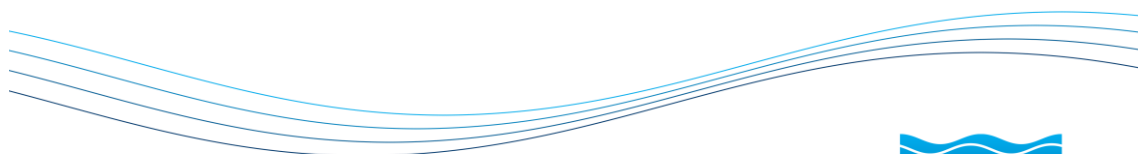


Povodí Moravy, s.p. Dřevařská 932/11, 602 00 Brno	Strana: 1/7
Metodický pokyn č. 024/2018 generálního ředitele Povodí Moravy, s.p. Technicko – kvalitativní požadavky pro vodní stavby	Vydání: první
Příloha B1 – Opěrné a nábrežní zdi - typové konstrukce	Výtisk č. 1
	Účinnost od: 1. 1. 2018

Příloha B1 – Opěrné a nábrežní zdi - typové konstrukce

Technicko – kvalitativní požadavky pro vodní stavby



www.pmo.cz



Změna č.	Účinnost změny od:
Změna č.	Účinnost změny od:
Změna č.	Účinnost změny od:
Změna č.	Účinnost změny od:

OBSAH / SEZNAM PŘÍLOH

	strana
1	Úvod..... 3
2	Opěrné zdi 3
2.1	Opěrné zdi s tížným účinkem 3
2.1.1	Opěrné zdi tížné 3
2.1.2	Opěrné zdi úhlové 4
2.2	Opěrné zdi kotvené a speciální 4
3	Požadavky na návrh konstrukce 4
3.1	Návrh směrového vedení zdi 4
3.2	Statické řešení opěrné zdi..... 4
3.3	Konstrukční úpravy za rubem opěrné zdi..... 5
3.3.1	Odvodnění prostoru za rubem zdi 5
3.3.1.1	Řešení vody z horninového prostředí 5
3.3.1.1.1	Opěrné zdi jako boční stěny skluzů od přelivů vodních děl 5
3.3.1.1.2	Opěrné zdi jako nábrežní zdi u řek 6
3.3.2	Kořenová clona 6
3.3.2.1	Obecně..... 6
3.3.2.2	Kořenová clona 7

1 ÚVOD

Technicko-kvalitativní podmínky (TKP) – Zdi z lomového kamene, betonové zdi s kamenným obkladem - jsou určeny pro provádění a kontrolu těchto prací, vyskytujících se při investiční a provozní činnosti Povodí Moravy, státní podnik. Obsahují požadavky na materiály, technologické postupy, zkoušení a převzetí výkonů a dodávek při provádění. TKP jsou zpracovány v souladu s normami řad ČSN EN a ČSN, platnými v době jejich zpracování a s ohledem na jiné relevantní technické předpisy. Znění TKP respektuje požadavky, zásady a pravidla platných norem a v případě nutnosti doplňuje některé údaje potřebné pro provádění a kontrolu stavby. Doporučené hodnoty doplňujících údajů, které platné normy neobsahují, jsou v textu označeny podtržením. Závaznost platných norem je dána buď požadavkem zakotveným v předpisu vyšší právní síly, např. v zákonu nebo ve vyhlášce, případně ustanovením smluvního vztahu mezi objednatelem a zhotovitelem.

Zdi z lomového kamene a betonové zdi s kamenným obkladem musí být provedeny ve shodě s dokumentací stavby a těmito TKP. Dokumentace stavby musí být vypracována v souladu s ČSN 1997-1 Eurokód 7, ČSN EN 1996-2, ČSN 73 6133, ČSN EN 771-6, ČSN EN 13383-1, ČSN 72 1800, ČSN 72 1860. Zhotovitel je povinen respektovat ustanovení všech souvisejících platných ČSN.

Účelem vypracování tohoto technologického postupu je stanovení podmínek a postupů pro realizaci zdí z lomového kamene a betonových zdí s kamenným obkladem.

