá životnost díla**.
- Zemní hráze malých nádrží mají většinou **lichoběžníkový příčný profil**.
- Může být **jednoduchý** (jednolitý) nebo **složený** (s více materiály).

Rozměry hráze – výška, šířka, převýšení

- Minimální šířka koruny hráze je 3,5 m – často slouží i jako cesta.

- Celková výška hráze:

$$H_{cel.} = H_{zk} + H_{zp} + H_{rp} + H_{bpk}$$

- H_{cel.} - celková výška hráze od paty po korunu;
 - H_{zh} - hloubka založení hráze;
 - H_{zp} - hloubka zásobního prostoru nádrže;
 - H_{rp} - hloubka retenčního prostoru nádrže;
 - H_{bpk} - bezpečnostní převýšení koruny hráze nad maximální hladinu vody v nádrži.
- Bezpečnostní převýšení koruny (typicky 0,6 m) brání přelití hráze při vlnobití nebo povodni.
 - Převýšení se určuje s ohledem na vlny, konstrukci hráze, těsnící prvek a sedání.

Sklon svahů zemní hráze

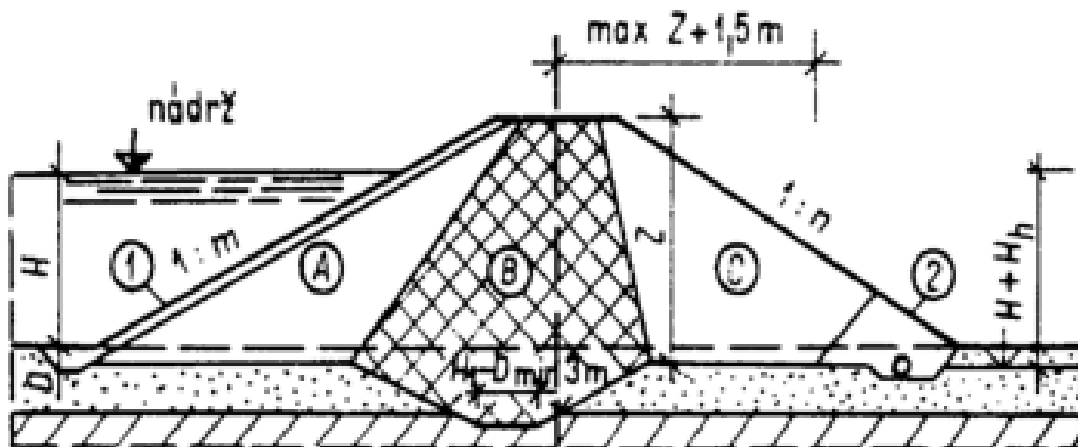
- Sklon svahů závisí na **druhu použité zeminy** – různé materiály mají různé vlastnosti.
- Pro stabilitu svahů je nezbytné:
 - **Dokonalé hutnění** materiálu v tělese hráze,
 - **Odvodnění tělesa i podloží** (snížení tlaků a rizika posunu),
 - **Smyková pevnost podloží** \geq pevnost hrázové zeminy (po nasycení).
- Návodní svah je vystaven **náhlým poklesům hladiny** ($> 0,15$ m/den) – nebezpečí poruchy.
- Pokud nejsou podmínky splněny, stabilitu je třeba **ověřit dle ČSN 73 6850** (metodika výpočtu pro sypané hráze).

Těsnící prvky hráze – návrh a provedení

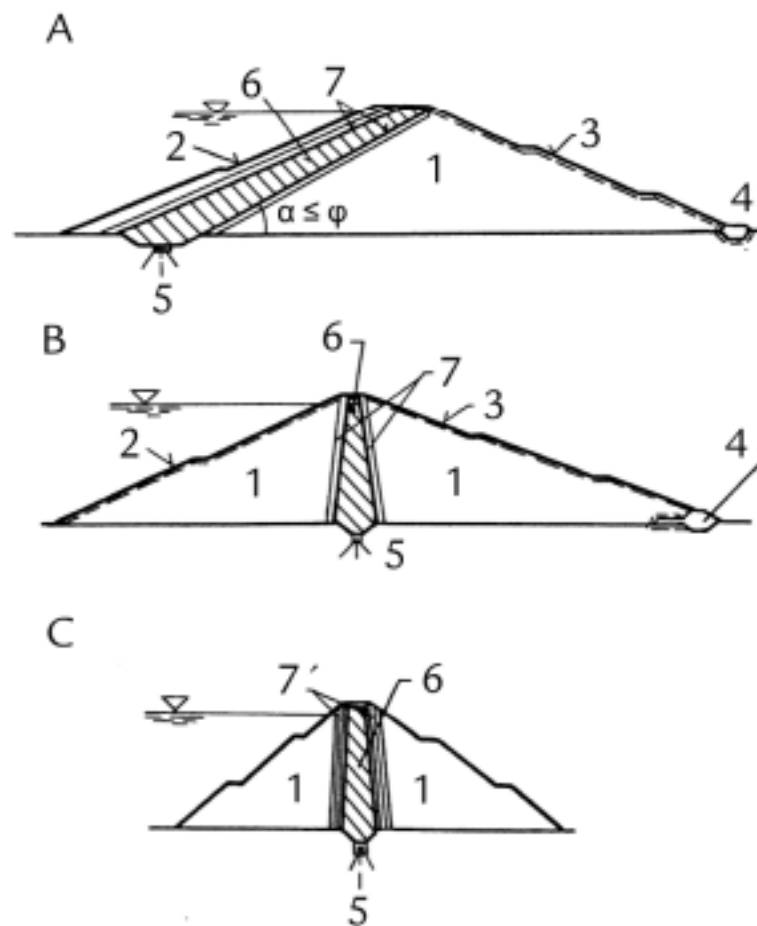
- Těsnící prvky brání průsakům a zajišťují **vodotěsnost hráze**.
- **Šířka těsnícího prvku:** 0,25–1,0násobek výšky hráze nad těsněním; **v koruně min. 1,5 m**, ideálně $\geq 3,0$ m.
- Návrh vychází z norem **ČSN 75 2410**, **ČSN EN ISO 14689** a **ČSN EN 1997**.

- **Zavazovací ostruha** (spodní část těsnění):

- Musí dosahovat do **neporušené vrstvy nepropustné zeminy** (min. 0,5 m),
- Její **šířka v základu:** $0,5 \times$ výška hráze, minimálně 3,0 m kvůli hutnění.



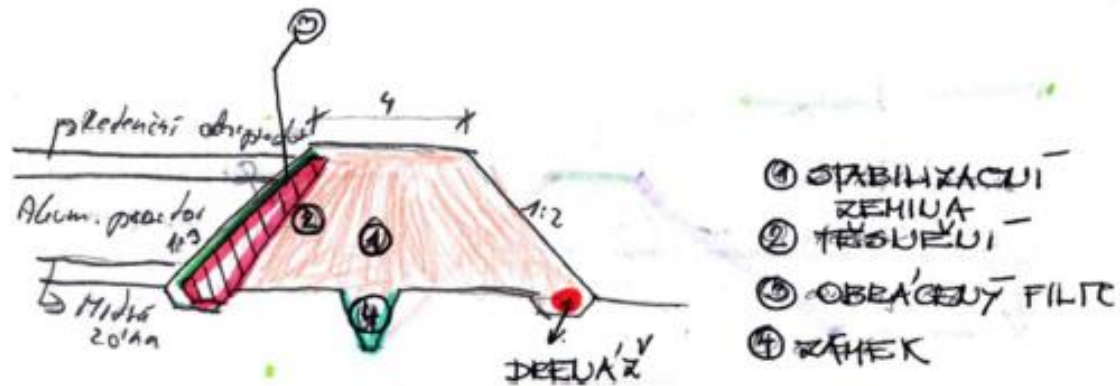
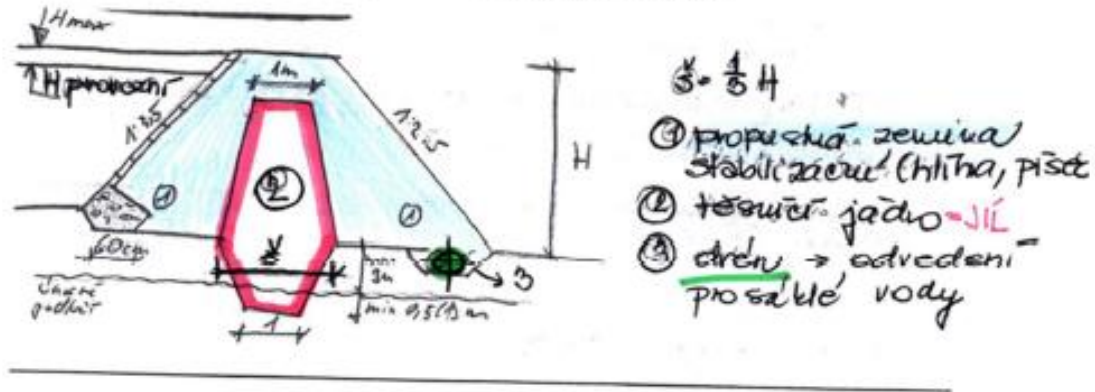
Příklady umístění těsnících prvků



