

VD Hradištko, oprava jezových polí

Projektová dokumentace stavby jednostupňová
(DSJ)

D.3. Výpočty konstrukce

Objednatel : Povodí Labe, státní podnik

Obsah:

D.3. VÝPOČTY KONSTRUKCE	2
D.3.1. Úvodní informace	2
D.3.1.1. Identifikační údaje	2
D.3.1.2. Údaje o stavebníkovi a provozovateli.....	2
D.3.1.3. Popis konstrukce	2
D.3.1.4. Popis funkce, návrh profilu konstrukce	3
D.3.1.5. Návrh příčného profilu stavidla s nasazenou klapkou	4
D.3.1.1. Zatěžovací stavy	10
D.3.2. Posouzení konstrukce	30
D.3.2.1. Výpočet zatížení	30
D.3.2.1.1. Materiály	30
D.3.2.1.2. Stanovení kritického profilu konstrukce	30
D.3.2.1.3. Stanovení maximálního účinku zatížení	30
D.3.2.1.4. Stanovení odolnosti konstrukce.....	31
D.3.2.2. Posouzení	31
D.3.2.2.1. Maximální zatížení v horizontálním směru.....	31
D.3.2.2.2. Maximální zatížení ve vertikálním směru	32
D.3.3. Závěr	33

D.3. VÝPOČTY KONSTRUKCE

D.3.1. Úvodní informace

D.3.1.1. Identifikační údaje

název stavby : VD Hradištko, oprava jezových polí
stavba č. :
konstrukce: : zdvižné stavidlo s nasazenou dutou klapkou
Vodní tok : Labe, ř.km 887,570
Číslo hydrologického pořadí : 1-04-07-0320

Předmětem výpočtů je předběžný návrh a posouzení hradící konstrukce jezu VD Hradištko tvořené zdvižným stavidlem s nasazenou dutou klapkou. Nová konstrukce bude nahrazovat konstrukci starou tvořenou stavidlem se dvěma hlavními nosníky a nasazenou klapkou úhlovou. Dispoziční parametry staré i nové konstrukce zůstávají shodné, použito bude materiálu předepsaného projektem a nová konstrukce bude vyrobena jako svařovaná.

S ohledem na stupeň dokumentace je výpočet proveden jako předběžný, jehož cílem je navrhnout vyhovující tvar ocelové konstrukce stavidla i nasazené klapky pro daný jezový profil, ze kterého pak jsou stanoveny kubatury nových hradících konstrukcí potřebné sestavení a ocenění soupisu prací a dodávek i následného zadání opravy k realizaci. Pro tento návrh bylo použito dostupných podkladů pro obdobné konstrukce opracované provozovatelem vodních děl na středním Labi v posledních desetiletích.

Je předpokládáno, že výrobní dodavatelská dokumentace konečné podoby hradícího uzávěru bude obsahovat podrobnou výpočtovou zprávu pro specifikované zatěžovací stavy a bude také provedeno posouzení jak napětí, tak posunů konstrukce se skutečně navrženými (vyráběnými) rozměry a jejich porovnání s požadovanými hodnotami specifikovanými v této dokumentaci, resp. dokumentaci zadávací.

D.3.1.2. Údaje o stavebníkovi a provozovateli

Povodí Labe, státní podnik
Víta Nejedlého 951
500 03 Hradec Králové
IČ : 70890005

D.3.1.3. Popis konstrukce

Jez vodního díla Hradištko je tvořen třemi jezovými poli stejného rozpětí situovanými kolmo na vodní tok - Labe. Jezová pole jsou od sebe oddělena pilíři, na jejichž zhlaví jsou umístěny strojovny zdvihadel. Na levém břehu je umístěna vodní elektrárna a na pravém břehu na laterálním kanále je plavební komora.

Vlastní hradící konstrukce je tvořena zdvižným stavidlem, na kterém je nasazena úhlová klapka. Stavidlo dosedá na práh spodní stavby. Po stranách jsou na stavidlech připevněny boční štíty nesoucí boční těsnění dosedající na stěny pilířů. Stavidla zasahují na obou stranách do výklenků v pilířích, ve kterých jsou upravena

do podoby svislých dutých nosníků a zavěšena přes kladku na gallovy řetězy přenášející svislá zatížení a kterými je se stavidly manipulováno nahoru a dolů. Hlavní vodorovné zatížení hradící konstrukce je přenášeno pomocí kolových podvozků do povodních opěrných kolejnic osazených svisle na zeď ve výklencích pilířů.

Běžné průtoky jsou přes hradící konstrukci převáděny pomocí nasazených sklopných klapek upevněných na korunách stavidel pomocí čepů. Klapky jsou pohybovány (sklápěny) pomocí oboustranných článkových řetězů pohybovaných stejným zdvihačem jako řetězy gallovy. Stavidlo tedy může být zdviženo v běžném provozu pouze se sklopenou klapkou. Klapky jsou po obvodu, kromě přepadové hrany, těsněny jednak ke hraně koruny stavidla a dále na bocích k plochám bočních štítů.

Hlavní parametry hradící konstrukce:

Provozní hrazená výška	3.60	m
Maximální hrazená výška stavidla se vztyčenou klapkou	3.65	m
Hradící výška stavidlové tabule se sklopenou klapkou	2.38	m
Hradící výška klapky	1.22	m
Provozní hladina horní vody (vzdutá hladina)	177.59	m n.n.
Přepadová hrana max. vztyčené klapky	177.69	m n.n.
Dosedací práh jezových polí	173.99	m n.n.
Dolní provozní hladina (HV Lysá nad Labem)	174.69	m n.n.
Světlá šířka jezového pole – těsněná šířka	24.00	m
Osová vzdálenost opěrných kolejnic	26.00	m
Rozteč závěsných řetězů	25.00	m

D.3.1.4. Popis funkce, návrh profilu konstrukce

Jez tvoří 3 jezová pole, funkce hradící konstrukce je dále popsána pouze pro jedno JP. V reálné situaci lze samozřejmě manipulovat smysluplně se všemi třemi jezovými poli. Základní funkcí hradících uzávěrů je udržování horní vody na provozní hladině (177,56 m n.m.), resp. s minimálními výkyvy specifikovanými v provozní dokumentaci.

Stavidlo s nasazenou klapkou je v běžném provozu osazené na prahu spodní stavby a nadržená hladina horní vody je udržována pomocí nasazené klapky. Tato klapka se v závislosti na průtoku vody v profilu sklápí nebo vztyčuje díky oboustranným závěsům tvořeným článkovými řetězy pohybovanými synchronizovanými zdvihačy umístěnými ve strojovnách na koruně pilířů. V běžném provozu dochází pouze k přepadu vody přes klapku, nelze vodu propouštět spodem pod stavidlem vzhledem k osazení pouze jediného zdvihače, resp. páru zdvihačů jak pro klapku, tak pro stavidlo.

V případě zvyšování průtoků je postupně klapka sklápěna až do dolní polohy, kdy dochází k jejímu dosednutí na těleso stavidla a tím i k maximálnímu přepadu vody přes konstrukci jezu. V tomto případě bude vody protékat jezovým polem s paprskem 1,2 m (cca 63 m³/s).

Při dalším zvyšování průtoku je již hladina nad jezem udržována spodním výtokem vody pod stavidlem zvedaným pomocí páru gallových řetězů pohybovaných zdvihačy na pilířích JP.

Při extrémní povodni je pak při dosažení limitního průtoku celá konstrukce stavidla i klapky, položené na stavidle vytažena nad hladinu a voda přepadá volně přes práh jezového pole s hloubkou 2,4 m ($295 \text{ m}^3/\text{s}$) a více.

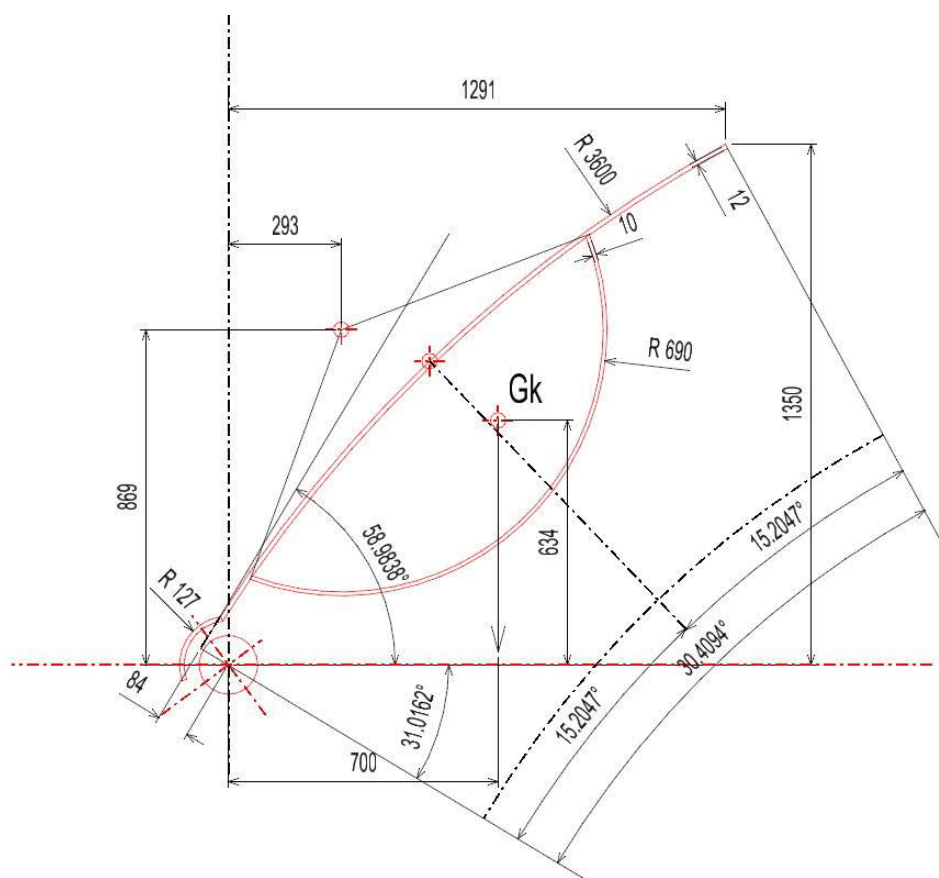
Na sestupné větvi povodně dochází postupně k opětovnému zahrazení jezového pole.

Nejprve je spuštěno stavidlo s položenou klapkou na jezový práh za účelem zastavení poklesu hladiny horní vody na provozní úrovni a následně je postupně tato hladina udržována vztyčováním nasazené klapky až do běžného provozního stavu ($Q_a = 75,3 \text{ m}^3/\text{s}$).

D.3.1.5. Návrh příčného profilu stavidla s nasazenou klapkou

S ohledem na parametry jezového profilu i stávající rozměry byl tvar příčného profilu jezové klapky převzat z konstrukcí instalovaných na VD Srnojedy a VD Lysá nad Labem a dále upraven na výškové a dispoziční rozměry VD Hradištko. Hrazená výška je zmenšena dle stávající konstrukce a se zohledněním na rozměry výklenků v jezových pilířích. Výška klapky od nominální hladiny k ose otáčení byla navržena 1,35 m s poloměrem hradící stěny 3,6 m a poloměrem břicha 0,69 m. Světlá šířka klapky při šířce jezových polí 24,0 m je při uvažování štítů stavidla a ramen klapky předpokládána 22,832 mm (výška klapky je o 0,1 m větší a šířka o 1 m užší ve srovnání se stávající).

U navrženého tvaru klapky je stanovena její váha a poloha těžiště tak, aby mohly být odvozeny její zatěžovací účinky v ose otáčení, resp. v dosedacích deskách na stavidlo.