2 OPĚRNÉ ZDI

Opěrné zdi slouží ke stabilizaci terénu v místě náhlého výškového rozdílu, ve vodním stavitelství typicky mezi povrchem okolního terénu na břehu a dnem vodního toku nebo nádrže. Z tohoto konstatování vyplývá, že při konstrukčním řešení tohoto prvku nelze oddělit konstrukční návrh zdi od řešení prostoru za jejím rubem, neboť bude nezbytné se vypořádat se stálým a velmi výrazným kolísáním hladiny vody jak na lící straně zdi, tak i za její rubovou stranou.

Podle statického řešení lze opěrné zdi rozdělit na dvě hlavní skupiny

- Opěrné zdi s tížným účinkem
 - Opěrné zdi tížné - stabilizované vlastní hmotností
 - Opěrné zdi úhlové, stabilizované využitím hmotnosti zeminy a geometrie zdi
- Opěrné zdi kotvené a speciální
 - Tenkostěnné opěrné zdi
 - Opěrné zdi z milánských stěn či převrtávaných pilot

Obtížně zařaditelné jsou svislé stěny polorámové železobetonové konstrukce. Takovéto zdi je třeba po statické stránce řešit společně se dnem polorámu, a to včetně řešení okolního prostředí, proto v této části TKP již nebudou zmiňovány. Pokud však bude projektem určeno, že mají být obloženy kamenným obkladem, pak pro tuto část konstrukce ustanovení částí B.2 a B.3 těchto TKP platí v plném rozsahu.

2.1 OPĚRNÉ ZDI S TÍŽNÝM ÚČINKEM

Pro opěrné zdi s tížným účinkem je charakteristickým rysem zajištění stability konstrukce využitím svislých složek sil, působících na konstrukci. Tato složka musí být dostatečně velká a buď se zajišťuje dostatečnou vlastní hmotností konstrukce, nebo se využívá vhodně zvolená geometrie zdi k zajištění spolupůsobení hmotnosti zásypu zdi.

2.1.1 OPĚRNÉ ZDI TÍŽNÉ

Opěrné zdi tížné se vyznačují robustním tvarem a relativně nízkými vnitřními silami. Z toho pak vyplývá za určitých podmínek možnost použití materiálů, jež nepřenášejí příliš velké tahové síly.

Do této skupiny konstrukcí patří:

- Opěrné zdi vyzdžené z kamene
- Opěrné zdi z kamene s betonovým jádrem
- Opěrné zdi ze železobetonu s kamenným obkladem

2.1.2 OPĚRNÉ ZDI ÚHLOVÉ

Tyto zdi se používají tam, kde lze jejich aplikací dosáhnout úspor na objemu betonu. Jejich tvar může být různý, vždy však jejich návrh umožňuje působit na konstrukci svislé složce zemního tlaku. Toto přitížení hraje významnou roli, která je přinejmenším srovnatelná s vlastní hmotností konstrukce. Tyto zdi se navrhují ze železobetonu a mají různé tvary, typicky L nebo T s různými poměry svislých a vodorovných částí.

2.2 OPĚRNÉ ZDI KOTVENÉ A SPECIÁLNÍ

Tento typ opěrných zdí překračuje hranice náplně této části TKP. Pokud však bude projektem určeno, že tyto konstrukce mají být obloženy kamenným obkladem, pak pro tuto část konstrukce ustanovení částí B.2 a B.3 těchto TKP platí v plném rozsahu.

3 POŽADAVKY NA NÁVRH KONSTRUKCE

3.1 NÁVRH SMĚROVÉHO VEDENÍ ZDI

Opěrné a nábrežní zdi jsou navrhovány k oddělení výškové úrovně koryta řeky a terénu břehu a jejich vedení je tomu obvykle podřízeno v tom smyslu, že sleduje trasu koryta vodního toku. Přesto je třeba upozornit na některé detaily, které je nezbytné v projektové přípravě stavby zohlednit.

