

objednatel : Povodí Labe, státní podnik
Víta Nejedlého 951
500 03 Hradec Králové
okres : Nymburk
kraj : Středočeský

projektová dokumentace:

VD Lysá, oprava jezových polí

Číslo stavby: 139180012

D. Dokumentace objektů

D.3. Výpočty konstrukce

stupeň dokumentace : TP
datum : březen 2019

paré :

Obsah:

A. Úvodní informace

- A.1. Identifikační údaje*
- A.2. Popis navrhované konstrukce*
- A.3. Popis funkce, návrh profilu konstrukce*
- A.4. Zatěžovací stavy*

B. Posouzení konstrukce

- B.1. Výpočet zatížení*

C. Závěr

A. Úvodní informace

A.1. Identifikační údaje

název stavby : VD Lysá, oprava jezových polí
stavba č. : 139180012
konstrukce: : zdvižné stavidlo s nasazenou dutou klapkou
Vodní tok : Labe, ř.km 878,071
Číslo hydrologického pořadí : 1-04-07-0320

Předmětem výpočtů je předběžný návrh a posouzení hradící konstrukce jezu VD Lysá nad Labem 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 současně dostupného materiálu a nová konstrukce bude svařovaná.

S ohledem na stupeň dokumentace je výpočet proveden jako předběžný, jehož cílem je při specifikované míře zjednodušení navrhnout vyhovující tvar ocelové konstrukce stavidla i nasazené klapky pro daný profil. Pro tento návrh bylo použito dostupných podkladů pro obdobné konstrukce osazované provozovatelem vodních děl na středním Labi v nedávné době.

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

A.1.1. Údaje o stavebníkovi a provozovateli

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

A.2. Popis konstrukce

Jez vodního díla Lysá 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 plavební komora a na pravém břehu se nachází vodní elektrárna.

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 podvozků do povodních mohutných 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 článkových řetězů pohybovaných stejným zdvihadlem 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	4.60	m
Maximální hrazená výška stavidla se vztyčenou klapkou	4.65	m
Hradící výška stavidlové tabule se sklopenou klapkou	3.10	m
Hradící výška klapky	1.50	m
Provozní hladina horní vody (vzdutá hladina)	174.69	m n.n.
Přepadová hrana max. vztyčené klapky	174.74	m n.n.
Dosedací práh jezových polí	170.09	m n.n.
Dolní provozní hladina (HV Čelákovice)	171.59	m n.n.
Světlá šířka jezového pole – těsněná šířka	23.00	m
Osová vzdálenost opěrných kolejnic	25.00	m
Rozteč závěsných řetězů	23.80	m

A.3. 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 (174,96 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 zdvihadly 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 zdvihadla, resp. páru zdvihadel 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 voda protékat jezovým polem s paprskem 1,5-1,6 m (77 m³/s).

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

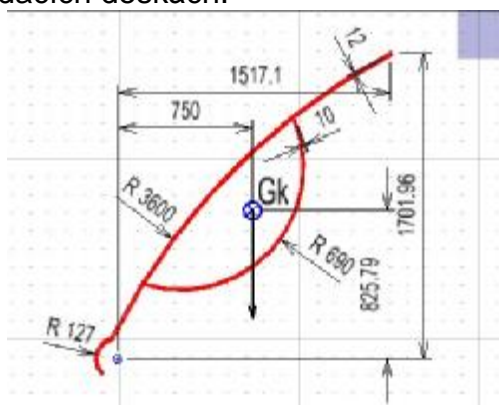
Při extrémní povodni je pak při dosažení limitního průtoku celá konstrukce stavidla i klapky, položené na stavidle vytažena nad hladinu a voda přepadá volně přes práh jezového pole s hloubkou 3,1 m (319 m³/s) a více.

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 ($Q_a = 75 \text{ m}^3/\text{s}$).

A.3.1. Návrh příčného profilu stavidla s nasazenou klapkou

S ohledem na parametry jezového profilu i stávajících rozměrů je příčný profil jezové klapky převzat z nově instalované hradící konstrukce stejného typu na VD Srnojedy. Hrazená výška je shodná a rozměry výklenků, určující rozměry stavidla také. Rozdílná je pouze světlá šířka jezového pole, které je na jezu v Lyse o jeden metr větší (23 m). Toto bude upraveno v rámci rozteče výztužných přepážek klapky při jejím konstrukčním zpracování. Předpokládáno je zatím použití stejných profilů plechů. V rámci konstrukčního řešení pak bude napětí i deformace v těchto prvcích podrobně posouzena. U navrženého tvaru klapky je stanovena její váha a poloha těžiště, aby mohly být odvozeny její zatěžovací účinky v ose otáčení, resp. v dosedacích deskách.