A – zemní hráz s šikmým zemním těsněním, B – zemní hráz s těsnícím jádrem, C – kamenitá hráz s vnitřním zemním těsněním

1 – zhutněný násyp, 2 – opevnění návodního svahu,
 3 – opevnění vzdušního svahu, 4 – patní drén, 5 – těsnění podloží, 6 – zemní těsnění, 7 – filtrační vrstvy (7' – více vrstev)

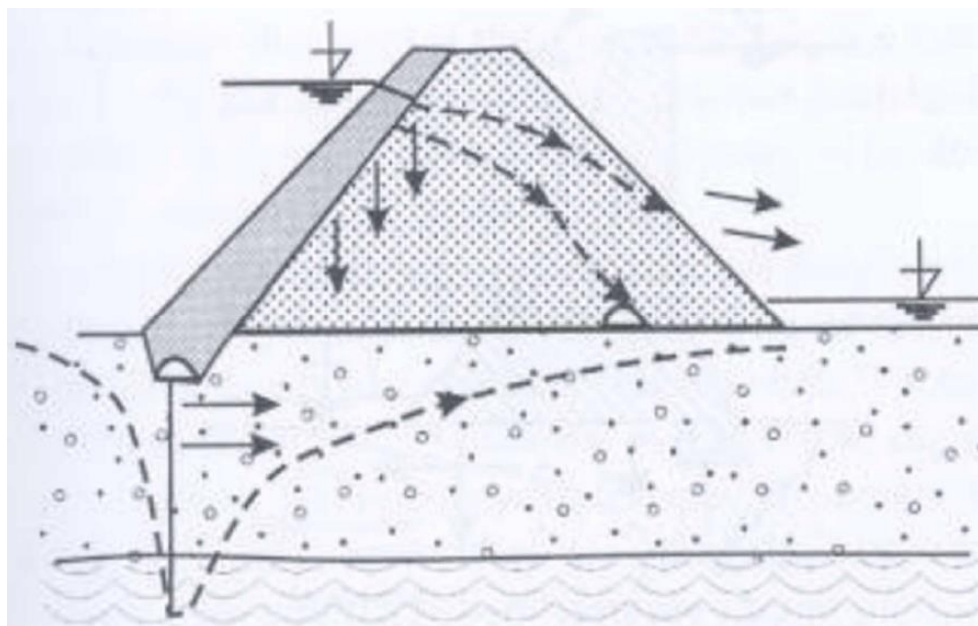
Těsnící jádro



- Hráže s těsněním návodního líce
- Hráže z několika druhů materiálu – volba druhu hráze je závislá na možnostech těžby materiálu

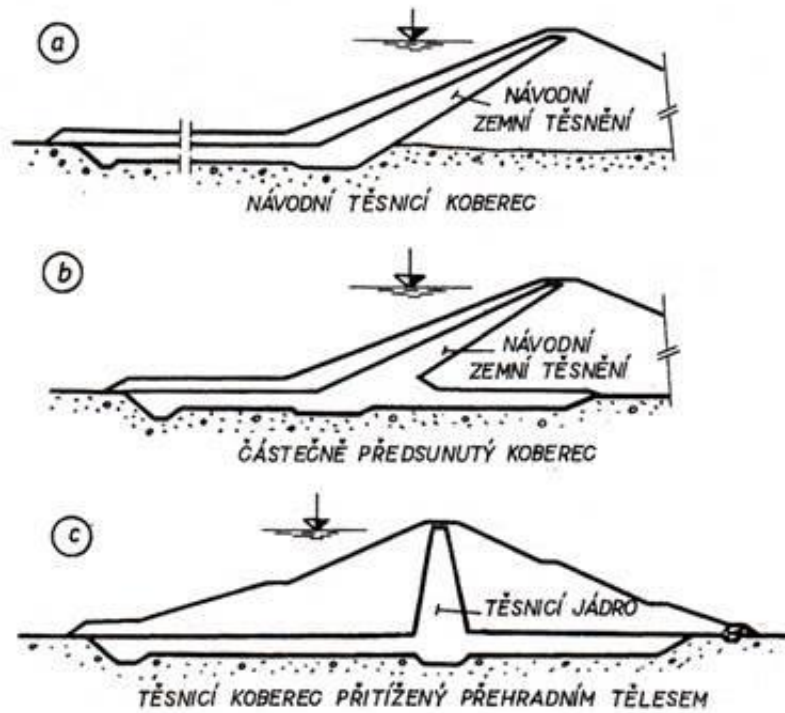
SNÍŽENÍ PRŮSAKU POD HRAZÍ

- Průsak pod hrází je přirozený jev, kdy voda prosakuje pod základem hráze a může způsobit její nestabilitu, erozi a v krajním případě i porušení.
- Existuje několik způsobů, jak tento jev minimalizovat.



- 1/ štětové stěny – umístí se do nepropustné vrstvy, nad 10m – dle průsakové křivky

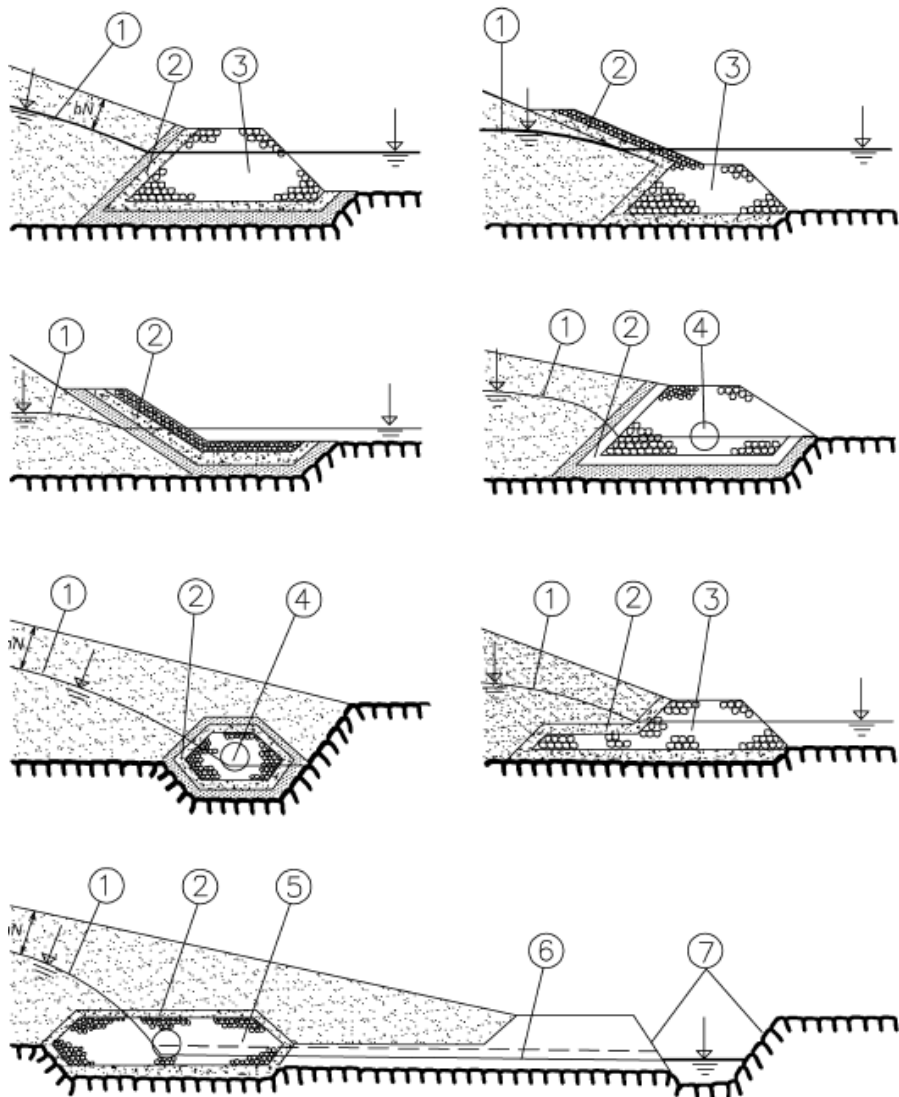
SNÍŽENÍ PRŮSAKU POD HRAZÍ



- V hrázi je průsak eliminován (nikdy ne zcela dokonale) konstrukcí a materiálem hráze
- Řešení průsaku pod hrází, řešení je závislé na hloubce nepropustného podloží
- Průsaková křivka musí být i u vzdušného líce vždy v nezámrazné hloubce

- 2/ těsnicí koberec – tloušťka předloženého návodního koberce nemá být menší než 0,1 hloubky vody v nádrži, avšak min. tloušťka je 0,6 m.