Navrhovaný profil klapky – nominální poloha s přepadem 177,59 m n.m. (B.p.v.)

V případě stavidlové tabule je její tvar navržen jako lichoběžníkový uzavřený nosník podobná ostatním stavidlovým konstrukcím na středním Labi obnovovaným v poslední době (Brandýs n/L, Srnojedy, Lysá n/L). Jedná se o krabicový nosník lichoběžníkového tvaru s návodními štíty, dolním štítem nesoucím prahové těsnění a horním štítem chránícím čepy klapky a tvořícím dolní kotevní konzolu podélného těsnění klapky. Nosník je po obou stranách opatřen bočními štíty a závěsnými nosníky. Závěsné nosníky jsou ve výklencích opřeny po obou stranách stavidla přes kolové podvozky do hlavních opěrných kolejnic umístěných na povodní stěně výklenků. Rozteč hlavních kolejnic je 26,0 m.

Základní profil stavidla byl tvarově přizpůsoben parametrům jezového pole VD Hradištko s následnou úpravou tloušťky jednotlivých stěn (plechů) tak, aby průřezové parametry profilu odpovídaly uvažovanému zatížení dle následujících kritérií:

- Těleso bylo navrženo s šířkou krabicového nosníku 1,695 m tak, aby odpovídalo rozměrům stávajících výklenků v pilířích a zároveň nedocházelo k přepadu vody přes klapku na konstrukci stavidla.
- Tvar konstrukce byl navržen podobný s již osazenými stavidly.
- Tvar byl navržen tak, aby průřezové charakteristiky základního profilu stavidla byly proporcionálně podobné s již realizovanými konstrukcemi.
- Hmoty konstrukce v příčném profilu byly rozděleny tak, aby se hlavní osy elipsy setrvačnosti co nejvíce přibližovaly svislému, resp. vodorovnému směru, tzn. hlavní zatížení vodou je přenášeno kolmo do podvozků stavidla

1) Příčný profil navrženého stavidla s klapkou	1:25
2) Stanovení průřezových charakteristik profilu stavidla	tabulka
3) Schéma konstrukce	schéma

Stanovení průřezových charakteristik navrženého profilu stavidla

VD Hradištko

č	popis	t [m]	l [m]	A [m ²]	x [m]	S _x [m ³]	y [m]	S _y [m ³]	b [m]	h [m]	I _{x00} [m ⁴]	I _{y00} [m ⁴]
1	Zadní stěna	0,029	1,043	0,030247	1,8020	0,054505	1,1330	0,034270	0,029	1,043	0,002742014	2,1198E-06
2	Horní stěna	0,017	1,645	0,027965	0,9930	0,027769	1,8475	0,051665	1,645	0,017	6,7349E-07	0,00630617
3	Dolní stěna po	0,017	1,313	0,022321	1,1500	0,025669	0,4580	0,010223	1,313	0,017	5,37564E-07	0,00320673
4	Dolní stěna proti	0,017	0,383	0,006511	0,3270	0,002129	0,3450	0,002246	0,383	0,017	1,56807E-07	7,9591E-05
5	Hrad.plech - dolní lem	0,020	0,134	0,002676	0,2290	0,000613	0,1030	0,000276	0,020	0,134	3,99224E-06	8,92E-08
6	Hrad.plech - dolní šikmá	0,020	0,159	0,003180	0,1800	0,000572	0,2320	0,000738	0,020	0,159	6,69947E-06	1,06E-07
7	Hrad.plech - svislá	0,020	1,704	0,034080	0,1310	0,004464	1,1470	0,039090	0,020	1,704	0,008246269	1,136E-06
8	Hrad.plech - horní šikmá	0,020	0,372	0,007434	0,2620	0,001948	2,1300	0,015834	0,020	0,372	8,55907E-05	2,478E-07
9	Hrad.plech - výztuha 1	0,020	0,200	0,004000	0,2410	0,000964	1,7000	0,006800	0,200	0,020	1,33333E-07	1,3333E-05
10	Hrad.plech - výztuha 2	0,020	0,200	0,004000	0,2410	0,000964	1,2000	0,004800	0,200	0,020	1,33333E-07	1,3333E-05
11	Hrad.plech - výztuha 3	0,020	0,200	0,004000	0,2410	0,000964	0,7000	0,002800	0,200	0,020	1,33333E-07	1,3333E-05
12	Horní stěna - výztuha	0,016	0,100	0,001600	1,0189	0,001630	1,7680	0,002829	0,016	0,100	1,33333E-06	3,4133E-08
13	Dosed - zadní stěna	0,016	0,161	0,002568	0,6707	0,001722	0,2279	0,000585	0,016	0,161	5,51269E-06	5,4784E-08
14	Nosič - zadní stěna	0,014	0,143	0,002002	0,5070	0,001015	0,0680	0,000136	0,014	0,143	3,41157E-06	3,2699E-08
15	Nosič - střední stěna	0,016	0,120	0,001920	0,4110	0,000789	0,0760	0,000146	0,016	0,120	0,000002304	4,096E-08
16	Nosič - horní stěna	0,014	0,275	0,003850	0,3770	0,001451	0,1430	0,000551	0,275	0,014	6,28833E-08	2,4263E-05

0,158354

0,803

0,127170

1,092

0,172989

1266,832 kg/bm

$$I_u = I_x \cdot \cos^2 \alpha + I_y \cdot \sin^2 \alpha - D_{xy} \cdot \sin 2\alpha$$

$$I_v = I_x \cdot \sin^2 \alpha + I_y \cdot \cos^2 \alpha + D_{xy} \cdot \sin 2\alpha$$

$$D_{uv} = \frac{1}{2} (I_x - I_y) \sin 2\alpha + D_{xy} \cdot \cos 2\alpha$$

plocha průřezu

A **0,158354** [m²]

poloha těžiště - x_t

x_t **0,803** [m]

poloha těžiště - y_t

y_t **1,092** [m]

Moment setrvačnosti k ose x_t

I_{xt} **0,065645** [m⁴]

e_{x(k x)}

1,092

[m]

W_x

0,0601149 [m³]

Moment setrvačnosti k ose y_t

I_{yt} **0,069271** [m⁴]

e_{y(ky)}

1,013

[m]

W_y

0,0683818 [m³]

Deviační moment

D_{xyt} **0,002466** [m⁴]

Úhel natočení hlavních os

α₀ **0,468454** [rad]

26,84046

[°]

Hl.centrální momenty setrvačnosti

I_{xc} **0,064398** [m⁴]

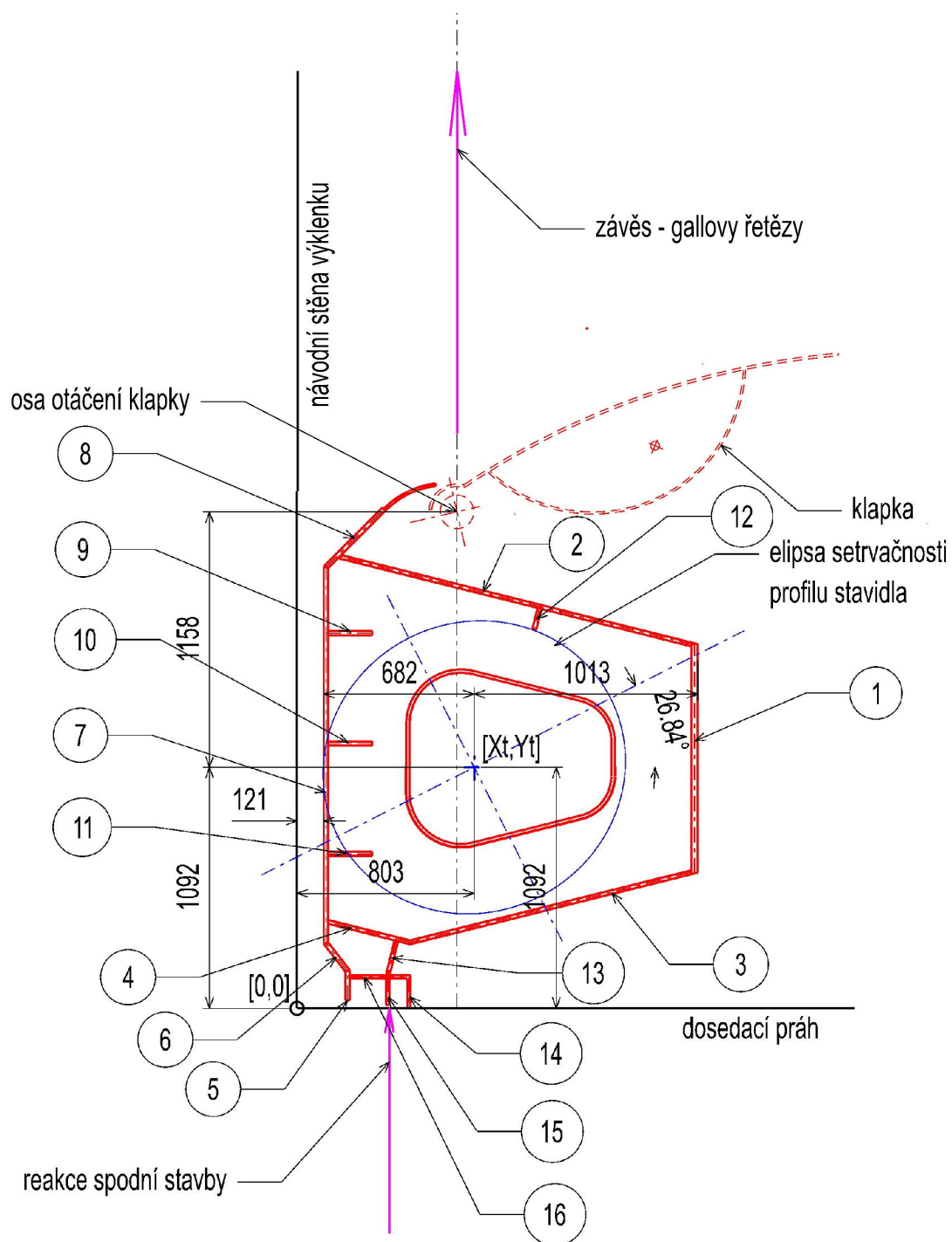
I_{yc} **0,070519** [m⁴]

Poloměry hl.os elipsy setrv.

i_{xc} 0,637706 [m]

i_{xyc} 0,661394 [m]