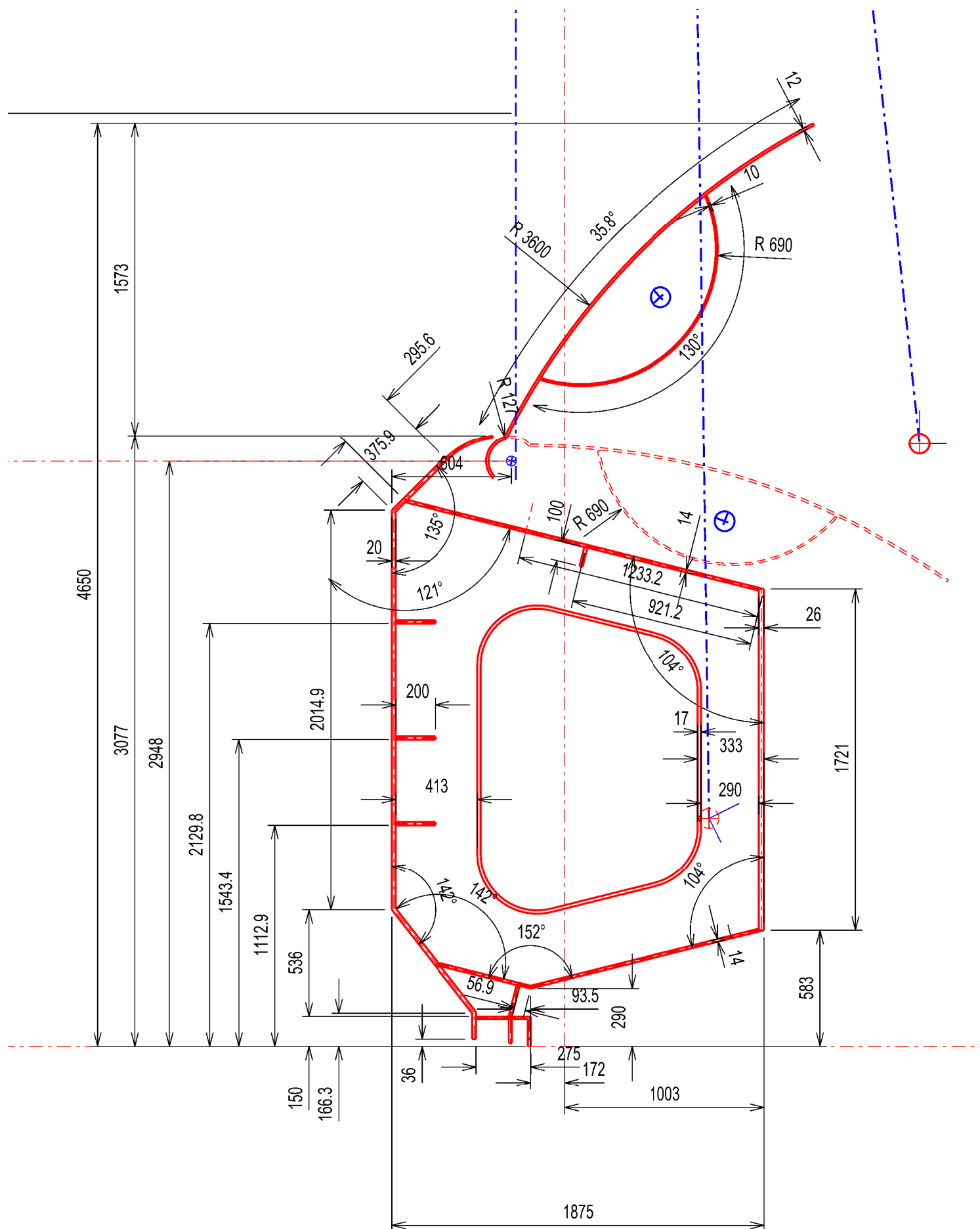


Profil klapky

V případě stavidlové tabule byl obecný tvar navržen dle konstrukcí hradících uzávěrů v Brandýse nad Labem a Srnojedech s tím, že s ohledem na výšku předmětného uzávěru i světlou šířku jezového pole byly rozměry i tloušťky plechů upraveny dle následujících kritérií:

- Těleso bylo navrženo s šířkou krabicového nosníku 1,875 m tak, aby odpovídalo rozměrům stávajících výklenků v pilířích a zároveň nedocházelo k přepadu vody přes klapku na konstrukci stavidla.
- Tvar konstrukce byl navržen shodný 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.