Především je třeba správně vyřešit detail ukončení zdi, a to především na protivodním konci. Zde je nezbytné buď navázat na jiný objekt, který je vybudován na břehu a je sám o sobě dostatečně odolný proti účinkům proudící vody, nebo se zeď ukončí zavazovacím křídlem do břehu tak, aby při povodňové situaci nedošlo k erozi a vytvoření nátrže za rubem zdi. Vhodné je navrhnout zavázání šikmým křídlem; kolmé křídlo vytváří výrazný úplav, která by mohl způsobit významnou erozi dna. Obdobným způsobem je třeba ukončit linii zdi na povodní straně.

Významný vliv na trasu zdi může ale mít ochrana objektů, které se nacházejí na břehu. Může se jednat o historické objekty, které mohou být například ohroženy nebo poškozeny zemními pracemi. V takovýchto případech je však nezbytná spolupráce projektanta s příslušným specialistou na historické objekty. Ve spolupráci s nimi se posléze navrhne řešení, založené na minimální odstupové vzdálenosti od objektu, který je nezbytné ochránit. Rovněž není vyloučena kolize navrhované zdi s významnými nebo chráněnými stromy či v mnoha případech se stromořadím. Obecně je nezbytné se kontaktu s kořenovým systémem zachovávaných stromů vyhýbat, nicméně ne vždy je to možné. Pokud dojde ke kontaktu s kořenovým systémem, je třeba se řídit příslušnými ustanoveními ČSN 83 9061 (839061) Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích. Pokud není reálné umístit konstrukci zdi v souladu s touto normou, je možný výjimečný zásah do kořenového systému. V takovýchto případech je však nezbytná spolupráce projektanta s dendrologem. Ve spolupráci s nimi se posléze navrhne řešení, založené na minimální odstupové vzdálenosti od chráněného stromu, v případě nutnosti i zásah do kořenového systému.

3.2 STATICKÉ ŘEŠENÍ OPĚRNÉ ZDI

Při návrhu opěrné zdi se posuzuje stabilita zdi jako celku a rovněž je nezbytné vyšetřit i vnitřní síly, které působí uvnitř konstrukce. Statický výpočet je nedílnou součástí projektové dokumentace.

Při statickém řešení opěrných zdí je nezbytné vyšetřit jejich stabilitu při zatížení zemním tlakem, přičemž je nutné vzít v úvahu všechny zatěžovací stavy, které u řešené konstrukce mohou nastat. Prověřuje se stabilita konstrukce na:

- Posunutí po základové spáře
- Pootočení konstrukce
- Zatlačení konstrukce do základové spáry
- Usmýknutí konstrukce po smykové ploše v horninovém prostředí

Při volbě zatěžovacích stavů je nezbytné správně zvážit reálné možnosti zatížení konstrukce. Ty záleží na jejím konstrukčním řešení, na způsobu odvodnění prostoru za zdí, na stálém a nahodilém zatížení prostoru za rubem zdi v dosahu aktivního klínu, geometrii terénu za rubem zdi, možné hladiny vody ve vyšetřovaném profilu a tak dále. Důležité

a nepominutelné jsou geotechnické parametry a skladba horninového prostředí za rubem zdi i v úrovni pod základovou spárou.

Pro statické řešení vnitřních sil betonových opěrných zdí platí ustanovení základní části Eurokódu ČSN EN 1992-1-1 (ČSN 73 1201).

Působení podzemní vody má velmi významný vliv na stabilitu opěrné zdi, neboť při nevhodném návrhu může podzemní voda stabilitu zdi ohrožovat:

- Vodním tlakem, popřípadě v zimním období tlakem ledu
- Sufozí
- Chemickými účinky vody

3.3 KONSTRUKČNÍ ÚPRAVY ZA RUBEM OPĚRNÉ ZDI

Tyto úpravy si kladou za cíl především omezení vlivu podzemní vody na zatížení opěrné zdi, respektive vytvoření podmínek, v nichž působení účinků podzemní vody bude predikovatelné a jejich velikost bude možno reálně určit. Do této skupiny úprav patří různé drenážní systémy, sloužící k udržení hladiny podzemní vody v terénu v určité maximální úrovni.

Další skupinou úprav jsou úpravy, prováděné v souvislosti s ochranou vzrostlých stromů, které za rubem budované zdi rostou a které mají být i po výstavbě zdi zachovány. Zde se jedná především o vytvoření kořenové clony.