D_{xy00} [m ⁴]	α [°]	α [rad]	I_{x0} [m ⁴]	I_{y0} [m ⁴]	D_{xy0} [m ⁴]	x_t [m]	I_{xt} [m ⁴]	y_t [m]	I_{yt} [m ⁴]	D_{xyt} [m ⁴]	popis	č
0	0	0	0,002742	2,12E-06	0	-0,9989	0,002791828	-0,0406	0,030184	0,001226	Zadní stěna	1
0	14,0211	0,24471	0,000371	0,005936	-0,00148	-0,1899	0,016315023	-0,7551	0,006945	0,002528	Horní stěna	2
0	-14	-0,2443	0,000188	0,003019	0,000753	-0,3469	0,009172071	0,6344	0,005706	-0,00416	Dolní stěna po	3
0	14	0,24435	4,81E-06	7,49E-05	-1,9E-05	0,4761	0,003642067	0,7474	0,001551	0,002298	Dolní stěna proti	4
0	0	0	3,99E-06	8,92E-08	0	0,5741	0,002623656	0,9894	0,000882	0,00152	Hrad.plech - dolní lem	5
0	-52	-0,9076	2,61E-06	4,2E-06	-3,2E-06	0,6231	0,002356819	0,8604	0,001239	0,001702	Hrad.plech - dolní šikmá	6
0	0	0	0,008246	1,14E-06	0	0,6721	0,008347801	-0,0546	0,015395	-0,00125	Hrad.plech - svislá	7
0	45	0,7854	4,29E-05	4,29E-05	4,27E-05	0,5411	0,008046192	-1,0376	0,002219	-0,00413	Hrad.plech - horní šikmá	8
0	0	0	1,33E-07	1,33E-05	0	0,5621	0,001476758	-0,6076	0,001277	-0,00137	Hrad.plech - výztuha 1	9
0	0	0	1,33E-07	1,33E-05	0	0,5621	4,64291E-05	-0,1076	0,001277	-0,00024	Hrad.plech - výztuha 2	10
0	0	0	1,33E-07	1,33E-05	0	0,5621	0,0006161	0,3924	0,001277	0,000882	Hrad.plech - výztuha 3	11
0	75,979	1,32608	1,1E-07	1,26E-06	3,05E-07	-0,2158	0,000730369	-0,6756	7,58E-05	0,000234	Horní stěna - výztuha	12
0	76	1,32645	3,74E-07	5,19E-06	1,28E-06	0,1324	0,001919674	0,8645	5,02E-05	0,000295	Dosed - zadní stěna	13
0	0	0	3,41E-06	3,27E-08	0	0,2961	0,002104374	1,0244	0,000176	0,000607	Nosič - zadní stěna	14
0	0	0	2,3E-06	4,1E-08	0	0,3921	0,001985866	1,0164	0,000295	0,000765	Nosič - střední stěna	15
0	0	0	6,29E-08	2,43E-05	0	0,4261	0,00347043	0,9494	0,000723	0,001557	Nosič - horní stěna	16
							0,065645457		0,069271	0,002466		



VD Hradištko

Stanovení průřezových charakteristik navrženého profilu

Schematizace příčného profilu hlavního nosníku stavidla v kritickém profilu

měří: 1:25

D.3.1.1. Zatěžovací stavy

V návaznosti na výše popsanou funkci stavidla bylo zkoumáno 7 zatěžovacích stavů, které by mohly při provozu nastat.

Zatěžovací stav 1.

Jedná se o běžný provozní stav při provozní hladině na kótě 177,64 m n.m. (provozní hladina + 5 cm, $H = 3,65$ m). Stavidlo je položeno na spodní stavbě a klapka je v maximální vztyčené poloze s úrovní hrany na kótě 177,64 m n.m. Voda nepřepadá, konstrukce je zatížena hydrostatickým tlakem. Vliv dolní vody s nominální hladinou VD Lysá nad Labem na kótě 174,69 m n.m. není uvažován

Zatěžovací stav 2.

Jedná se o stav předpokládající maximální zatížení konstrukce stavidla vodním tlakem při horní hladině na kótě 178,04 m n.m. tj. provozní hladina +20 cm (tolerance hladiny) +25 cm (bezpečnostní marže) - $H = 4,05$ m. Stavidlo je položeno na spodní stavbě a klapka je v maximální vztyčené poloze s úrovní hrany na kótě 177,64 m n.m. Voda přepadá, konstrukce je zatížena jak hydrostatickým tak hydrodynamickým tlakem. Vliv dolní vody není uvažován.

Zatěžovací stav 3.

Jedná se o stav kdy je maximálně zatížen závěs klapky. Horní voda je na provozní hladině, kótě 177,64 m n.m. ($H = 3,65$ m). Stavidlo je položeno na spodní stavbě a klapka je nakloněna po vodě o cca 0,2 H v poloze, kdy je předpokládáno maximální zatížení od hydrostatického a hydrodynamického tlaku v závěsech (řetězy). Voda přepadá, konstrukce je zatížena hydrostatickým i hydrodynamickým tlakem. Vliv dolní vody není uvažován.

Zatěžovací stav 4.

Jedná se o zatěžovací stav, při kterém je již klapka plně sklopená, avšak dosud zavěšená na řetězech, nikoliv na opěrných dorazech stavidla. Stavidlo je položeno na spodní stavbě. Horní voda je na kótě 177,64 m n.m. V tomto zatěžovacím stavu dochází k odlehčení konstrukce při dosedání, resp. zvedání klapky z dorazů na stavidle. Síly gravitační by měly s dostatečnou rezervou převyšovat síly vztlakové. Voda přepadá přes klapku minimálně zatěžovanou hydrodynamickými tlaky proudící vody.

Zatěžovací stav 5.

Jedná se o zatěžovací stav kdy je klapka položená a sklopená na stavidle a stavidlo leží na spodní stavbě. Horní voda je na kótě 177,64 m n.m. Zatížení klapky je přenášeno čepy a dosedy na stavidle.

Zatěžovací stav 6.

Stavidlo je právě nadzvednuto ze spodní stavby na gallových řetězech. Klapka je sklopená a opřena o stavidlo. Hladina vody je na kótě 177,64 m n.m., voda přepadá, vliv spodní vody není uvažován. V tomto zatěžovacím stavu je vyšetřována zdvihová síla hradící konstrukce.

Zatěžovací stav 7.

Stavidlo se sklopenou klapkou je zavěšeno na řetězech nad vodou a je zatíženo pouze vlastní vahou konstrukce stavidla a nasazené klapky. Není nadlehčováno vodou.

Výpočty pro jednotlivé zatěžovací stavy:

Nasazená klapka - stanovení zatížení stavidla od nasazené klapky

Zatěžovací stav 1. - klapka vztyčená, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), voda nepřepadá

Zatížení:

1 $v=$	11,56 kN/m		Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamický) na 1 bm
α	51,5769 °	0,90019 rad	směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
v_x	9,06 kN/m		Horizontální složka vodního tlaku
v_y	7,18 kN/m		Vertikální složka vodního tlaku
2 $G_k=$	5,11 kN/m		Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

$l=$	1,686 m		délka mezi oporami (délka nosníku)
$l_v=$	0,947 m		vzdálenost působíště vodního tlaku od levé podpory
$l_G=$	0,674 m		vzdálenost působíště vlastní tíhy od levé podpory
β	5,1974 °	0,09071 rad	směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Výpočet reakcí na 1 bm:

R_x	-8,50 kN		Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_y	6,22 kN		Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_k	10,53 kN		Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
ρ	126,17 °	2,20202 rad	směrník reakce od jižniku
T_y	6,08 kN		Reakce náhradního nosníku (vodorovná složka náhradního tahu)
T_x	-0,55 kN		Vodorovná složka tahu
T	6,10 kN		Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
β	174,803 °	3,05088 rad	směrník reakce od jižniku
R_{ky}	6,22 kN		Momentová kontrola k bodu T

Výpočet celkového zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	23,64 m		šířka klapky
V	273,30 kN		Celkové zatížení vodním tlakem
V_x	214,12 kN		Vodorovné zatížení vodním tlakem
V_y	169,85 kN		Svislé zatížení vodním tlakem
R_c	249,03 kN		Celkové zatížení v ose klapky
R_{cx}	201,05 kN		Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
R_{cy}	146,96 kN		Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
T	144,29 kN		Tah přenášený řetězy klapky
$1/2T$	72,14 kN		Zatížení jednoho článkového řetězu

Zatěžovací stav 2. - klapka vztyčená, hladina na kótě 178.04 m n.m. (H=4.05 m)

Zatížení:

1 $V=$	16,99 kN/m		Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamický) na 1 bm
α	51,5769 °	0,90019 rad	směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
V_x	13,31 kN/m		Horizontální složka vodního tlaku
V_y	10,56 kN/m		Vertikální složka vodního tlaku
2 $G_k=$	5,11 kN/m		Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

$l=$	1,686 m		délka mezi oporami (délka nosníku)
$l_v=$	1,04 m		vzdálenost působíště vodního tlaku od levé podpory
$l_G=$	0,674 m		vzdálenost působíště vlastní tíhy od levé podpory
β	5,1974 °	0,09071 rad	směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Výpočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	-12,53 kN		Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_{ky}	7,11 kN		Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_k	14,41 kN		Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
ρ	119,58 °	2,08702 rad	směrník reakce od jižniku
T_y	8,56 kN		Reakce náhradního nosníku (svislá složka náhradního tahu)
T_x	-0,78 kN		Vodorovná složka tahu
T	8,59 kN		Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
β	174,803 °	3,05088 rad	směrník reakce od jižniku
R_{ky}	7,11 kN		Momentová kontrola k boru T

Výpočet zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	23,64 m		šířka klapky
V	401,64 kN		Celkové zatížení vodním tlakem
V_x	314,66 kN		Vodorovné zatížení vodním tlakem
V_y	249,61 kN		Svislé zatížení vodním tlakem
R_c	340,66 kN		Celkové zatížení v ose klapky
R_{cx}	296,27 kN		Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
R_{cy}	168,15 kN		Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
T	203,10 kN		Tah přenášený řetězy klapky
$1/2T$	101,55 kN		Jeden článkový řetěz

Zatěžovací stav 3. - klapka v mezipoloze (-25.874°), hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m)

Zatížení:

1 V=	14,29 kN/m		Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
α	23,6314 °	0,41245 rad	směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
V_x	5,73 kN/m		Horizontální složka vodního tlaku
V_y	13,09 kN/m		Vertikální složka vodního tlaku
2 G_k =	5,11 kN/m		Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

l =	1,505 m		délka mezi oporami (délka nosníku)
l_V =	0,774 m		vzdálenost působíště vodního tlaku od levé podpory
l_G =	0,895 m		vzdálenost působíště vlastní tíhy od levé podpory
β	3,9684 °	0,06926 rad	směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Výpočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	-5,05 kN		Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_{ky}	8,43 kN		Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_k	9,83 kN		Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
ρ	149,07 °	2,60185 rad	směrník reakce od jižníku
T_y	9,77 kN		Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
T_x	-0,68 kN		Vodorovná složka tahu
T	9,80 kN		Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
β	176,032 °	3,07233 rad	směrník reakce od jižníku
R_{ky}	8,43 kN		Momentová kontrola k boru T

Výpočet zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	23,64 m		šířka klapky
V	337,82 kN		Celkové zatížení vodním tlakem
V_x	135,41 kN		Vodorovné zatížení vodním tlakem
V_y	309,49 kN		Svislé zatížení vodním tlakem
R_c	232,31 kN		Celkové zatížení v ose klapky
R_{cx}	119,39 kN		Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
R_{cy}	199,28 kN		Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
T	231,56 kN		Tah přenášený řetězy klapky
1/2T	115,78 kN		Jeden článkový řetěz

Zatěžovací stav 4. - klapka položena (-59.722°), hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), zavěšena na řetězech

Zatížení:

1 V=	3,973 kN/m		Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
α	-8,0607 °	-0,1407 rad	směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
V_x	-0,56 kN/m		Horizontální složka vodního tlaku
V_y	3,93 kN/m		Vertikální složka vodního tlaku
2 G_k =	5,11 kN/m		Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

l =	0,809 m		délka mezi oporami (délka nosníku)
l_V =	0,587 m		vzdálenost působíště vodního tlaku od levé podpory
l_G =	0,913 m		vzdálenost působíště vlastní tíhy od levé podpory
β	0,817 °	0,01426 rad	směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Výpočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	0,68 kN		Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_{ky}	0,42 kN		Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_k	0,80 kN		Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
ρ	238,14 °	4,1564 rad	směrník reakce od jižníku
T_y	8,62 kN		Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
T_x	-0,12 kN		Vodorovná složka tahu
T	8,62 kN		Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
β	179,183 °	3,12733 rad	směrník reakce od jižníku
R_{ky}	0,42 kN		Momentová kontrola k boru T