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



Navržený profil stavidla s nasazenou klapkou
měř.:1:25

Stanovení průřezových charakteristik navrženého profilu

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]	D _{xy00} [m ⁴]
1	Zadní stěna	0.026	1.727	0.044907	1.9150	0.085997	1.4434	0.064819	0.026	1.727	0.011164	2.52977E-06	0
2	Horní stěna	0.014	1.830	0.025619	1.0143	0.025985	2.5245	0.064674	1.830	0.014	4.18E-07	0.007148729	0
3	Dolní stěna po	0.014	1.184	0.016579	1.3275	0.022008	0.4405	0.007303	1.184	0.014	2.71E-07	0.001937412	0
4	Dolní stěna proti	0.014	0.475	0.006646	0.5227	0.003474	0.3547	0.002357	0.475	0.014	1.09E-07	0.000124797	0
5	Hrad.plech - dolní lem	0.020	0.134	0.002676	0.4690	0.001255	0.1029	0.000275	0.020	0.134	3.99E-06	8.92E-08	0
6	Hrad.plech - dolní šikmá	0.020	0.660	0.013190	0.2660	0.003509	0.4296	0.005666	0.020	0.660	0.000478	4.39667E-07	0
7	Hrad.plech - svislá	0.020	2.007	0.040146	0.0630	0.002529	1.6931	0.067971	0.020	2.007	0.01348	1.3382E-06	0
8	Hrad.plech - horní šikmá	0.020	0.372	0.007434	0.1944	0.001445	2.8281	0.021024	0.020	0.372	8.56E-05	2.478E-07	0
9	Hrad.plech - výztuha 1	0.016	0.200	0.003200	0.1730	0.000554	2.1378	0.006841	0.200	0.016	6.83E-08	1.06667E-05	0
10	Hrad.plech - výztuha 2	0.016	0.200	0.003200	0.1730	0.000554	1.5514	0.004964	0.200	0.016	6.83E-08	1.06667E-05	0
11	Hrad.plech - výztuha 3	0.016	0.200	0.003200	0.1730	0.000554	1.1209	0.003587	0.200	0.016	6.83E-08	1.06667E-05	0
12	Horní stěna - výztuha	0.016	0.100	0.001600	1.0186	0.001630	2.4646	0.003943	0.016	0.100	1.33E-06	3.41333E-08	0
13	Dosed - zadní stěna	0.016	0.161	0.002568	0.6707	0.001722	0.2279	0.000585	0.016	0.161	5.51E-06	5.4784E-08	0
14	Nosič - zadní stěna	0.014	0.143	0.002002	0.7470	0.001495	0.0715	0.000143	0.014	0.143	3.41E-06	3.26993E-08	0
15	Nosič - střední stěna	0.016	0.120	0.001920	0.6510	0.001250	0.0760	0.000146	0.016	0.120	2.3E-06	4.096E-08	0
16	Nosič - horní stěna	0.014	0.268	0.003752	0.6130	0.002300	0.1430	0.000537	0.268	0.014	6.13E-08	2.2457E-05	0

0.178638 0.875 0.156261 1.427 0.254837

1429.107 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 0.178638 [m²]

poloha těžiště - x_t x_t 0.875 [m]

poloha těžiště - y_t y_t 1.427 [m]

Moment setrvačnosti k ose x_t I_{xt} 0.156325 [m⁴] e_x 1.540 [m] W_x 0.10151 [m³]

Moment setrvačnosti k ose y_t I_{yt} 0.102956 [m⁴] e_y 1.053 [m] W_y 0.097774 [m³]

Deviační moment D_{xyt} -0.00027 [m⁴]

Úhel natočení hlavních os α₀ 0.00509 [rad] 0.291649 [°]