NÁVRH PATNÍHO DRÉNU

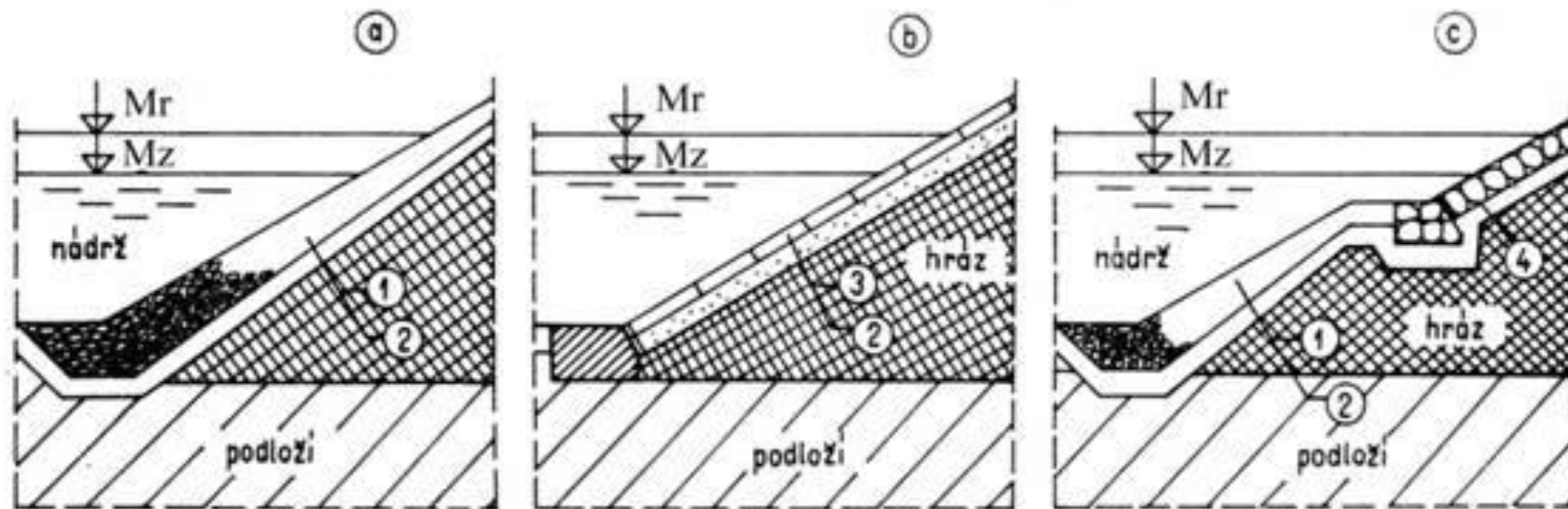


- Odvodnění tělesa hráze a jejího podloží je zajištěno patním drénem. Ten je umístěn na vzdušném svahu hráze.
- Patní drén je tvořen silně propustným materiálem (makadam, hrubozrnný štěrk, lomový kámen).
- Prosáknutá voda se odvádí drenážními trubkami (poloděrovaná kamenina nebo PVC DN 200 mm), které ústí do koryta pod hrází.
- Rozměry patního drénu se navrhují podle rozměrů hráze a depresní křivky.
- Drén musí zajistit, že nejmenší vzdálenost depresní křivky od vzdušného svahu není menší než hloubka promrzáni (0,8–1,0 m).
- 1 – depresní křivka, 2 – ochranné filtry, 3 – materiál drenážní patky, 4 – drenážní potrubí, 5 – drenážní koberec, 6 – odvodňovací potrubí (štola), 7 – odvodňovací příkop

Návodní líc hráze – význam opevnění

- Návodní líc je strana hráze **v kontaktu s vodou** – vyžaduje důkladné opevnění.
- Opevnění zajišťuje:
 - **Ochranu proti erozi** způsobené pohybem vody,
 - **Odolnost vůči nárazům** (led, plaveniny, předměty),
 - **Snížení průsaků** a zlepšení vodotěsnosti,
 - **Dlouhou životnost hráze.**
- Opevnění musí sahat **alespoň 0,8 m pod hladinu stálého nadržení.**

Schéma opevnění návodního svahu hráze



a) makadamem, b) betonovou dlažbou, c) kombinací makadamu a kamenné dlažby;

1 – makadam, 2 – filtr, 3- betonová dlažba, 4 – kamenná dlažba

Požadavky na opevnění návodního líce

- Opevnění musí být stabilní při poklesu hladiny, kdy voda může prosakovat tělesem hráze.
- Musí být odolné proti usmýknutí po svahu a chemicky stabilní vůči agresivní vodě.
- Opevnění se ukončuje prahem (kamenným nebo betonovým), který:
 - musí být zavázán do svahů,
 - nesmí bránit odtoku vody z drenážní vrstvy pod dlažbou.

Opevnění vzdušního líce hráze

- Slouží k ochraně svahu hráze proti srážkové a povětrnostní erozi.
- Nejčastěji se používá osetí, drnování, hydroosev.
- Výsadba dřevin je možná podle funkce nádrže, ale nesmí ohrozit stabilitu hráze, funkci drénů ani kontrolu hráze.

Založení hráze – příprava podloží

- působ a hloubka založení se stanovují na základě geologického průzkumu – cílem je zamezit průsakům.
- Před výstavbou je nutné připravit základovou spáru:
 - odstranit porost a ornici,
 - urovnat, případně zhutnit základovou spáru,
 - u zemního těsnění musí být vlhká, ale bez stojaté vody.

Založení hráze – pokračování

- Drenážní systém v základové spáře se provádí před sypáním hráze (není-li určeno jinak).
- Pokud se hornina rozpojuje trhavinami, musí být poslední 0,5 m nad základovou spárou odtěženo ručně nebo jemnou mechanizací.
- Postup musí zabránit poškození základové spáry.

Filtry v tělese hráze

- Filtry se používají v místech, kde hrozí vyplavení částic zeminy kvůli průsakům, vlnobití nebo kolísání hladiny.
- Umísťují se např.:
 - na styku těsnícího jádra s hrází,
 - kolem drenážních prvků,
 - pod opevněním návodního svahu,
 - na styku hráze s podložím.

Materiál a provedení filtrů

- Používají se přírodní materiály: tříděné/ netříděné písky, štěrkopísky, drcené kamenivo, s max. 5 % částic < 0,063 mm.
- Tloušťka vrstev: min. 0,20 m, u obsypů trubek min. 0,10 m.
- Zrnitost filtrů a chráněné zeminy by měla být přibližně rovnoběžná.
- Gumotextilní filtry podle ČSN P 75 2002 – nevhodné pro patní drény, hrozí zanesení a ztráta funkce.