Výpočet zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	23,64 m		šířka klapky
V	93,92 kN		Celkové zatížení vodním tlakem
V_x	-13,17 kN		Vodorovné zatížení vodním tlakem
V_y	92,99 kN		Svislé zatížení vodním tlakem
R_c	18,93 kN		Celkové zatížení v ose klapky
R_{cx}	-16,08 kN		Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
R_{cy}	9,99 kN		Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
T	203,83 kN		Tah přenášený řetězy klapky
1/2T	101,91 kN		Jeden článkový řetěz

Zatěžovací stav 5. - klapka položena (-59.722°), hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), položena na stavidle

Zatížení:

1 V=	3,973 kN/m		Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
α	-8,0607 °	-0,1407 rad	směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
V _x	-0,56 kN/m		Horizontální složka vodního tlaku
V _y	3,93 kN/m		Vertikální složka vodního tlaku
2 G _k =	5,11 kN/m		Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou vahou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

l=	0,989 m		délka mezi oporami (délka nosníku)
l _v =	0,587 m		vzdálenost působistě vodního tlaku od levé podpory
l _G =	0,913 m		vzdálenost působistě vlastní tíhy od levé podpory
β	-12,56 °	-0,2192 rad	směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Výpočet reakcí na 1 bm:

R _{kx}	-1,01 kN		Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R _{ky}	1,99 kN		Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R _k	2,23 kN		Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
ρ	153,02 °	2,67066 rad	směrník reakce od jižníku
T _y	7,05 kN		Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
T _x	1,57 kN		Vodorovná složka tahu
T	7,23 kN		Tlaková síla do opěrek na stavidle
β	192,56 °	3,3608 rad	směrník reakce od jižníku
R _{ky}	1,99 kN		Momentová kontrola k boru T

Výpočet zatížení stavidla

b	23,64 m		šířka klapky
V	93,92 kN		Celkové zatížení vodním tlakem
V _x	-13,17 kN		Vodorovné zatížení vodním tlakem
V _y	92,99 kN		Svislé zatížení vodním tlakem
R _c	52,83 kN		Celkové zatížení v ose klapky
R _{cx}	23,97 kN		Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
R _{cy}	47,08 kN		Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
T	170,80 kN		Tlak na opěrky na stavidle

Souhrnná tabulka reakcí nasazené klapky

Zatěžovací stavy

č.	reakce	jedn.	1	2	3	4	5
1	R _k	kN/bm	10,53	14,41	9,83	0,80	2,23
2	R _{kx}	kN/bm	-8,50	-12,53	-5,05	0,68	-1,01
3	R _{ky}	kN/bm	6,22	7,11	8,43	0,42	1,99
4	T	kN/bm	6,10	8,59	9,80	8,62	7,23
5	T _x	kN/bm	-0,55	-0,68	-0,68	-0,12	1,57
6	T _y	kN/bm	6,08	9,77	9,77	8,62	7,05

Výslednice reakce v čepu
Vodorovná reakce čepu
Svislá reakce čepu
Výslednice závěsu/opěry
Vodorovná reakce závěsu/opěrky
Svislá reakce závěsu/opěrky

Stavidlo - stanovení zatížení pro jednotlivé zatěžovací stavy

Konstanty:

1 $\rho =$	1000 kg/m ³	Hustota vody
2 $g =$	9,81 ms ⁻²	tíhové zrychlení
3 $g_s =$	15 kN/bm	tíha stavidla na 1 bm

Zatěžovací stav 1. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m)

klapka vztyčená, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), voda nepřepadá

Zatížení:

1 $V_x =$	57,43559 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	0,998 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1,270 m	hloubka menší
$p_h =$	12,459 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	3,650 m	hloubka větší
$p_d =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,000 m	šířka obrazce
$v_v =$	2,380 m	výška obrazce
$e_h =$	1,382 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,998 m	excentricita působíště síly dolní
2 $V_{yvz1} =$	3,288881 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,049 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	3,358 m	hloubka menší
$p_h =$	32,942 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	3,484 m	hloubka větší
$p_d =$	34,178 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,098 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,049 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,049 m	excentricita působíště síly dolní
3 $V_{yvz2} =$	7,1613 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,198 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	3,650 m	hloubka menší
$p_h =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	3,650 m	hloubka větší
$p_d =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,200 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,100 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,100 m	excentricita působíště síly dolní
4 $V_{yhl1} =$	3,950722 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,129 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1,381 m	hloubka menší
$p_h =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	1,647 m	hloubka větší
$p_d =$	16,157 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,266 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,137 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,129 m	excentricita působíště síly dolní
5 $V_{yhl2} =$	4,066167 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,420 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1,276 m	hloubka menší
$p_h =$	12,518 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	1,381 m	hloubka větší
$p_d =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,312 m	šířka obrazce

$V_v=$	0,000 m	výška obrazce
$e_h=$	0,158 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,154 m	excentricita působíště síly dolní

Výslednice zatížení stavidla

	F_x	r_y	M_k	F_y	r_x	M_y
	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m]	[kNm]
1 V_x	57,43559	0,998	57,32741			
2 V_{yvz1}				-3,28888	0,049	-0,16214
3 V_{yvz2}				-7,1613	0,198	-1,41794
4 V_{yH1}				3,950722	0,129	0,51006
5 V_{yH2}				4,066167	0,420	1,707567
6 G				17,95	0,682	12,2419
7 R_{kx}	8,50	2,25	19,13341			
8 R_{ky}				6,22	0,604	3,754539
	65,93933	1,159563	76,46082	21,73283	0,765385	16,63398
R_s	69,43 kN/m		1,341 m			Výslednice zatížení stavidla
R_n	65,94 kN/m					Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	21,73 kN/m					Vertikální složka (práh)
T	6,10 kN/m					Tah na řetězech kladky
ϕ	-0,31838 rad		-18,242 °			sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	6,35 kNm/m		0,091 m			Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 2. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 178.04 m n.m. (H=4.05 m)

klapka vztyčená, hladina na kótě 178.04 m n.m. ($v=4.05$ m), voda přepadá $h=0.4$ m (hydrodynamický tlak)

Zatížení:

1 $V_x=$	66,77471 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od lince stavidla
$r_y=$	1,025 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	1,670 m	hloubka menší
$p_h=$	16,383 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	4,050 m	hloubka větší
$p_d=$	39,731 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,000 m	šířka obrazce
$V_v=$	2,380 m	výška obrazce
$e_h=$	1,355 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	1,025 m	excentricita působíště síly dolní
2 $V_{yvz1}=$	3,673433 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,049 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od lince stavidla
$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	3,758 m	hloubka menší
$p_h=$	36,866 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	3,884 m	hloubka větší
$p_d=$	38,102 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,098 m	šířka obrazce
$V_v=$	0,000 m	výška obrazce
$e_h=$	0,049 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,049 m	excentricita působíště síly dolní
3 $V_{yvz2}=$	7,9461 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,198 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od lince stavidla
$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	4,050 m	hloubka menší
$p_h=$	39,731 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	4,050 m	hloubka větší
$p_d=$	39,731 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,200 m	šířka obrazce
$V_v=$	0,000 m	výška obrazce
$e_h=$	0,100 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,100 m	excentricita působíště síly dolní
4 $V_{yH1}=$	4,994506 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,130 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od lince stavidla
$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		

$h_h=$	1,781 m	hloubka menší
$p_h=$	17,472 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	2,047 m	hloubka větší
$p_d=$	20,081 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,266 m	šířka obrazce
$v_v=$	0,000 m	výška obrazce
$e_h=$	0,136 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,130 m	excentricita působíště síly dolní
5 $V_{yH2}=$	5,290455 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,420 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	1,676 m	hloubka menší
$p_h=$	16,442 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	1,781 m	hloubka větší
$p_d=$	17,472 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,312 m	šířka obrazce
$v_v=$	0,000 m	výška obrazce
$e_h=$	0,158 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,154 m	excentricita působíště síly dolní

Výslednice zatížení stavidla

	F_x	r_y	M_k	F_y	r_x	M_y
	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m]	[kNm]
1 V_x	66,77471	1,025	68,44096			
2 V_{yV21}				-3,67343	0,049	-0,18099
3 V_{yV22}				-7,9461	0,198	-1,57333
4 V_{yH1}				4,994506	0,130	0,648883
5 V_{yH2}				5,290455	0,420	2,224216
6 G				17,95	0,682	12,2419
7 R_{kx}	12,53	2,25	28,198			
8 R_{ky}				7,11	0,604	4,296145
	79,30715	1,21854	96,63896	23,72825	0,744127	17,65683
R_s	82,78 kN/m		1,381 m			Výslednice zatížení stavidla
R_h	79,31 kN/m					Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	23,73 kN/m					Vertikální složka (práh)
T	8,59 kN/m					Tah na řetězech kladky
ϕ	-0,29072 rad		-16,657 °			sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	11,59 kNm/m		0,140 m			Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 3. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m)

klapka v mezipoloze (-25,874°), hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), voda přepadá s h= 0.68 m

Zatížení:

1 $V_x=$	57,43559 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y=$	0,998 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	1,270 m	hloubka menší
$p_h=$	12,459 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	3,650 m	hloubka větší
$p_d=$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,000 m	šířka obrazce
$v_v=$	2,380 m	výška obrazce
$e_h=$	1,382 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,998 m	excentricita působíště síly dolní
2 $V_{yV21}=$	3,288881 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,049 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	3,358 m	hloubka menší
$p_h=$	32,942 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	3,484 m	hloubka větší
$p_d=$	34,178 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,098 m	šířka obrazce
$v_v=$	0,000 m	výška obrazce

$e_h =$	0,049 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,049 m	excentricita působíště síly dolní
3 $V_{yvz2} =$	7,1613 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,198 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	3,650 m	hloubka menší
$p_h =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	3,650 m	hloubka větší
$p_d =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,200 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,100 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,100 m	excentricita působíště síly dolní
4 $V_{ytl1} =$	3,950722 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,129 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1,381 m	hloubka menší
$p_h =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	1,647 m	hloubka větší
$p_d =$	16,157 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,266 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,137 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,129 m	excentricita působíště síly dolní
5 $V_{ytl2} =$	4,066167 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,420 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1,276 m	hloubka menší
$p_h =$	12,518 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	1,381 m	hloubka větší
$p_d =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,312 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,158 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,154 m	excentricita působíště síly dolní

Výslednice zatížení stavidla

	F_x	r_y	M_k	F_y	r_x	M_y
	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m]	[kNm]
1 V_x	57,43559	0,998	57,32741			
2 V_{yvz1}				-3,28888	0,049	-0,16214
3 V_{yvz2}				-7,1613	0,198	-1,41794
4 V_{ytl1}				3,950722	0,129	0,51006
5 V_{ytl2}				4,066167	0,420	1,707567
6 G				17,95	0,682	12,2419
7 R_{kx}	5,05	2,25	11,36312			
8 R_{ky}				8,43	0,604	5,091709
	62,48586	1,099297	68,69053	23,94669	0,750465	17,97115

R_s	66,92 kN/m	1,295 m	Výslednice zatížení stavidla
R_h	62,49 kN/m		Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	23,95 kN/m		Vertikální složka (práh)
ϕ	-0,36597 rad	-20,969 °	sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	2,07 kNm/m	0,031 m	Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 4. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m)
klapka sklopená (-59,722°), ještě zavěšena na řetězech, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), voda přepadá

Zatížení:

1	$V_x =$	57,43559 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	0,998 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h =$	1,270 m	hloubka menší
	$p_h =$	12,459 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	3,650 m	hloubka větší
	$p_d =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0,000 m	šířka obrazce
	$v_v =$	2,380 m	výška obrazce
	$e_h =$	1,382 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0,998 m	excentricita působíště síly dolní
2	$V_{yVZ1} =$	3,288881 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0,049 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h =$	3,358 m	hloubka menší
	$p_h =$	32,942 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	3,484 m	hloubka větší
	$p_d =$	34,178 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0,098 m	šířka obrazce
	$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
	$e_h =$	0,049 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0,049 m	excentricita působíště síly dolní
3	$V_{yVZ2} =$	7,1613 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0,198 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h =$	3,650 m	hloubka menší
	$p_h =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	3,650 m	hloubka větší
	$p_d =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0,200 m	šířka obrazce
	$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
	$e_h =$	0,100 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0,100 m	excentricita působíště síly dolní
4	$V_{yH} =$	3,950722 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0,129 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h =$	1,381 m	hloubka menší
	$p_h =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	1,647 m	hloubka větší
	$p_d =$	16,157 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0,266 m	šířka obrazce
	$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
	$e_h =$	0,137 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0,129 m	excentricita působíště síly dolní
5	$V_{yH2} =$	4,066167 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0,420 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h =$	1,276 m	hloubka menší
	$p_h =$	12,518 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	1,381 m	hloubka větší
	$p_d =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0,312 m	šířka obrazce
	$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
	$e_h =$	0,158 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0,154 m	excentricita působíště síly dolní

Výslednice zatížení stavidla

	F_x	r_y	M_x	F_y	r_x	M_y
	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m]	[kNm]
1 V_x	57,43559	0,998	57,32741			
2 V_{yz1}				-3,28888	0,049	-0,16214
3 V_{yz2}				-7,1613	0,198	-1,41794
4 V_{yH1}				3,950722	0,129	0,51006
5 V_{yH2}				4,066167	0,420	1,707567
6 G				17,95	0,682	12,2419
7 R_{kx}	-0,68	2,25	-1,5301			
8 R_{ky}				0,42	0,604	0,255227
	56,75554	0,983117	55,79731	15,93927	0,824045	13,13467
R_s	58,95 kN/m		1,169 m			Výslednice zatížení stavidla
R_h	56,76 kN/m					Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	15,94 kN/m					Vertikální složka (práh)
ϕ	-0,27379 rad		-15,687 °			sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	-3,83 kNm/m		-0,065 m			Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 5. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m)

klapka sklopená (-59,722°), osazená na stavidle (opěry), hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), voda přepadá

Zatížení:

1 V_x =	57,43559 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
r_y =	0,998 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník		
h_h =	1,270 m	hloubka menší
p_h =	12,459 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	3,650 m	hloubka větší
p_d =	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0,000 m	šířka obrazce
v_v =	2,380 m	výška obrazce
e_h =	1,382 m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0,998 m	excentricita působíště síly dolní
2 V_{yz1} =	3,288881 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0,049 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
r_y =	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
h_h =	3,358 m	hloubka menší
p_h =	32,942 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	3,484 m	hloubka větší
p_d =	34,178 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0,098 m	šířka obrazce
v_v =	0,000 m	výška obrazce
e_h =	0,049 m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0,049 m	excentricita působíště síly dolní
3 V_{yz2} =	7,1613 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0,198 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
r_y =	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
h_h =	3,650 m	hloubka menší
p_h =	35,807 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	3,650 m	hloubka větší
p_d =	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0,200 m	šířka obrazce
v_v =	0,000 m	výška obrazce
e_h =	0,100 m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0,100 m	excentricita působíště síly dolní
4 V_{yH1} =	3,950722 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0,129 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
r_y =	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
h_h =	1,381 m	hloubka menší
p_h =	13,548 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	1,647 m	hloubka větší
p_d =	16,157 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0,266 m	šířka obrazce
v_v =	0,000 m	výška obrazce

$e_h=$	0,137 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,129 m	excentricita působíště síly dolní
$5 V_{y112}=$	4,066167 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,420 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	1,276 m	hloubka menší
$p_h=$	12,518 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	1,381 m	hloubka větší
$p_d=$	13,548 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,312 m	šířka obrazce
$v_v=$	0,000 m	výška obrazce
$e_h=$	0,158 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,154 m	excentricita působíště síly dolní

Výslednice zatížení stavidla

	F_x	r_y	M_x	F_y	r_x	M_y
	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m]	[kNm]
1 V_x	57,43559	0,998	57,32741			
2 V_{yv21}				-3,28888	0,049	-0,16214
3 V_{yv22}				-7,1613	0,198	-1,41794
4 V_{y11}				3,950722	0,129	0,51006
5 V_{y112}				4,066167	0,420	1,707567
6 G				17,95	0,682	12,2419
7 R_{kx}	1,01	2,25	2,281554			
8 R_{ky}				1,99	0,604	1,202947
9 T_x	-1,57	1,726	-2,71176			
10 T_y				7,05	1,474	10,39481
	56,87849	1,000329	56,8972	24,56046	0,99661	24,47721
R_s	61,95 kN/m		1,313 m			Výslednice zatížení stavidla
R_h	56,88 kN/m					Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	24,56 kN/m					Vertikální složka (práh)
ϕ	-0,40762 rad		-23,355 °			sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	2,48 kNm/m		0,040 m			Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 6. - stavidlo zavěšeno na řetězech, hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m)

klapka sklopená (-59,722°), osazená na stavidle (opěry), hladina na kótě 177.64 m n.m. (H=3.65 m), voda přepadá

Zatížení:

1 $V_x=$	57,43559 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y=$	0,998 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	1,270 m	hloubka menší
$p_h=$	12,459 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	3,650 m	hloubka větší
$p_d=$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,000 m	šířka obrazce
$v_v=$	2,380 m	výška obrazce
$e_h=$	1,382 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,998 m	excentricita působíště síly dolní
2 $V_{yv21}=$	3,288881 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,049 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h=$	3,358 m	hloubka menší
$p_h=$	32,942 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d=$	3,484 m	hloubka větší
$p_d=$	34,178 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h=$	0,098 m	šířka obrazce
$v_v=$	0,000 m	výška obrazce
$e_h=$	0,049 m	excentricita působíště síly horní
$e_d=$	0,049 m	excentricita působíště síly dolní
3 $V_{yv22}=$	7,1613 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x=$	0,198 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla

$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	3,650 m	hloubka menší
$p_h =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	3,650 m	hloubka větší
$p_d =$	35,807 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,200 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,100 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,100 m	excentricita působíště síly dolní
4 $V_{yt1} =$	3,950722 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,129 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1,381 m	hloubka menší
$p_h =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	1,647 m	hloubka větší
$p_d =$	16,157 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,266 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,137 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,129 m	excentricita působíště síly dolní
5 $V_{yt2} =$	4,066167 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0,420 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1,276 m	hloubka menší
$p_h =$	12,518 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	1,381 m	hloubka větší
$p_d =$	13,548 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0,312 m	šířka obrazce
$v_v =$	0,000 m	výška obrazce
$e_h =$	0,158 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0,154 m	excentricita působíště síly dolní

Výslednice zatížení stavidla

	F_x	r_y	M_x	F_y	r_x	M_y
	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m]	[kNm]
1 V_x	57,43559	0,998	57,32741			
2 V_{yz1}				-3,28888	0,049	-0,16214
3 V_{yz2}				-7,1613	0,198	-1,41794
4 V_{yt1}				3,950722	0,129	0,51006
5 V_{yt2}				4,066167	0,420	1,707567
6 G				17,95	0,682	12,2419
7 R_{kx}	1,01	2,25	2,281554			
8 R_{ky}				1,99	0,604	1,202947
9 T_x	1,57	1,726	2,711765			
10 T_y				7,05	1,474	10,39481
	60,02074	1,03832	62,32073	24,56046	0,99661	24,47721

R_s	64,85 kN/m	1,338 m	Výslednice zatížení stavidla
R_h	60,02 kN/m		Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	24,56 kN/m		Vertikální složka (zdvih)
ϕ	-0,38841 rad	-22,254 °	sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	4,47 kNm/m	0,069 m	Moment k těžišti profilu
T_r	319,29 kN	26 m	Výsledný tah v 1 závěsu stavidla

Zatěžovací stav 7. - stavidlo zavěšeno na řetězech nad hladinou vody

klapka sklopená (-59,722°), opřené o stavidlo

Uvažované váhy konstrukce

1 stavidlo	46680 kg	457,9308 kN
2 klapka	12090 kg	118,6029 kN
3 podvozky	2730 kg	26,7813 kN
4 těsnění , trámy	5000 kg	49,05 kN
Celkem	66500 kg	652,365 kN

l_s	26	délka stavidla
l_k	23,65	délka klapky
l_z	25,00 m	rozpětí závěsů galových řetězů

G	17,61 kN/m	náhradní rovnoměrné zatížení od váhy stavidla
G_k	5,01 kN/m	náhradní rovnoměrné zatížení od klapky

Výslednice zatížení stavidla

	F_x	r_y	M_x	F_y	r_x	M_y
	[kN]	[m]	[kNm]	[kN]	[m]	[kNm]
5 G				17,61	0,087	1,532307
7 G_k				5,01	0,911	4,568594
Gcelk				22,63	0,269622	6,100901

$G_{celk} = R_v$	22,63 kN/m		Výslednice zatížení stavidla, resp. tah v řetězech
Tr	282,85 kN	25,000 m	Výsledný tah v 1 závěsu (řetěze) stavidla
Ms	6,10 kNm/m	0,270 m	Moment výslednice Rs a tahu v řetězech.