3.3.1 ODVODNĚNÍ PROSTORU ZA RUBEM ZDI

Prostor za rubem zdi bývá dotován dvěma hlavními zdroji vody:

- Vodou přitékající z horninového prostředí (poříční voda v údolní nivě, svahová voda)
- Říční voda, prosáklá netěsnostmi ve zdi a horninovým prostředím v podzákladí

Přítomnost podzemní vody, stejně jako úroveň její hladiny se běžně zjistí v rámci vrtného geologického průzkumu. Pro náročnější konstrukci je vhodné režim hladiny podzemní vody sledovat delší dobu, u protipovodňového opatření je to nezbytné.

V případě návrhu drenážního tělesa za rubem zdi, musí tento materiál splňovat následující parametry (dle ČSN 75 2410):

- pro stejnozrnný materiál drenážního filtru platí:
 - $D_{\text{filtr}50} / D_{\text{zemina}50} = 5 - 10$
- pro nestejnozrnný materiál platí:
 - zaoblená zrna:
 - $D_{\text{filtr}50} / D_{\text{zemina}50} = 12 - 58$
 - $D_{\text{filtr}15} / D_{\text{zemina}15} = 12 - 40$
 - hranatá zrna:
 - $D_{\text{filtr}50} / D_{\text{zemina}50} = 9 - 30$
 - $D_{\text{filtr}15} / D_{\text{zemina}15} = 6 - 18$
 - $D_{\text{filtr}15} / D_{\text{zemina}85} < 5$
- číslo nestejnozrnatosti nemá přesáhnout 10, aby při dopravě materiálu a stavbě filtru nedocházelo k roztřídění zrn
- množství vyplavitelných částic ($\varnothing < 0,074$ mm) nemá v granulovaném drenážním filtru přesáhnout 5 % hmotnosti
- maximální zrno filtru nemá být větší než 50 mm
- čára zrnitosti granulovaného drenážního filtru má být rovnoběžná s čarou zrnitosti okolní zeminy, zejména v rozmezí $D_{15} - D_{60}$
- součinitel nasycené hydraulické vodivosti filtru má být alespoň 10 krát větší než součinitel nasycené hydraulické vodivosti odvodňovaného pórovitého prostředí.

3.3.1.1 ŘEŠENÍ VODY Z HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ

Pakliže se řeší opěrná zeď, zatěžovaná vodou s původem v horninovém prostředí, je nezbytné zvážit, jaká zeď má být zřízena a kde se, ve vztahu k vodnímu toku, konstrukce má nacházet. Je tedy nezbytné rozlišovat:

- Opěrné zdi jako boční stěny skluzů od přelivů vodních děl
- Opěrné zdi jako nábrežní zdi u řek

Podstatným rozdílem pak je to, že u opěrných zdí skluzů obvykle bude mít hlavní slovo svahová voda, zatímco u nábrežních zdí bude nejčastějším zdrojem vody horninové prostředí údolní nivy, přičemž ovšem nelze vyloučit vliv svahových vod.

3.3.1.1.1 Opěrné zdi jako boční stěny skluzů od přelivů vodních děl

Tyto konstrukce jsou poměrně specifické tím, že z velké části jsou vedeny tak vysoko nad terénem v údolní nivě, že nebývají ovlivněny poříční vodou, s výjimkou nejnižší položené části konstrukce. Svahová voda pak především zatěžuje zeď na straně přivrácené ke svahu

a má tendenci významně konstrukci zatěžovat vodním tlakem. Z tohoto důvodu je nezbytné za rubem zdi navrhnout průběžný drén, který bude dimenzován tak, aby byl schopen pojmout a odvést očekávané přítoky.

V případě odvodnění skluzu se doporučuje se v drenu zachycenou vodu svést k patě skluzu a zaústit do vývaru; pokud je skluz dlouhý, pak drenážní potrubí bude opatřeno kontrolními šachticemi, jež umožní jeho čištění. Důvodem k odvádění drenážní vody k patě skluzu je především zimní režim, neboť voda, vytékající v relativně malém množství z řady drenážních otvorů po celé délce skluzu by v období celodenního mrazu namrzala na dně skluzu a za těchto podmínek by rovněž docházelo k rychlé degradaci betonu. Dimenze potrubí by měla být volena na základě hydraulického výpočtu tak, aby voda odtékala o volné hladině.