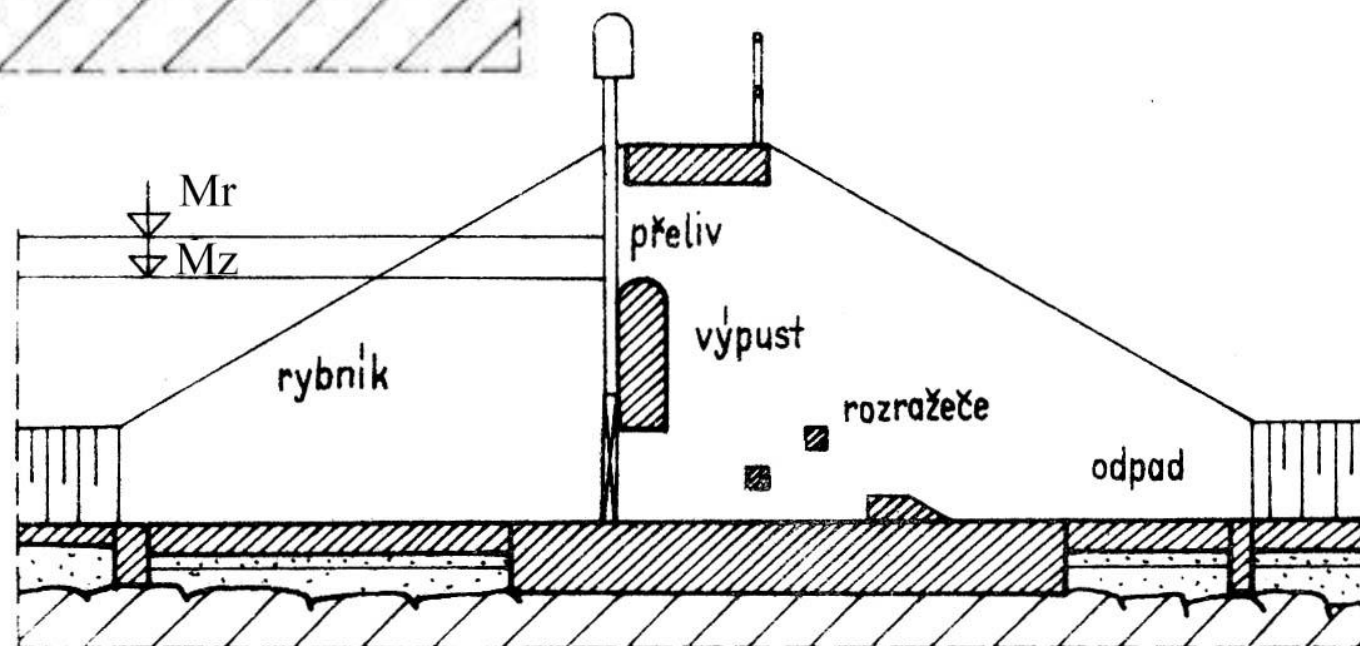
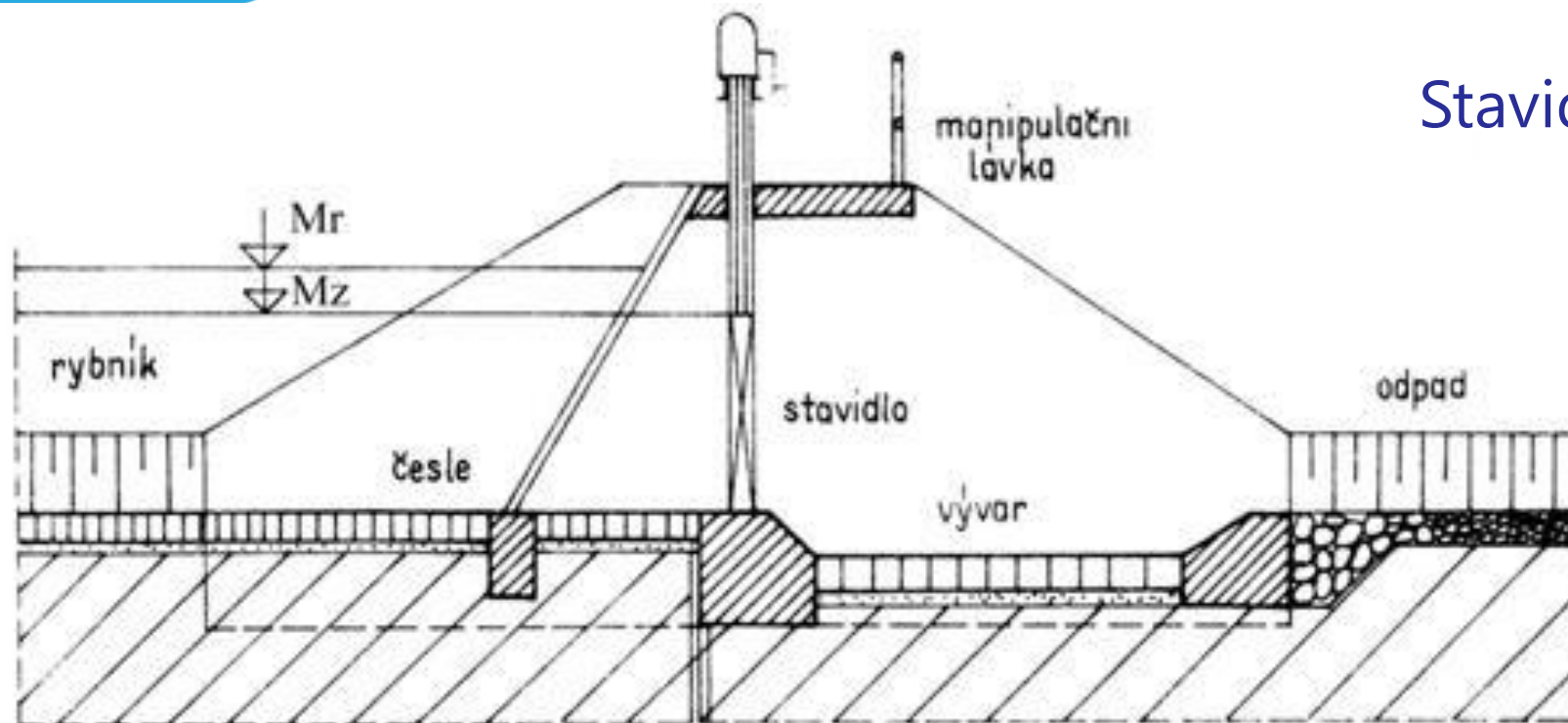
Výpustná zařízení – funkce a umístění

- Slouží k regulovanému vypouštění vody z nádrže za všech provozních i mimořádných situací.
- Umisťují se do nejnižšího místa nádrže, aby bylo možné:
 - nádrž zcela odvodnit,
 - regulovat odtok vody.
- Pro úplné odvodnění musí být výpust' 0,8 až 1,1 m pod dnem nádrže. Nádrž s ovladatelným prostorem nad 1 mil. m³ musí mít dvě výpusti – druhá může být i odběrné zařízení.

Otevřená výpust' – vlastnosti a konstrukce

- Používá se u nádrží s výškou hráze do 6 m a hloubkou vody u uzávěru do 4 m.
- Konstrukce: železobeton, beton, kamenná dlažba do betonu.
- Umístění: dno v úrovni nejnižšího místa nádrže, stěny po celou výšku hráze.
- Vtok chráněn česlemi proti vnikání hrubých plavenin.
- Uzavření zajišťuje hradící zařízení:
 - stavidla,
 - segmentové uzávěry,
 - klapkové uzávěry.
- Za hradícím prvkem se umísťuje vývar a rozražeče pro utlumení kinetické energie.

Stavidlová výpust





Uzavřená trubní výpust' – charakteristika

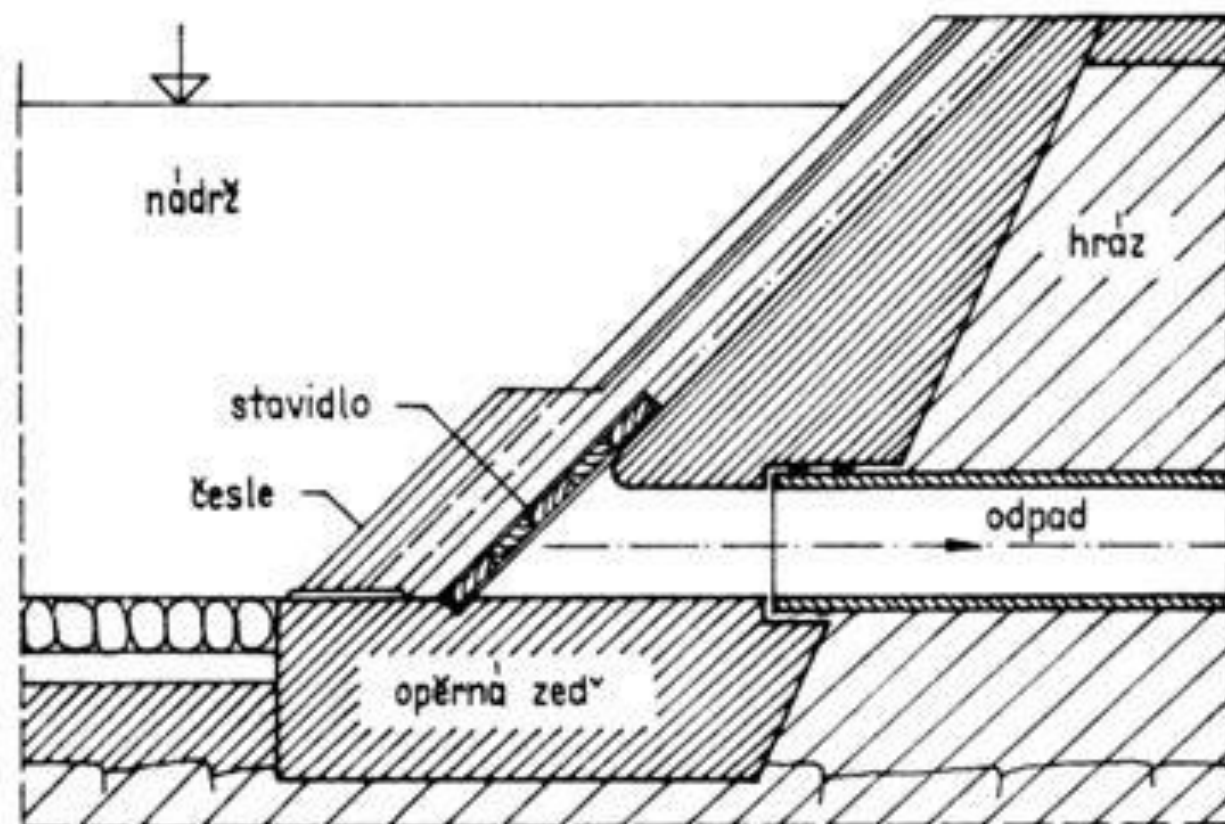


- Nejčastěji používaný typ výpusti – voda se vypouští potrubím zabudovaným do nejnižšího místa hráze.
- Uzávěr je zpravidla na návodní straně hráze.
- Materiál potrubí: beton nebo železobeton.
- Součástí je regulační uzávěr pro řízení odtoku.