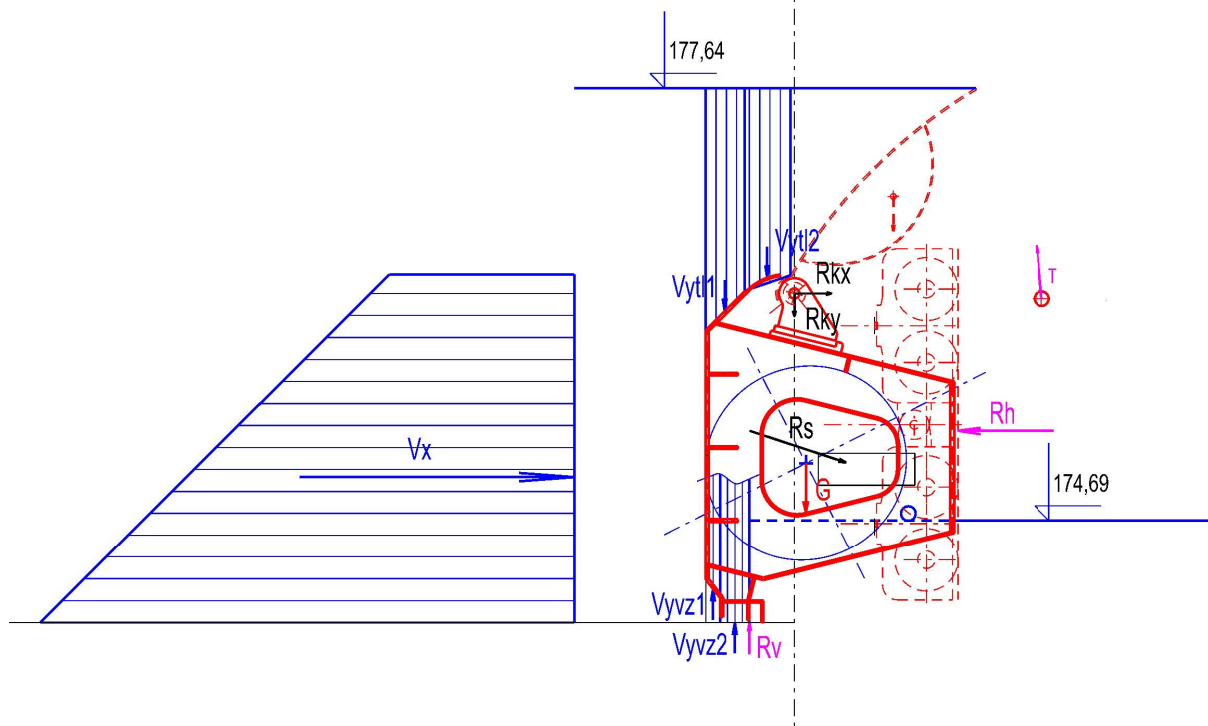
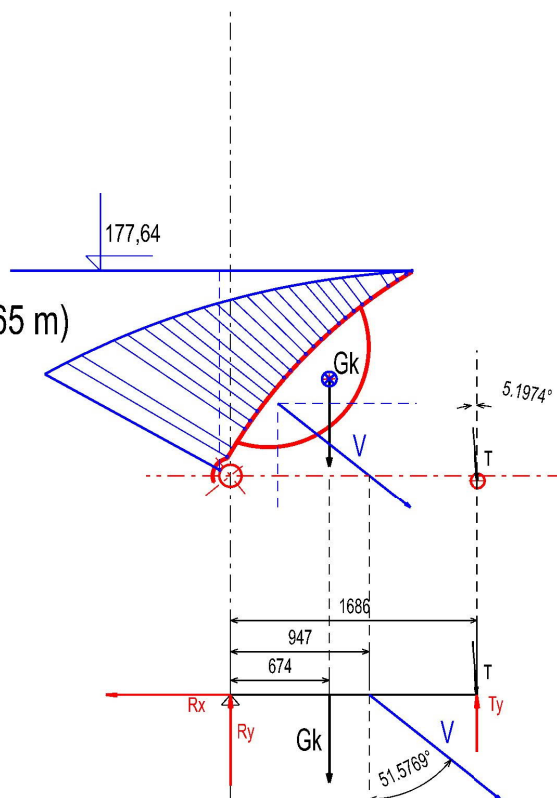
Souhrnná tabulka zatížení a reakcí stavidla

Zatěžovací stavy

č.	akce/reakce	jedn.	1	2	3	4	5	6	7	
1	R_s	kN/bm	69,43	82,78	66,92	58,95	61,95	64,85	22,63	Výslednice zatížení stavidla
2	R_h	kN/bm	65,94	79,31	62,49	56,76	56,88	60,02	0,00	Horizontální složka (opěrné kolejnice)
3	R_v	kN/bm	21,73	23,73	23,95	15,94	24,56	24,56	22,63	Vertikální složka (práh/závěs)
4	ϕ	°	-18,2416	-16,6569	-20,9685	-15,6869	-23,3550	-22,254	0	Sklon výslednice zatížení od vodorovné osy
5	Ms	kNm/bm	6,35	11,59	2,07	-3,83	2,48	4,47	6,10	Moment výslednice k těžišti základního profilu

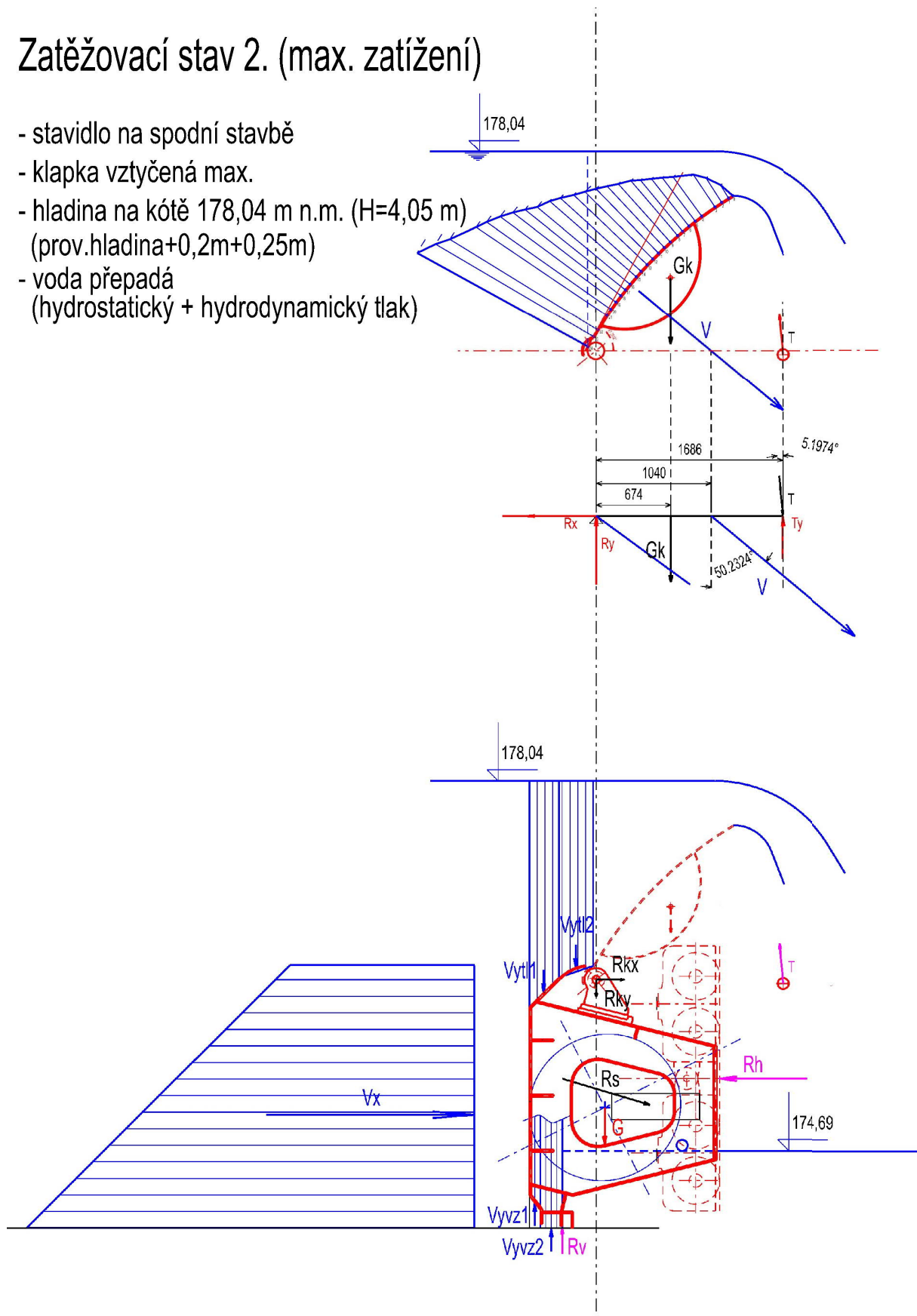
Zatěžovací stav 1.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka vztyčená max.
- hladina na kótě 177,64 m n.m. ($H=3,65$ m)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda nepřepadá (hydrostat.tlak)



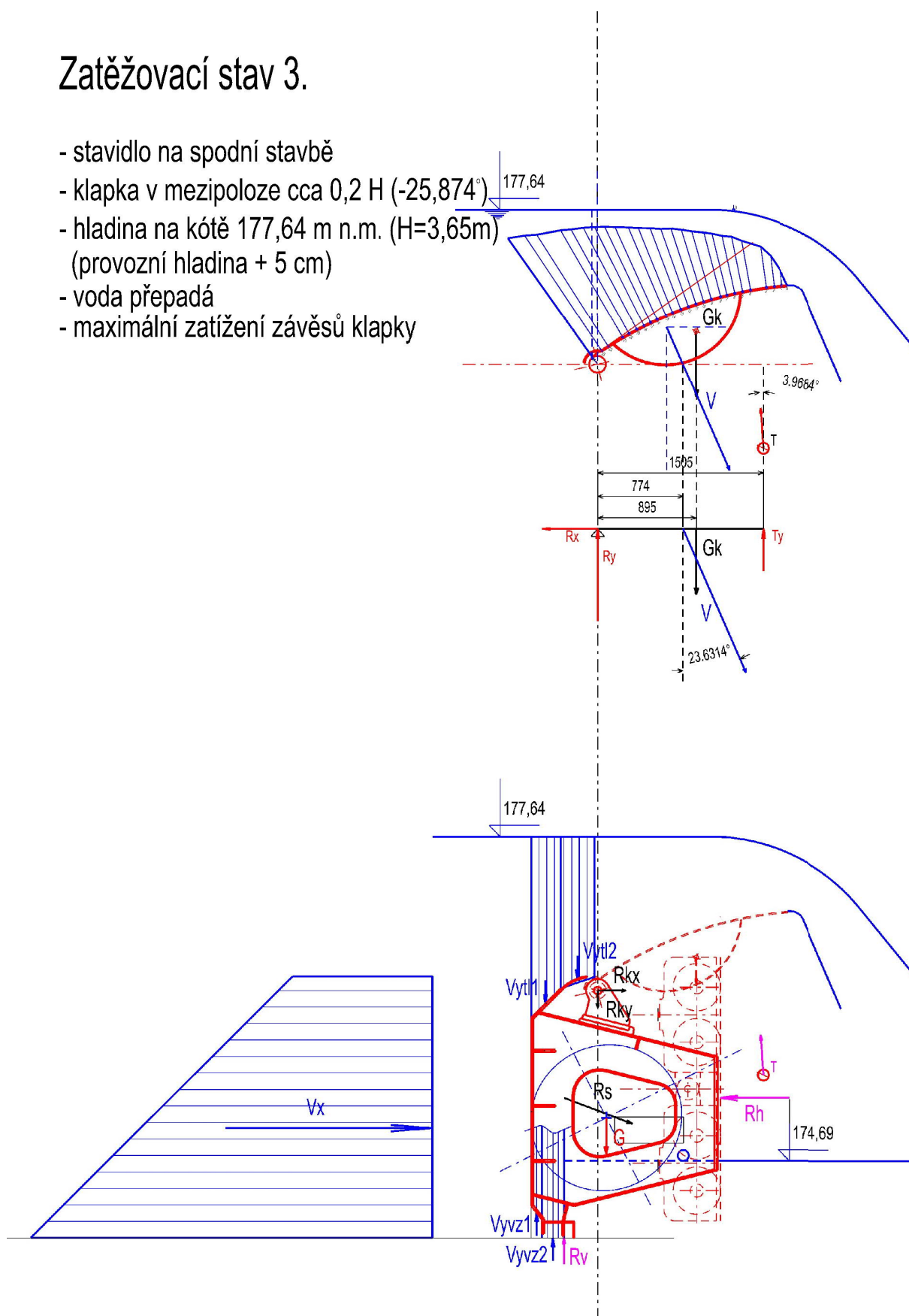
Zatěžovací stav 2. (max. zatížení)

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka vztyčená max.
- hladina na kótě 178,04 m n.m. ($H=4,05$ m)
(prov.hladina+0,2m+0,25m)
- voda přepadá
(hydrostatický + hydrodynamický tlak)