Před návrhem drenážního systému je nutné provést rozbor vody se zaměřením na agresivitu vůči betonu a na výskyt železa. V případě výskytu železa je třeba počítat s velmi rychlým zarůstáním drenážního systému; v takovém případě se doporučuje počítat s potřebou provést v budoucím provozu díla rekonstrukce drenážního systému a pro tento zásah vytvořit již při budování díla podmínky, především ve formě vhodných terénních úprav, které k dílu zajistí trvalý přístup pro potřebnou mechanizaci.

3.3.1.1.2 Opěrné zdi jako nábrežní zdi u řek

Tyto zdi jsou v trvalém kontaktu s říční vodou, nebo jsou v její těsné blízkosti. Hladina podzemní vody za rubem zdi je ovlivněna hladinou říční vody v horninovém prostředí údolní nivy a musí proto být za rubem zdi proveden drenážní systém. Zároveň je třeba vzít v úvahu, že kolísání hladiny prostřednictvím drenážního systému ovlivní pohyb hladiny podzemní vody, to však není žádná změna oproti přírodnímu stavu před vybudováním zdi.

Nejjednodušší je přímé odvodnění do koryta řeky drenážními prostupy v konstrukci zdi, které se v současné době vystrojují plastovými trubkami. Profil trubek by měl být cca 100 mm, dříve používaný profil 50 mm není vhodný, neboť se obtížně čistí. Trubky by neměly z konstrukce vyčnívat více, než 50 mm do volného průtočného profilu; za rubem zdi musí být proveden obsyp hrubým kamenivem, které nebude vnikat do trubky. Obsyp bude od horninového prostředí oddělen filtrem, jehož návrh musí zohlednit charakter a zrnitost horninového prostředí za rubem zdi. Vzájemná vzdálenost prostupů se navrhuje 2,5 až 5 m. Je-li propustnost zeminy za rubem zdi nízká, doporučuje se navrhnout průběžný drén za rubem zdi.

Pokud není kontakt s hladinou říční vody trvalý, není vhodné provádět drenážní prostupy skrz konstrukci zdi s vyústěním na bermu v hustotě, typické pro přímou drenáž. Důvodem jsou jednak estetické závady na povrchu dlažby (růst řas a mechů), jednak závady při zimním režimu (namrzání vody, které extrémním způsobem namáhá povrch konstrukce). V takovém případě, pokud je to možné, se doporučuje za rubem zdi provést průběžnou drenážní trubku a vodu vyvádět po delších úsecích tak, aby bylo možné provádět čištění celého trubního systému. Soustředěné výusti drenážního systému pak budou po zpevněné bermě odvodněny rigolem.

Zvláštním případem je provedení nábrežní zdi s protipovodňovou funkcí. Tato zad' je řešena tak, aby její konstrukce byla zcela vodotěsná a pod ní je provedena těsnicí konstrukce, která sice chráněné území zcela od toku neodděluje, nicméně významně průsak pod základy zdi omezuje. Tím jednak dochází k významnému ovlivnění vodního režimu v horninovém prostředí chráněného území, ale také vyvstává potřeba úprav drenážního systému tak, aby za normálního vodního stavu byl schopen gravitačně odvádět vodu zpoza zdi do vodního toku (nebo případně i obráceně, z toku za rub zdi), ale po nástupu povodně je třeba drenážní systém od vodního toku oddělit. Proto se v takovýchto případech za rubem zdi buduje drenážní systém, který je vybaven drenážním potrubím svedeným do šachet, vybavených bu vyústěním do koryta uzávěry, které se při nástupu povodně uzavrou. Šachty musí zároveň být upraveny tak, aby z nich bylo v období povodňové periody možno vodu odčerpávat do řeky.