Trubní výpust' – konstrukce a uzávěry

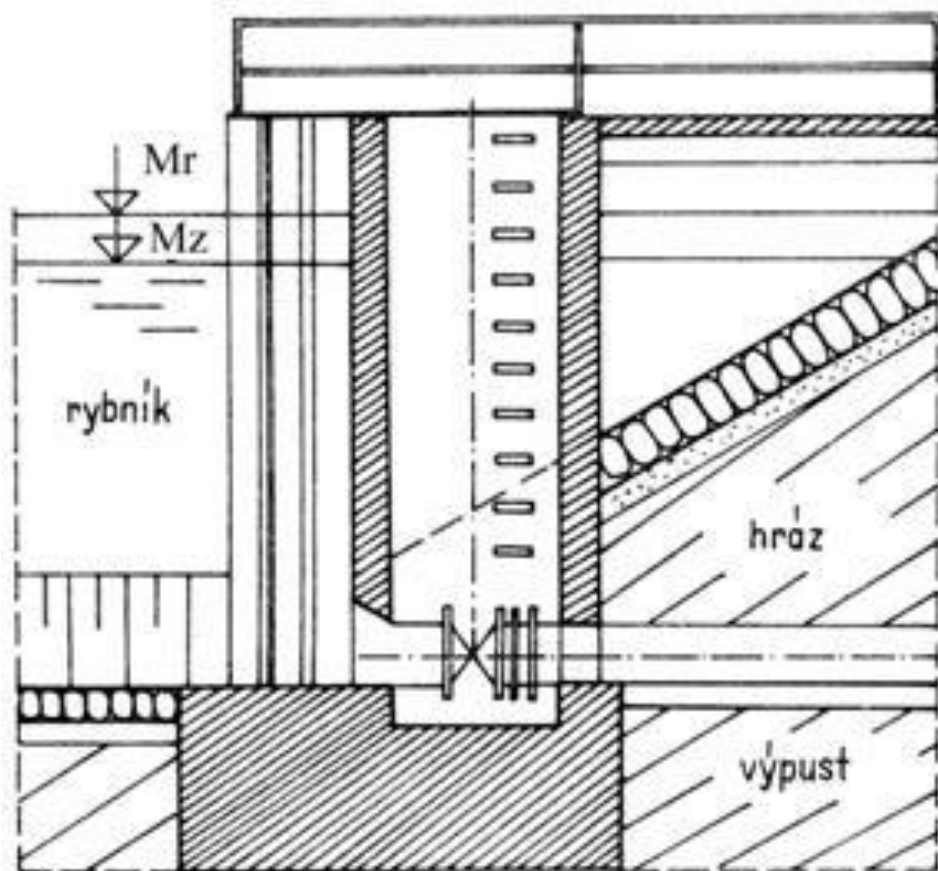
- Skládá se z:
 - uzavíracího prvku,
 - výpustného potrubí,
 - Zařízení na tlumení kinetické energie.
- Umístění uzávěrů:
 - u vtoku – volná hladina v potrubí,
 - za hrází – tlakové proudění, často v revizní šachtě.
- Typ uzávěru se určuje podle tlaku vody.

LOPATOVÉ A ŠIKMÉ STAVIDLOVÉ UZÁVĚRY



- Lopátové uzávěry jsou historicky nejstarší typy uzávěrů. V dnešní době jsou nahrazovány šikmými stavidlovými uzávěry
- Schéma šikmý stavidlový uzávěr

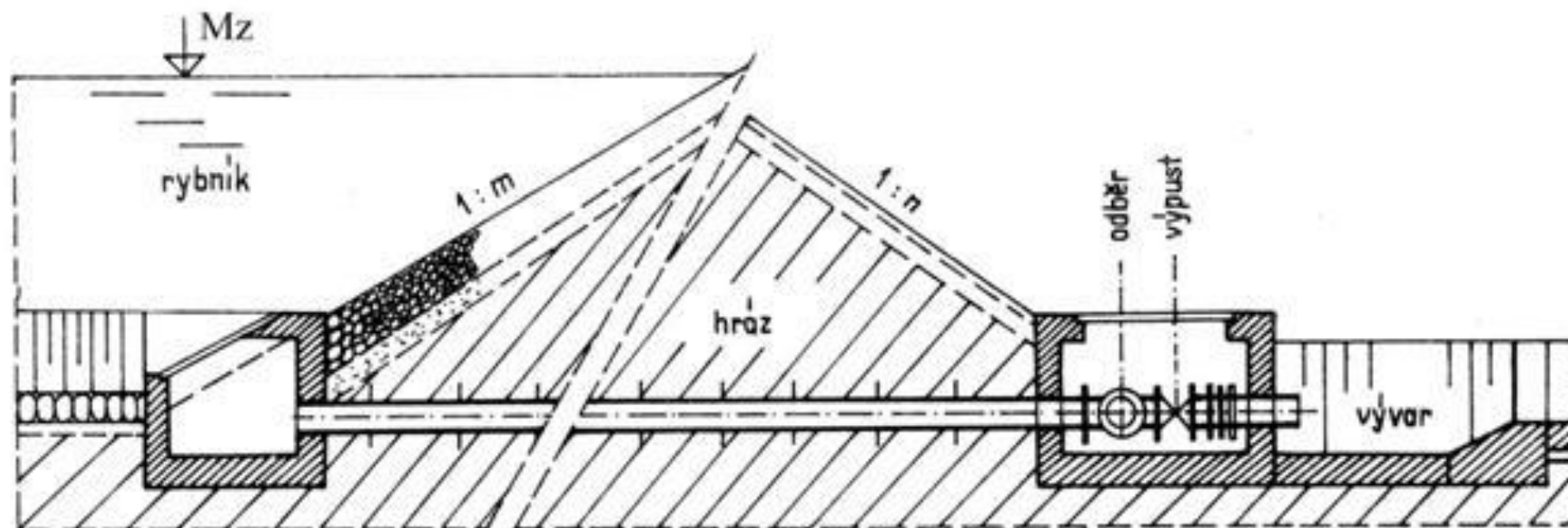
Šoupátkové uzávěry



- Nejčastější typ uzávěru, lze je osadit **na návodní i vzdušné straně hráze**.
- **Přírubová šoupátka** slouží k regulaci odtoku vody.
- Na vzdušné straně:
 - šoupě je v **betonové šachtě**,
 - před uzávěrem se umísťují **česle a provizorní hrazení**,
 - za šachtou je **vývar pro utlumení kinetické energie**.
- **Použití je vhodné pro malé nádrže.**

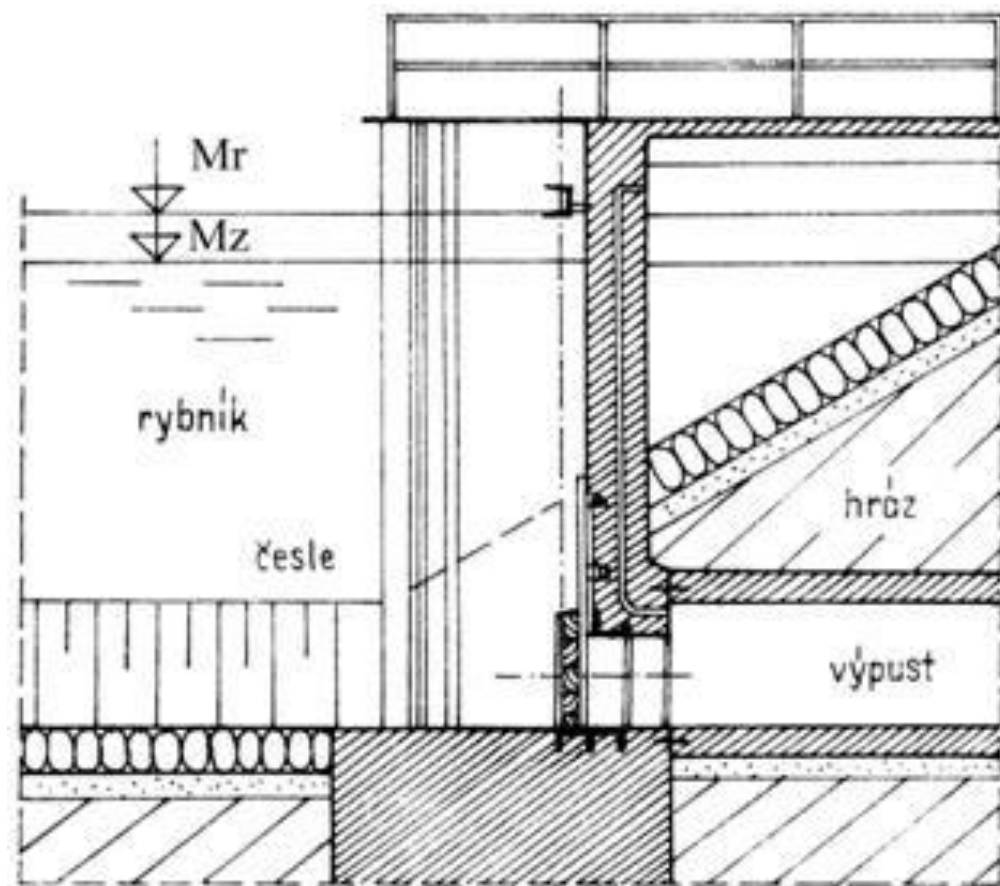
Regulační šoupátkový uzávěr na návodní straně hráze