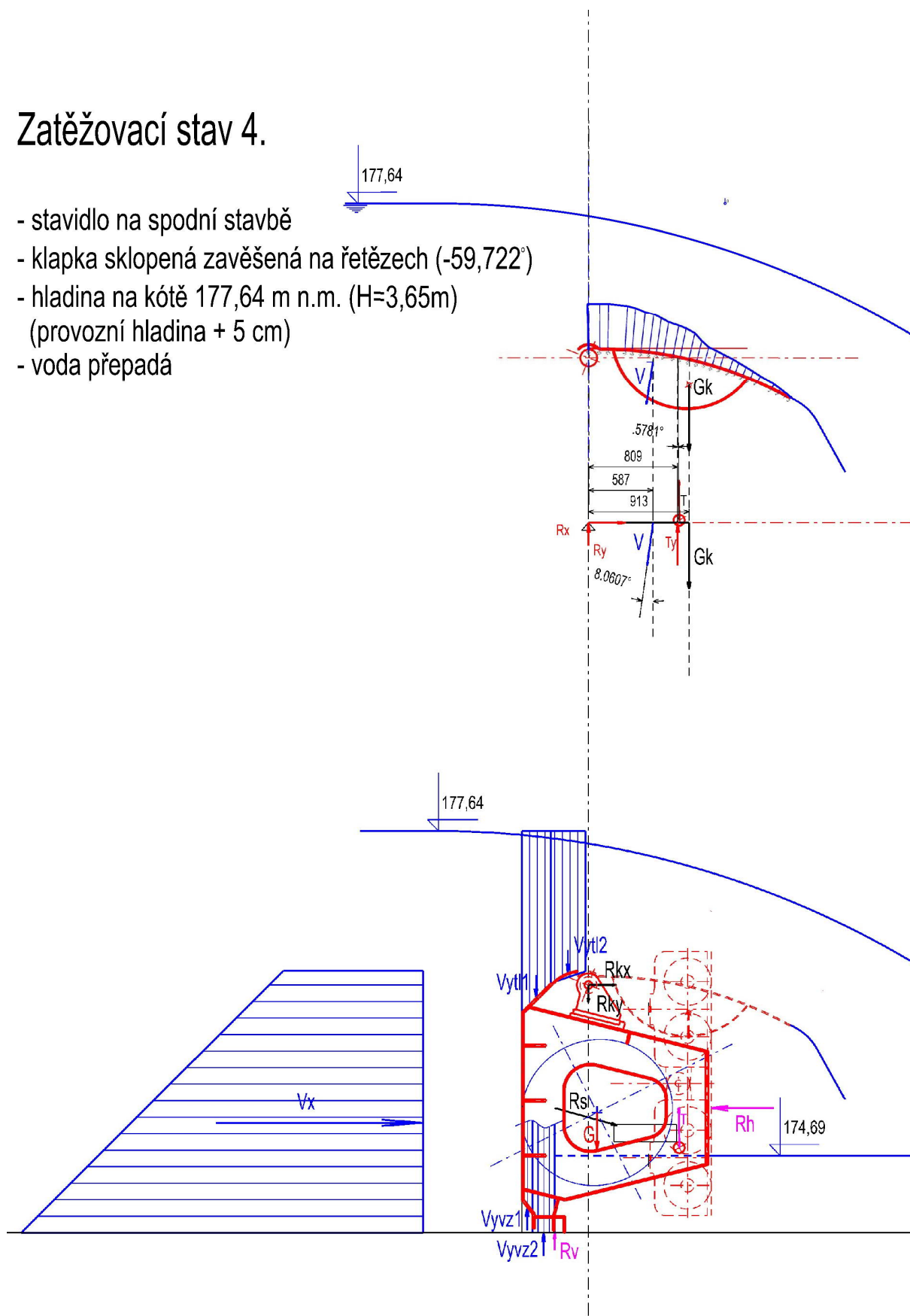
Zatěžovací stav 3.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka v mezipoloze cca $0,2 H$ ($-25,874^\circ$)
- hladina na kótě 177,64 m n.m. ($H=3,65\text{m}$)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá
- maximální zatížení závěsů klapky



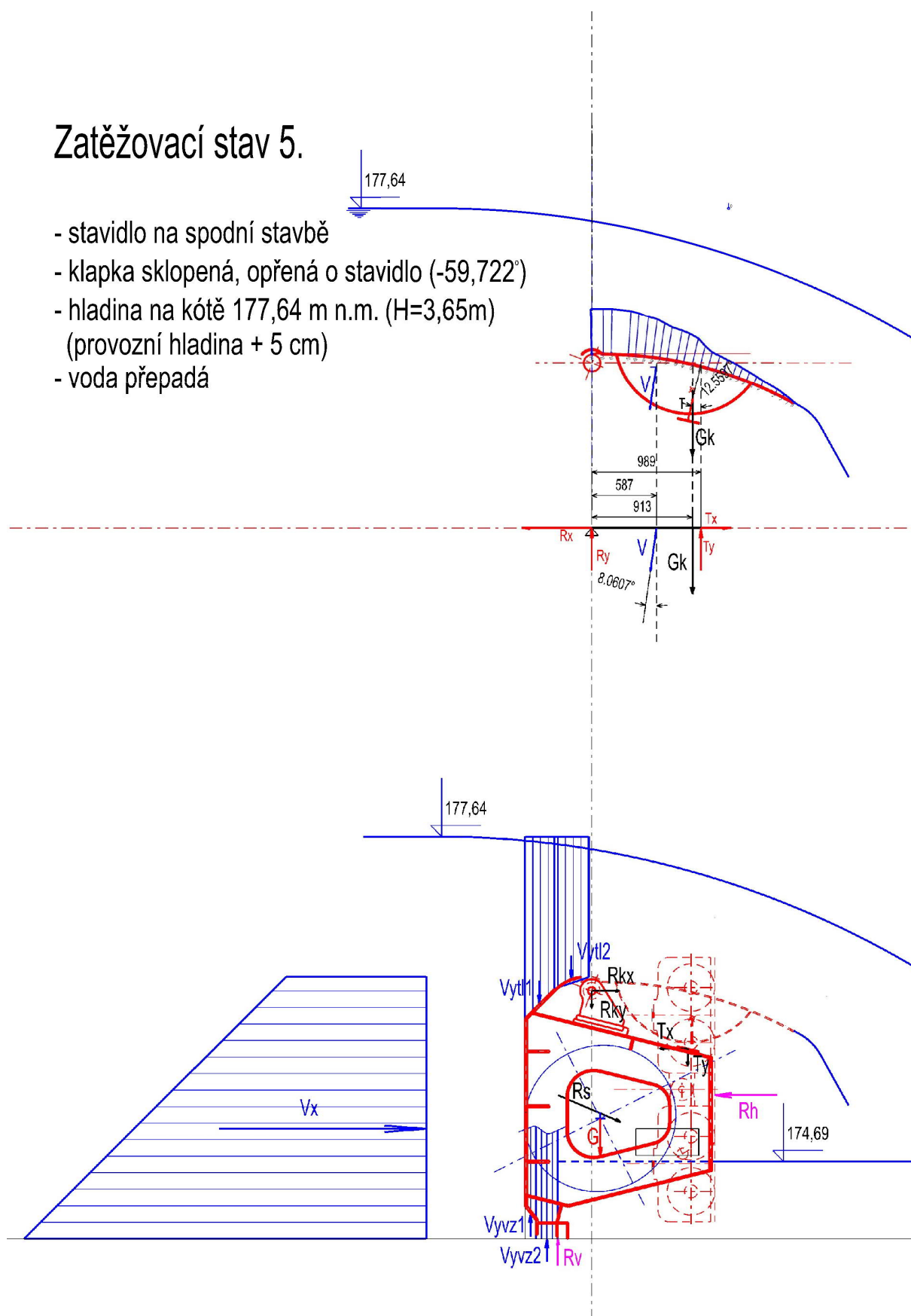
Zatěžovací stav 4.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka sklopená zavěšená na řetězech ($-59,722^\circ$)
- hladina na kótě 177,64 m n.m. ($H=3,65\text{m}$)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá



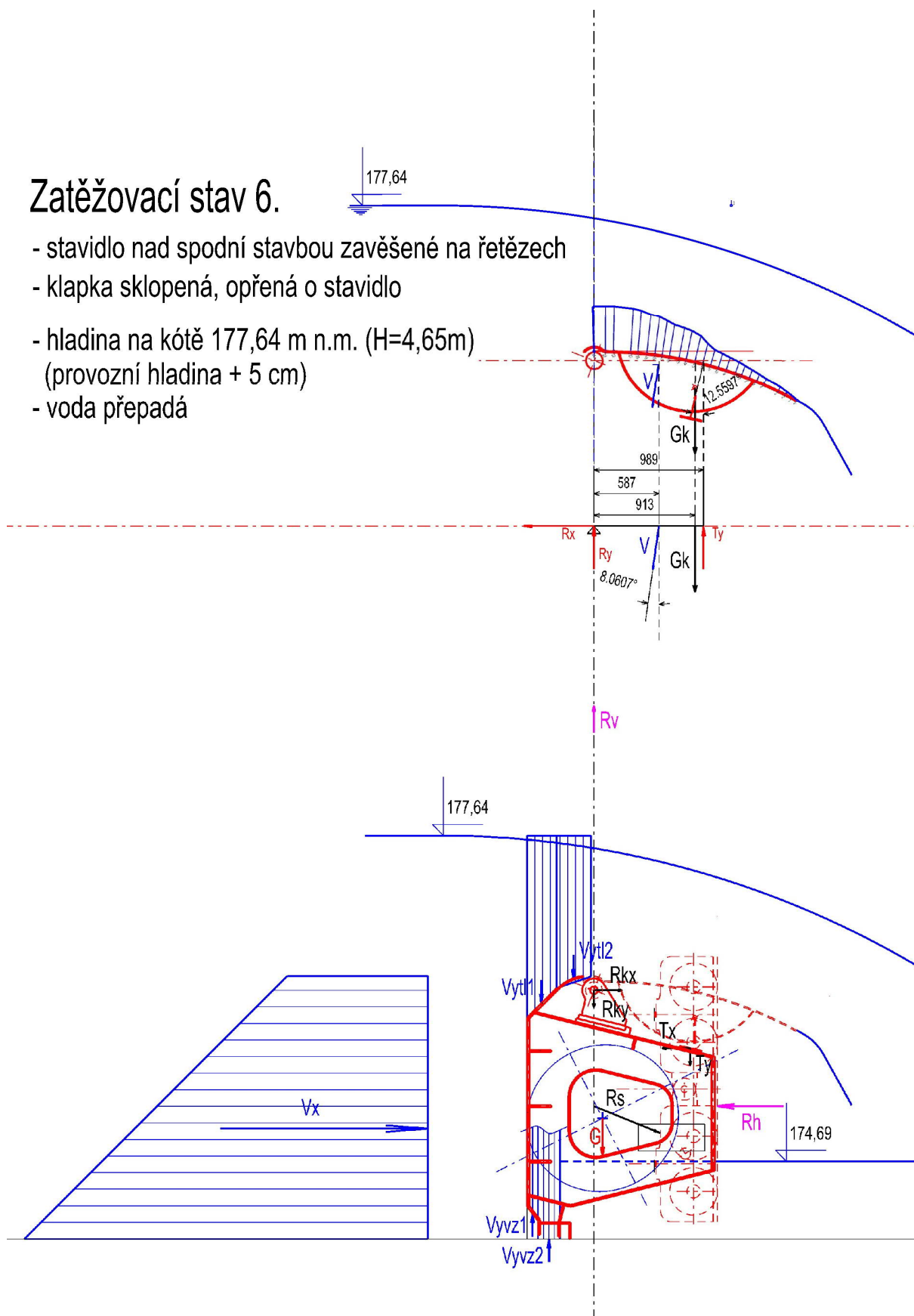
Zatěžovací stav 5.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka sklopená, opřená o stavidlo ($-59,722^\circ$)
- hladina na kótě 177,64 m n.m. ($H=3,65\text{m}$)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá



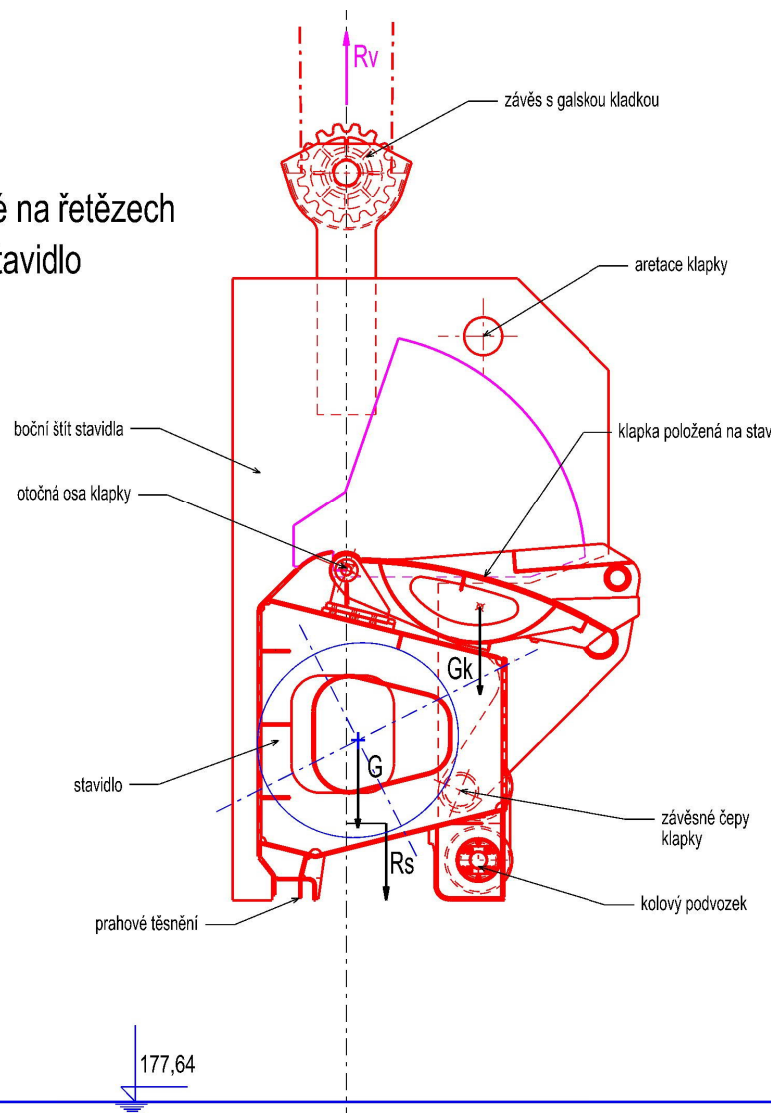
Zatěžovací stav 6.

- stavidlo nad spodní stavbou zavěšené na řetězech
- klapka sklopená, opřená o stavidlo
- hladina na kótě 177,64 m n.m. ($H=4,65\text{m}$)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá



Zatěžovací stav 7.

- stavidlo nad vodou zavěšené na řetězech
- klapka sklopená, opřená o stavidlo



D.3.2. Posouzení konstrukce

D.3.2.1. Výpočet zatížení

D.3.2.1.1. Materiály

Stavidlo, klapka i ostatní konstrukce budou svařeny z ocelových plechů tloušťky do 40 mm. Pro konstrukce vzdorující svou pevností účinkům zatížení z konstrukční oceli S355J2+N.

Charakteristické hodnoty S355J2+N

f_y	355	MPa	minimální mez kluzu
f_u	490	MPa	minimální mez pevnosti
E	210000	MPa	Youngův modul pružnosti
G	81000	MPa	Modul pružnosti ve smyku
μ	0,3		Poissonovo číslo (souč. příčné deformace)
ρ	7850	kgm ⁻³	hustota (válcované plechy až 8000 kgm ⁻³)

Pro doplňkové konstrukce lze použít běžnou konstrukční ocel S235:

Charakteristické hodnoty S235

f_y	235	MPa	minimální mez kluzu
f_u	360	MPa	minimální mez pevnosti
E	210000	MPa	Youngův modul pružnosti
G	81000	MPa	Modul pružnosti ve smyku
μ	0,3		Poissonovo číslo (souč. příčné deformace)
ρ	7850	kgm ⁻³	hustota (válcované plechy až 8000 kgm ⁻³)

D.3.2.1.2. Stanovení kritického profilu konstrukce

Při tomto zjednodušeném posouzení je stavidlo považováno za prostý nosník podepřený buď v horizontálním směru přes podvozky hlavními kolejnicemi, nebo ve vertikálním směru zavěšený na řetězech. Takto lze jako kritický profil uvažovat konstrukci stavidla uprostřed rozpětí mezi kolejnicemi, resp. závěsnými řetězy. Při dosednutí stavidla na spodní stavbu bude složka svislého zatížení průběžně přenesena do spodní stavby bez vzniku napětí od deformací.

Konstrukce je při stanovení maximálního zatěžovacího účinku zatížená vlastní váhou a vodním tlakem s tím, že nasazená klapka a její zatížení jsou nahrazeny externími přitíženími stavidla působícími v ose otáčení klapky, resp. v místě dosednutí na opěrné desky klapky. Tato externí zatížení jsou pak schematizována jako rovnoměrné, nikoliv bodové zatížení nosníku - stavidla.

D.3.2.1.3. Stanovení maximálního účinku zatížení

Součinitelé zatížení (ČSN 731404)

γ_u	0,85	součinitel podmínek působení
γ_F	1,2	součinitel spolehlivosti zatížení hydrodynamickým tlakem
ϕ	1,25	dynamický součinitel zatížení

D.3.2.1.4. Stanovení odolnosti konstrukce

Součinitel materiálu

γ_{M0} 1,15 dílčí součinitel materiálu

Při uvažování základního materiálu S355 a výše uvedených součinitelů materiál a zatížení by kombinované napětí v kritických místech navržené konstrukce nemělo překročit napětí stanovené dle následujícího vztahu:

$$\sigma \leq f_{\sigma} = \frac{f_y \cdot \gamma_u}{\gamma_{M0} \cdot \gamma_F \cdot \varphi} = 174,9 \text{ MPa}$$

D.3.2.2. Posouzení

Pro stanovení maximálního napětí v horizontálním i vertikálním směru je zanedbán vliv zatížení od vázaného kroucení s ohledem na výstřednost výslednice zatížení pouze 0,14 m. Pootočení centrálních os elipsy setrvačnosti je respektováno.

D.3.2.2.1. Maximální zatížení v horizontálním směru

Pro toto posouzení vychází největší zatížení při zatěžovacím stavu 2. při kterém stavidlo dosedá na spodní stavbu, klapka je ve vztyčené poloze a hladina nad jezem je na úrovni 4,05 m (178,04 m n.m.).

Konstrukce je uvažována jako prostý nosník zatížený horizontální složkou výslednice zatížení vodou, vlastní vahou a přitížením od nasazené klapky. Podepřena je v osách hlavních opěrných kolejnic.

l	=	26,0	m	rozpětí stavidla mezi opěrnými kolejnicemi
R_x	=	79,3	kN/bm	horizontální složka výslednice zatížení

			$P1, P2 = l \cdot R_x \cdot \frac{1}{2}$
$P1, P2$	=	1 030,1	kN reakce v opěrných kolejnicích

			$M_{max} = \frac{R_x \cdot l^2}{8}$
M_{max}		6 700,9	kNm maximální moment uprostřed rozpětí

Průřezové charakteristiky profilu

A	0,1560	m ²	plocha příčného řezu
I_{ty}	0,06927	m ⁴	Moment setrvačnosti v těžišti k ose y
e_x	1,013	m	vzdálenost
W_{ely}	0,06838	m ³	průřezový modul

			$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{ely}}$
σ_{max}		97,995	MPa maximální napětí v kritickém profilu

$\sigma_{max} = 98,00 \text{ MPa} \leq f_{\sigma} = 174,9 \text{ MPa}$
v horizontálním směru konstrukce vyhoví

Stanovení maximálního průhybu v horizontálním směru:

$$v_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{R_x \cdot l^4}{E \cdot I}$$

v_x 32,4 mm velikost vodorovné složky průhybu při max. zatížení

Při uvažování hodnoty maximálního průhybu 1/800 rozpětí což činí 32,5 mm je tento průhyb pro maximální uvažované zatížení vyhovující. Při uvažování zatěžovacího stavu č.1 (běžný provozní stav) vychází teoretický průhyb od horizontálního zatížení ($R_h = 65,9$ kN/bm) 27,0 mm.

D.3.2.2.2. Maximální zatížení ve vertikálním směru

Pro vertikální směr vychází největší zatížení při zatěžovacím stavu 6. při kterém je stavidlo zavěšeno na řetězech těsně nad prahem, klapka je sklopená a přepadá voda plným profilem při provozní hladině 177,64 m n.m.

Konstrukce je uvažována jako prostý nosník zatížený svislou složkou výslednice zatížení hydrostatickým a hydrodynamickým tlakem i vlastní vahou stavidla i klapky působících v jejich těžištích.

l	=	25,0	m	rozpětí mezi závěsnými řetězy
R_y	=	24,56	kN/bm	vertikální složka výslednice zatížení

$$P1, P2 = 307 \quad \text{kN} \quad \text{reakce v opěrných kolejnicích}$$

$$M_{max} = 1\,918,8 \quad \text{kNm} \quad \text{maximální moment uprostřed rozpětí}$$

Průřezové charakteristiky profilu

A	0,1560	m ²	plocha příčného řezu
I_{tx}	0,06565	m ⁴	Moment setrvačnosti v těžišti k ose y
e_x	1,092	m	vzdálenost
W_{ely}	0,06011	m ³	průřezový modul

$$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{ely}}$$

σ_{max} 31,9 MPa maximální napětí v kritickém profilu

$$\underline{\sigma_{max} = 31,9 \text{ MPa} \leq f_{\sigma} = 174,9 \text{ MPa}}$$

ve vertikálním směru konstrukce vyhoví

Stanovení maximálního průhybu ve vertikálním směru:

$$v_x = \frac{5}{384} \cdot \frac{g \cdot l^4}{E \cdot I}$$

**v_x 9,1 mm velikost vertikální složky průhybu při zatížení vlastní
váhou stavidla s nasazenou klapkou**

Při uvažování hodnoty maximálního průhybu 1/800 rozpětí což činí 32,5 mm je tento průhyb vyhovující.

D.3.3. Závěr

Z výše uvedených orientačních výpočtů vyplývá, že hlavní nosník lze s ohledem na posouzení maximálních účinků zatížení ve vztahu k dovozeným napětím za vyhovující. V rámci zpracování podrobné realizační dokumentace však je nutné posoudit skutečně navrženou konstrukci stavidla s klapkou a to nejen hlavní trám stavidla, ale také některé konstrukční detaily, ve kterých může docházet ke koncentraci napětí při jednotlivých zatěžovacích stavech. Vhodným se jeví použití výpočetního modelu konstrukce založeného na řešení napětí a deformací konstrukce metodou konečných prvků.

Hlavním kritériem pro návrh konstrukce bude v první řadě maximální průhyb konstrukce, který by neměl překročit 32,5 mm uprostřed rozpětí pro vodorovný ani svislý směr. Druhým kritériem pro návrh konstrukce bude její únosnost jako celku i jejích jednotlivých součástí s ohledem na použité materiály (ocel).

Zpracoval :

Ing. Mojmír Dadejík

duben, 2022