3.3.2 KOŘENOVÁ CLONA

3.3.2.1 OBECNĚ

V případě, že stavební jáma pro zřízení zdi bude hloubena podél přilehlých stromů, jež mají být zachovány, a předpokládá se, že při této činnosti dojde ke ztrátě kořenů, má být zřízena kořenová clona. Jejím úkolem je umožnit šetrné zakrácení kořenů za takových podmínek, které co nejméně ovlivní zdravotní stav stromů a jejich potenciál růstu.

3.3.2.2 KOŘENOVÁ CLONA

Kořenová clona se navrhuje v takové vzdálenosti od povrchu kmene stromu, aby nedošlo k ohrožení:

- stability stromu neúměrně zakrácenými kořeny.
- zásobení stromu živinami.

Obecně má být minimální vzdálenost kořenové clony od paty kmene rovna alespoň čtyřnásobku obvodu kmene ve výšce 1 m nad zemí, bezpečnou hodnotu ale určí dendrolog. Stabilita stromu i příjem živin jsou přitom závislé i na druhu zeminy a hloubce, v níž kořeny rostou.

Kořenová clona má být zřízena nejméně jedno vegetační období před začátkem stavby, při kratší přestávce mezi realizací clony a další stavební činností není její účinnost dostatečná.

Další výkopové práce pak navazují na líc kořenové clony, vzdálenější od chráněného stromu tak, aby nedošlo k zásahu do prostředí kořenové clony.

Hloubení výkopu pro realizaci clony se doporučuje provést technikou pneumatického rýče (air spade), případně ručně s minimálním poškozením kořenů. Tloušťka kořenové clony bude **0,25-0,5 m** v závislosti na hloubce, hloubka kořenové clony bude **1-1,5 m**; zároveň musí zasahovat celou hloubku prokořeněné oblasti. Jako bednění na straně k pozdějšímu výkopu je vhodné použít pažení stavební jámy. Toto pažení bude na straně do kořenové clony doplněno fólií proti pozdějšímu prorůstání kořenů. Druhá strana (směrem ke stromu) kořenové clony bude proti vysypání zeminy zajištěna zetlívajícím bedněním (např. netkaná textilie).

Odkryté kořeny budou ostře přetaty a ošetřeny prostředkem na ošetření ran (**neprodleně**, nejpozději však do **30 minut** od useknutí kořenů), následný zásyp kořenové clony bude proveden po zaschnutí ošetřovacího prostředku nejpozději do konce pracovní směny.

Do úrovně **40 cm** pod úroveň terénu se prostor kořenové clony zasype směsí (spodní substrát):

- vykopaná spodní vrstva půdy nebo lehce jílovitá zemina – 2/3
- vrchovištní nebo bílá rašelina – 1/3
- organické hnojivo – 75 kg/m³
- půdní granulát – 2,5 kg/m³

Zbývající vrstva **40 cm** k povrchu terénu se vyplní směsí (svrchní substrát):

- ornice – 1/3
- vrchovištní nebo bílá rašelina – 1/3
- vyzrálý kompost – 1/3
- organické hnojivo – 75 kg/m³
- půdní granulát – 2,5 kg/m³

Zásyp se do výkopu kořenové clony ukládá ručně po vrstvách a zhutňuje se po jednotlivých vrstvách sešlapáním nebo hutněním dřevěným pěchem, za příhodných podmínek je možno jednotlivé vrstvy hutnit proléváním vodou.

Až do začátku stavby a během výstavby je třeba udržovat kořenovou clonu stále vlhkou. Po dokončení stavby bude svrchní substrát šetrným způsobem odtěžen a nahrazen novým, povrch bude ohumusován a oset travní směsí.

Po celou dobu realizace kořenové clony bude přítomen odborný dohled dendrologa, který bude posuzovat aktuální situaci a individuální případy stavu kořenů. Na základě aktuálních zjištění pak navrhne případné potřebné zásahy do korun stromů, které budou provedeny před započítáním stavby zdi.

Veškeré práce v blízkosti stromů se musí řídit ČSN 83 9061 (839061) *Technologie vegetačních úprav v krajině – Ochrana stromů, porostů a vegetačních ploch při stavebních pracích*.