Šoupátkové uzávěry



Šoupátkový uzávěr na vzdušní straně hráze

2.2.3 STAVIDLOVÉ UZÁVĚRY

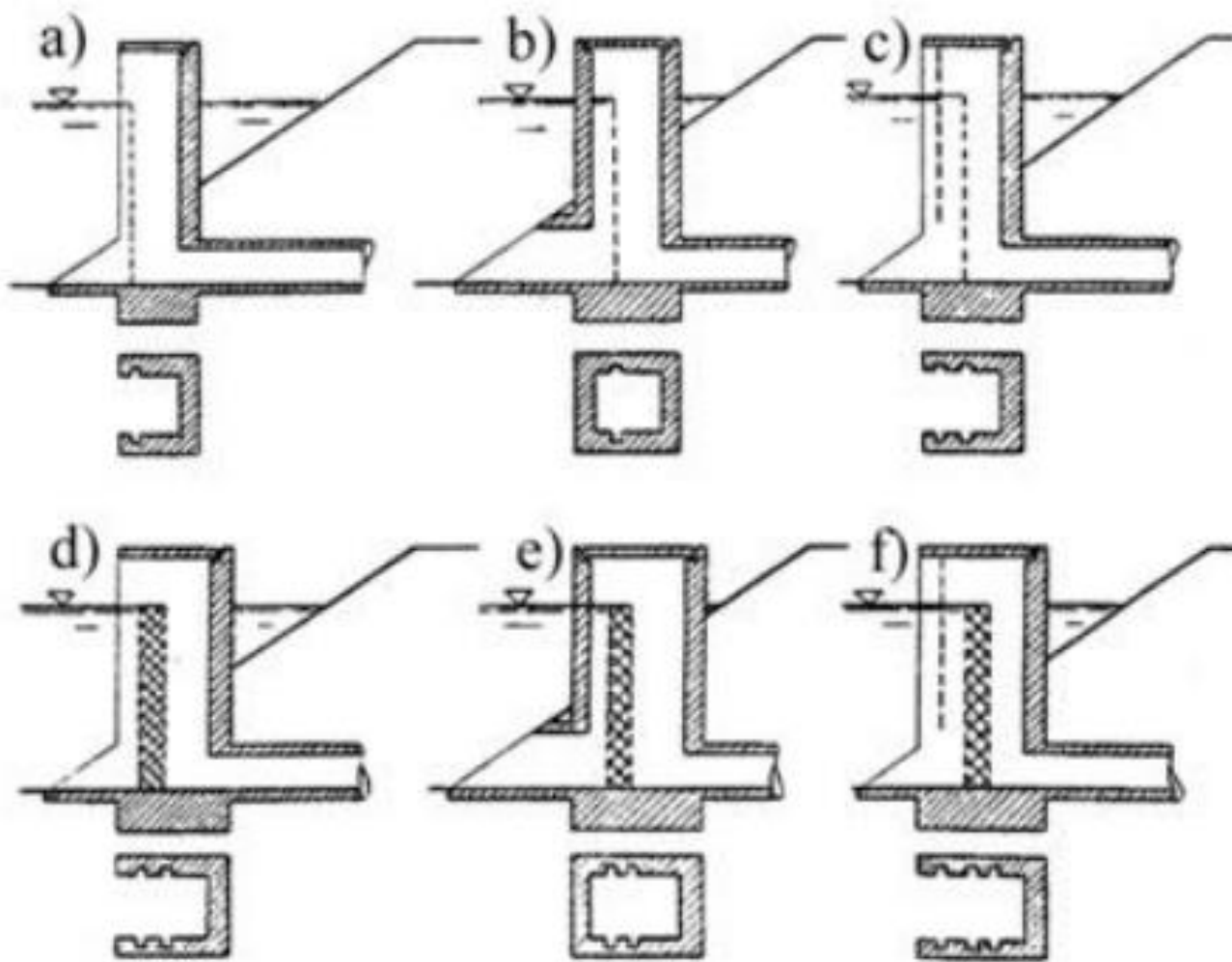


- Variantou šoupátkových uzávěrů
- Materiál stavidlové desky je dub.
- Pro ovládání stavidla se osazují, táhla, šroubové tyče s ovládacím mechanismem.

Požerák

- Nejčastěji používaný typ trubní výpusti v současnosti.
- Skládá se z:
 - skříňové konstrukce (beton, železobeton, ocel, dřevo),
 - dlužové stěny – uzávěr z dluží (dřevěné fošny výšky 0,15–0,20 m) zasouvaných do drážek.
- Regulace hladiny probíhá odmíláním (vyjímáním) dluží.
- Proti zneužití se opatřuje uzamykatelným poklopem.

Podle konstrukčního uspořádání se požeráky dělí

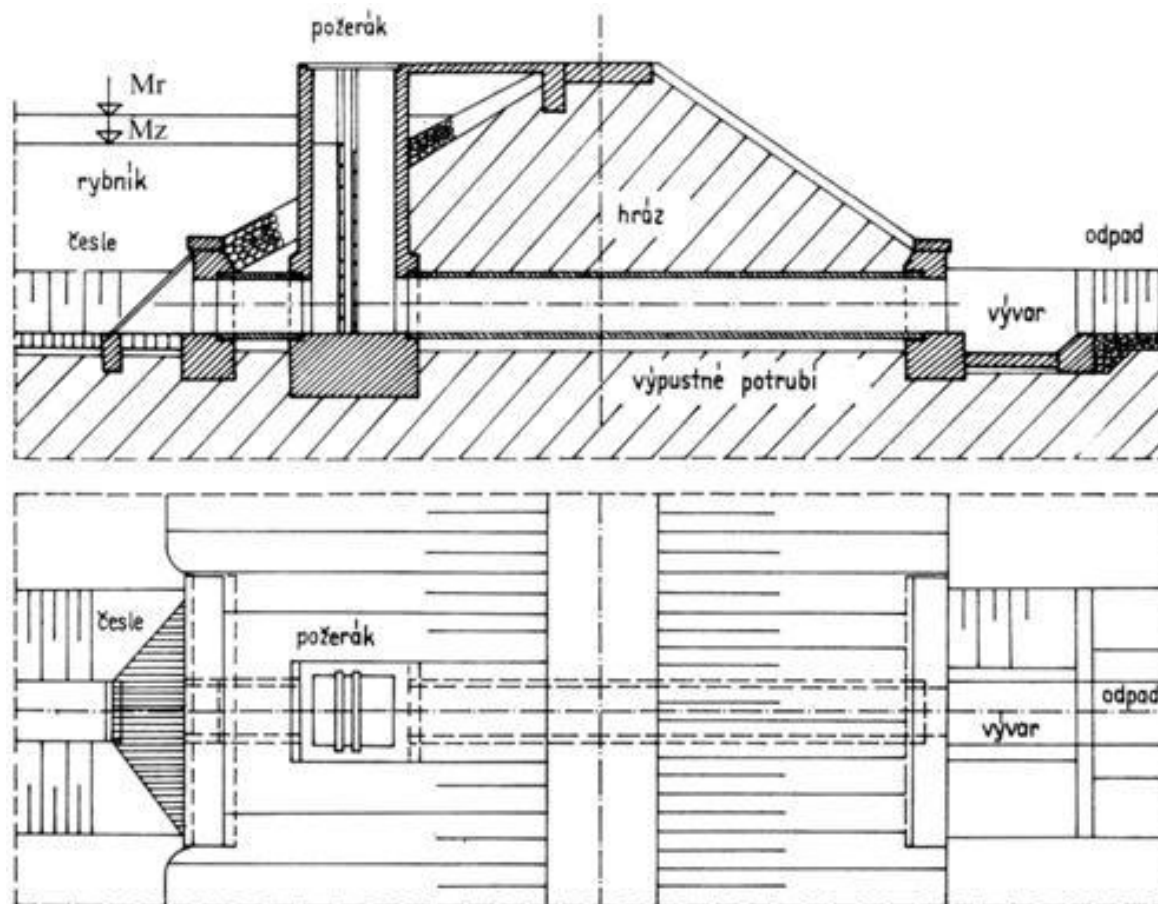


- a) otevřený jednoduchý,
- b) zavřený jednoduchý,
- c) otevřený dvojitý,
- d) otevřený jednoduchý zdvojený,
- e) zavřený dvojitý zdvojený,
- f) otevřený dvojitý zdvojený

Typy požeráků a jejich funkce

- Otevřený požerák s jednou dlužovou stěnou – umožňuje odběr vody od hladiny, vhodný pro nejmenší nádrže.
- Otevřený požerák s dvojitou dlužovou stěnou – umožňuje odběr od hladiny i ode dna,
 - pro odběr ode dna se místo dluží osazují česle, voda přepadá přes horní česlovou stěnu.
- Požerák může být otevřený či zavřený, jednoduchý či zdvojený podle konstrukce.

Umístění požeráků



- Požeráky se umísťují na návodním svahu, ideálně do jeho paty.
- Cílem je zajistit možnost úplného vypuštění nádrže.
- Přístup k požeráku je zajištěn lávkou se zábradlím z hráze.

Odpadní potrubí a alternativní výpusti

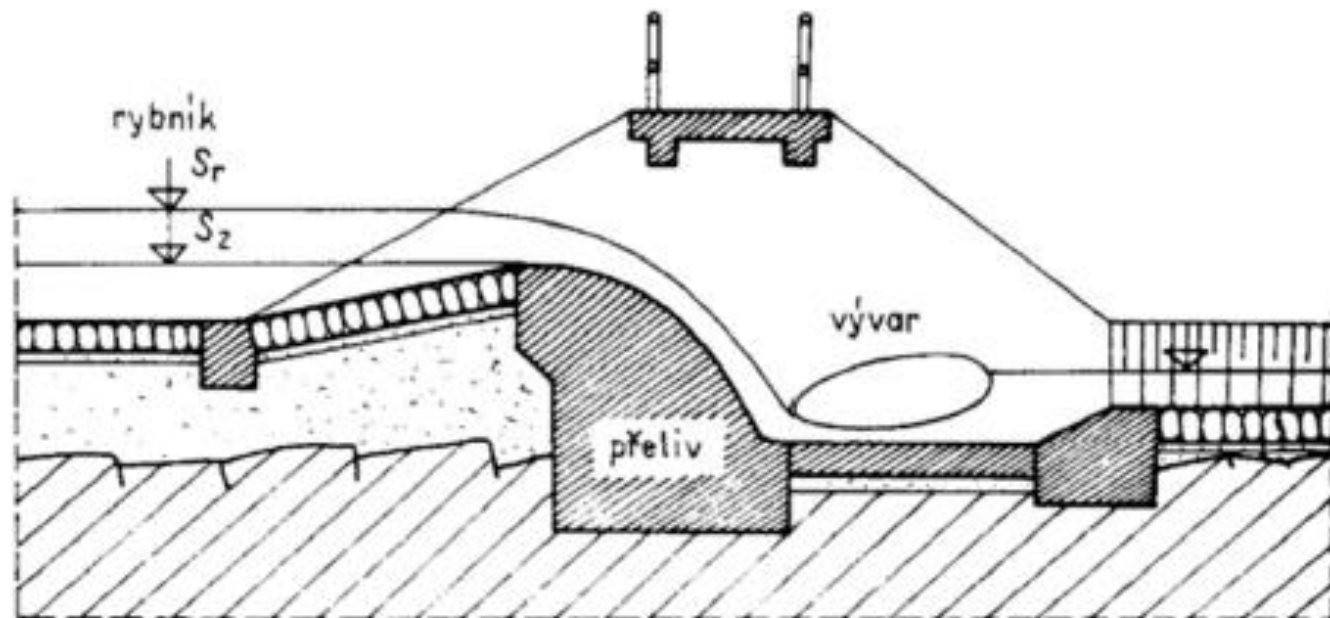
- Odpadní potrubí vede vodu za uzávěrem v samostatném betonovém bloku, uloženo na betonové desce.
- Voda protéká beztlakově, minimální průměr DN 300. Materiál: beton, železobeton nebo ocel.
- Pokud není nádrž vybavena dvěma výpustmi, využívá se:
 - samostatná výpust,
 - odbočka ze spodní výpusti nebo odběrného zařízení,
 - úprava dluží v požeráku.

Pojistná zařízení a bezpečnostní přelivy

- Pojistné zařízení chrání nádrž před přelitím při povodních – obvykle bezpečnostní přeliv.
- Musí převést návrhový průtok (Q100) i kontrolní povodňovou vlnu (KPV). Přeliv má být nehrazený, bez nástavků a česlí.
- Umístění: hráze nebo břehy.
- Konstrukční typy: korunní, trubní, šachtové/kašnové.

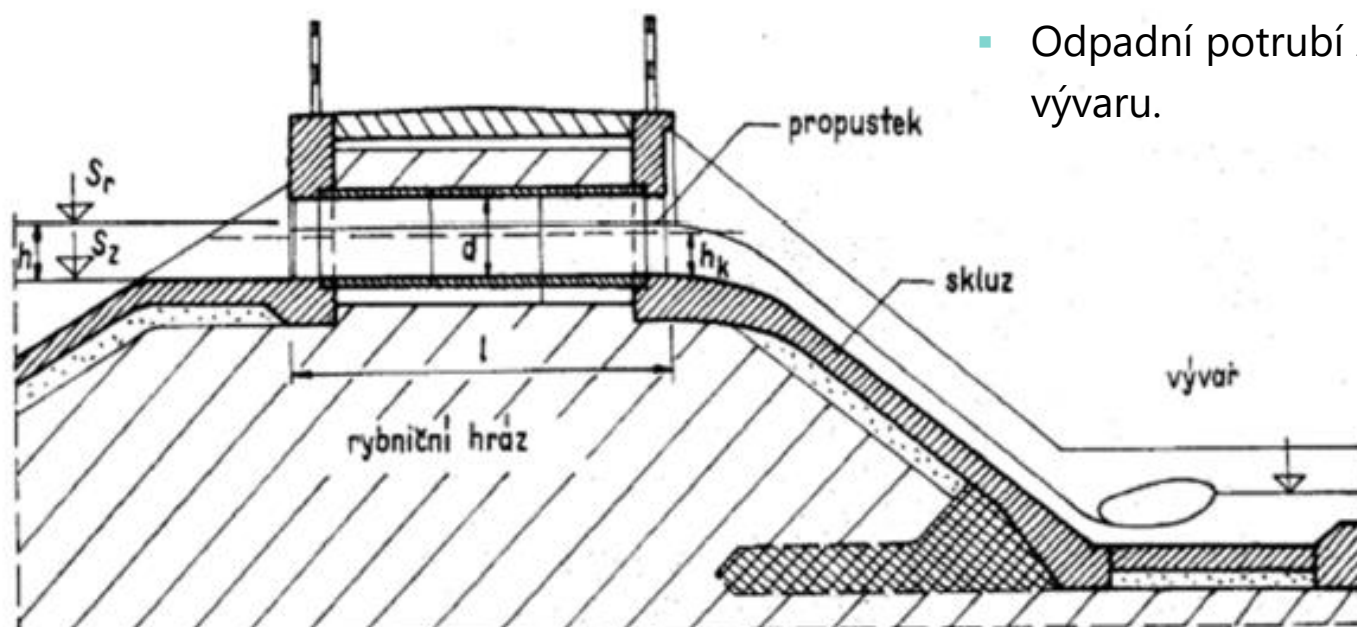
Korunní přeliv

- Umístěn v ose hráze, tvořen betonovým blokem jezového typu.
- Koruna a boky zpevněny kamennou dlažbou.
- Používá se u nízkých hrází – není vhodný při deformacích tělesa hráze.
- Výhoda: samočinný provoz bez nutnosti obsluhy.

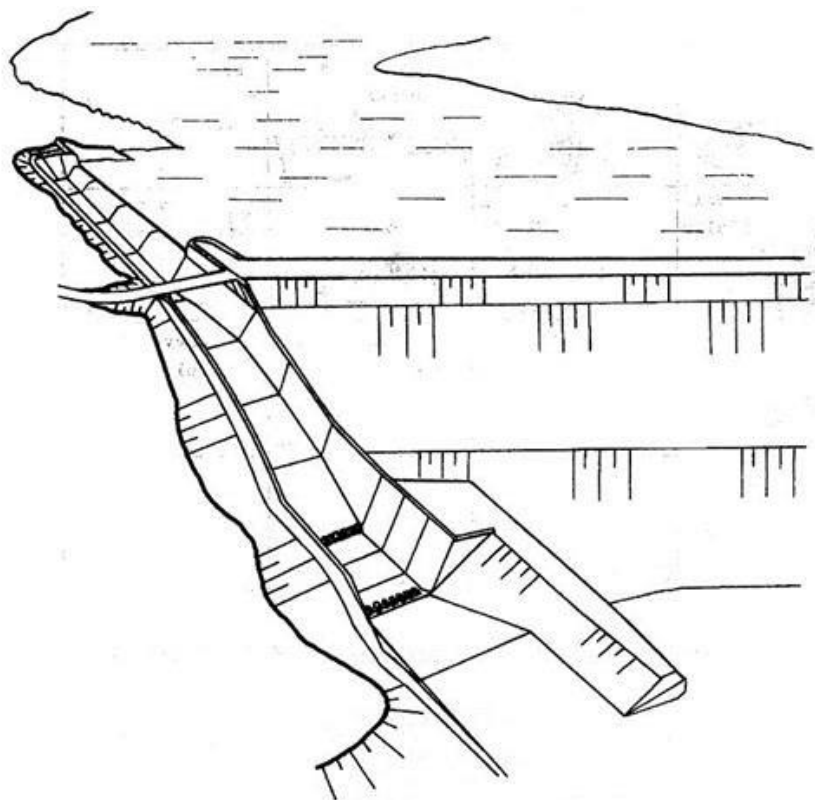


Trubní přeliv

- Přeliv ve tvaru trubního propustku, vedený hrází.
- Vtokové čelo – kolmé nebo plynulé (snížení ztrát).
- Přepadová hrana = dolní okraj trubky.
- Odpadní potrubí ze železobetonu, ústí do skluzu a vývaru.

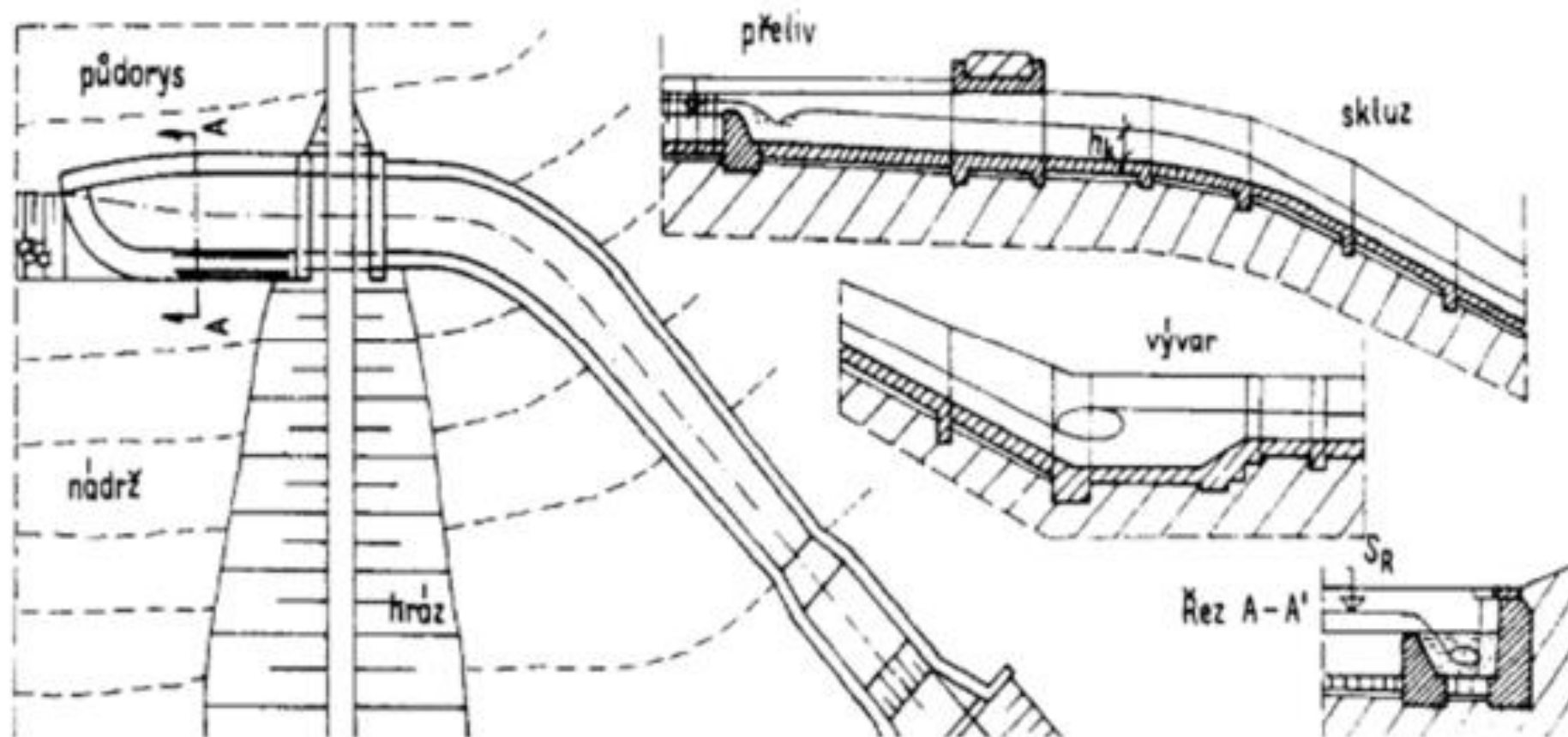


Boční bezpečnostní přeliv

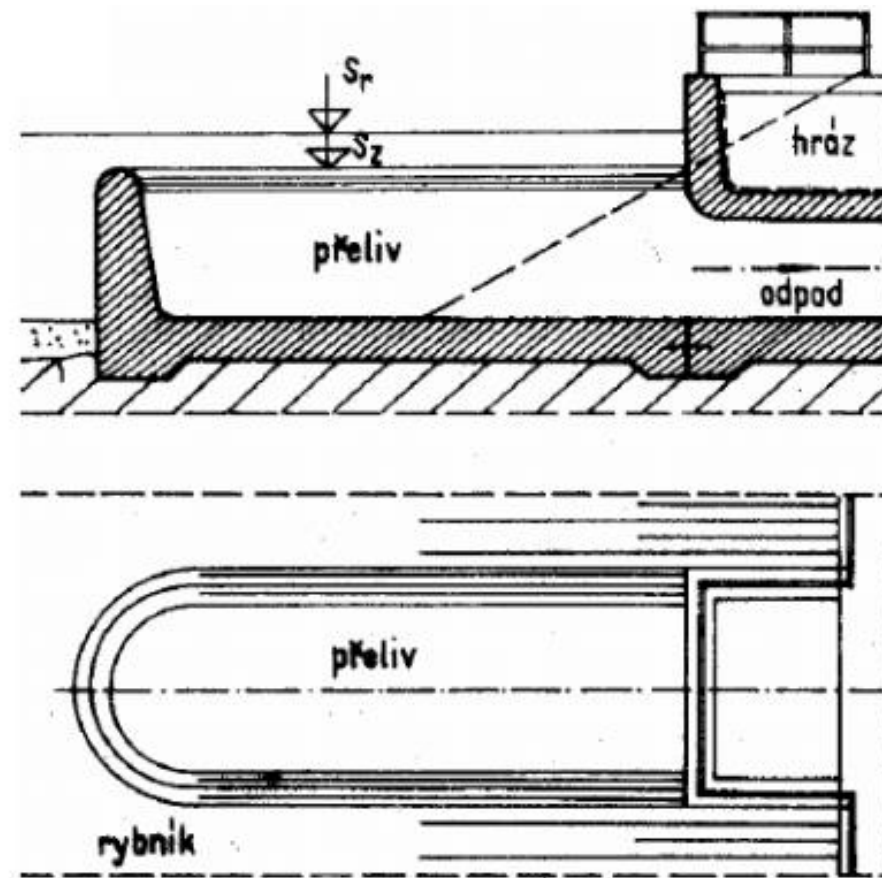


- Situován v boku nádrže, přelivná hrana kolmá na osu hráze.
- Skládá se z:
 - přelivné hrany,
 - spadiště a skluzu,
 - vývaru a odpadu do toku pod hrází.
- Jezové těleso se zaoblenou korunou, sklony 4:1 až 10:1.
- Spadiště má obdélníkový nebo lichoběžníkový půdorys.

Boční bezpečnostní přeliv



Kašnový bezpečnostní přeliv



Kašnový bezpečnostní přeliv

- Navrhuje se při dlouhé přelivné hraně, nevhodné pro čelní přeliv.
- Skládá se ze:
 - přelivné hrany,
 - spadiště a skluzu,
 - vývaru a odpadu.
- Přelivná stěna: beton, železobeton, kamenné zdivo.
- Dno spadiště v úrovni dna nádrže, odpadní vedení: žlab nebo potrubí.
- Odpad je třeba přemostit, pokud vede přes něj komunikace.

Jaký je hlavní rozdíl mezi homogenní a nehomogenní hrází?

- Jaký je hlavní rozdíl mezi homogenní a nehomogenní hrází?
- A) Nehomogenní hráz má proměnlivou výšku
- B) Homogenní hráz je budována z více druhů materiálů
- C) Homogenní hráz je tvořena jedním typem zeminy
- D) Nehomogenní hráz je výhradně z kamene
- Správná odpověď: C

Jaký je hlavní rozdíl mezi homogenní a nehomogenní hrází?

A – Nehomogenní hráz má proměnlivou výšku

B – Homogenní hráz je budována z více druhů materiálů

C – Homogenní hráz je tvořena jedním typem zeminy

D – Nehomogenní hráz je výhradně z kamene

Jaký je hlavní rozdíl mezi homogenní a nehomogenní hrází?

A – Nehomogenní hráz má proměnlivou výšku

B – Homogenní hráz je budována z více druhů materiálů

C – Homogenní hráz je tvořena jedním typem zeminy

D – Nehomogenní hráz je výhradně z kamene

Které tvrzení o **bezpečnostním přelivu** je správné?

A – Přeliv musí být vždy vybaven česlemi proti plaveninám.

B – Přeliv musí bezpečně převést návrhový průtok Q_{100} i kontrolní povodňovou vlnu.

C – Přelivná hrana je vždy tvořena ocelovou konstrukcí.

D – Korunní přeliv se používá výhradně u vysokých hrází.

Které tvrzení o bezpečnostním přelivu je správné?

A – Přeliv musí být vždy vybaven česlemi proti plaveninám.

B – Přeliv musí bezpečně převést návrhový průtok Q_{100} i kontrolní povodňovou vlnu.

C – Přelivná hrana je vždy tvořena ocelovou konstrukcí.

D – Korunní přeliv se používá výhradně u vysokých hrází.

Jaké výhody má korunní přeliv oproti jiným typům přelivů?

A – Je možné ho použít u všech výšek hrází.

B – Pracuje samočinně, bez potřeby obsluhy.

C – Je odolný proti deformacím zemního tělesa

D – Lze jím vypustit vodu až pod úroveň dna nádrže.

Jaké výhody má korunní přeliv oproti jiným typům přelivů?

A – Je možné ho použít u všech výšek hrází.

B – Pracuje samočinně, bez potřeby obsluhy.

C – Je odolný proti deformacím zemního tělesa

D – Lze jím vypustit vodu až pod úroveň dna nádrže.