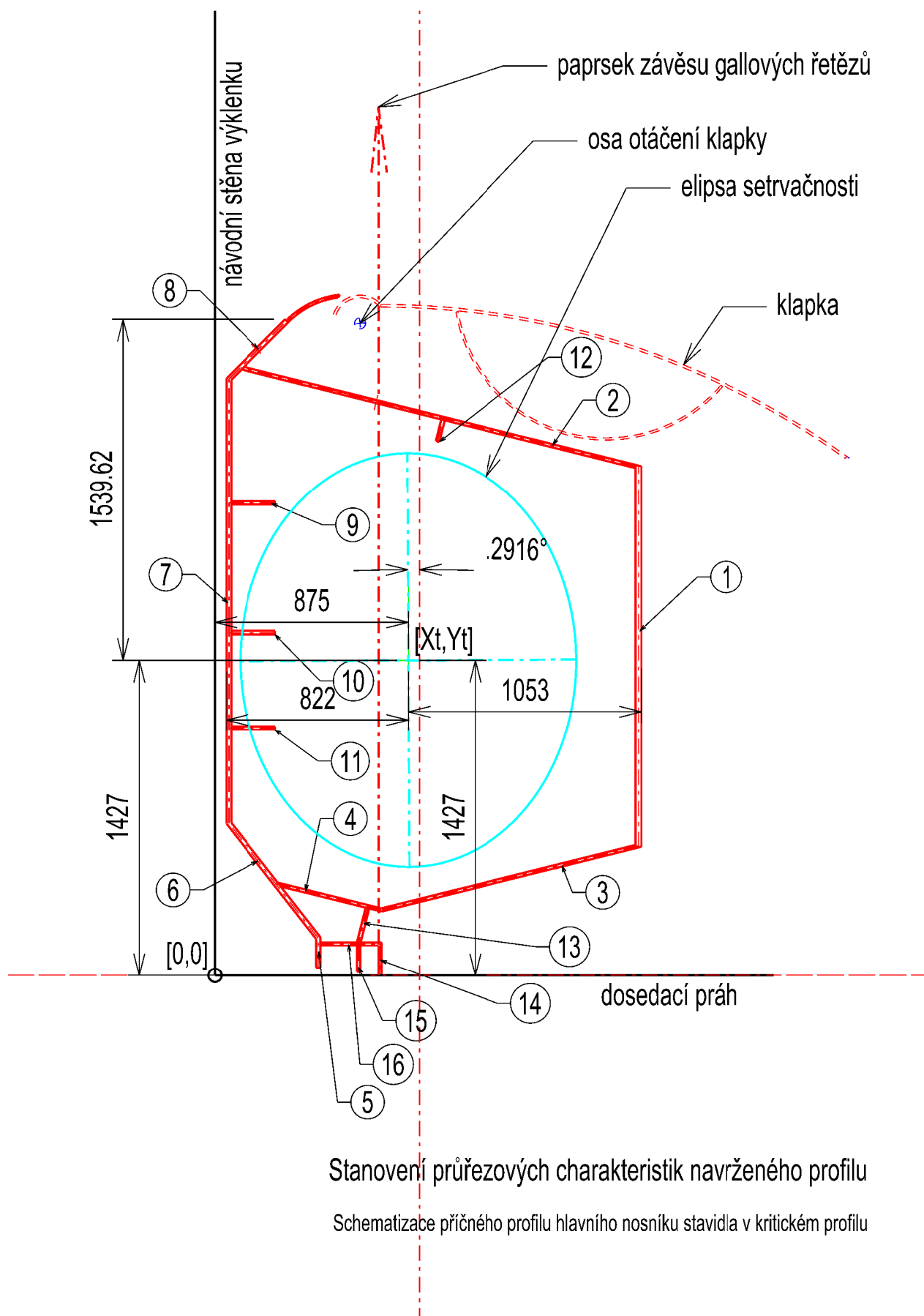
Hl.centrální momenty setrvačnosti I_{xc} 0.156326 [m⁴]

I_{yc} 0.102955 [m⁴]

Poloměry hl.os elipsy setrv. i_{xc} 0.935467 [m]

i_{yc} 0.75917 [m]

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	0.011164	2.53E-06	0	1.0183	0.015761	-0.3199	0.046569	0.00213	Zadní stěna	1
14	0.24435	0.000419	0.00673	-0.00168	0.1176	0.015261	0.7612	0.007085	-0.00166	Horní stěna	2
-13.989	-0.2442	0.000113	0.001824	0.000454	0.4308	0.029125	-1.3228	0.004901	0.000489	Dolní stěna po	3
14.0072	0.24447	7.41E-06	0.000117	-2.9E-05	-0.3740	0.013194	-1.4086	0.001047	-3.2E-05	Dolní stěna proti	4
0	0	3.99E-06	8.92E-08	0	-0.4277	0.007382	-1.6604	0.00049	-5.6E-07	Hrad.plech - dolní lem	5
127.931	2.23282	0.000181	0.000298	-0.00023	-0.6307	0.023644	-1.3337	0.005544	-0.00028	Hrad.plech - dolní šikmá	6
0	0	0.01348	1.34E-06	0	-0.8337	0.013678	-0.0702	0.027904	-0.00093	Hrad.plech - svislá	7
45	0.7854	4.29E-05	4.29E-05	4.27E-05	-0.7023	0.008471	1.0648	0.003709	2.33E-05	Hrad.plech - horní šikmá	8
0	0	6.83E-08	1.07E-05	0	-0.7237	0.000449	0.3745	0.001687	-3.9E-06	Hrad.plech - výztuha 1	9
0	0	6.83E-08	1.07E-05	0	-0.7237	0.000144	-0.2119	0.001687	-3.9E-06	Hrad.plech - výztuha 2	10
0	0	6.83E-08	1.07E-05	0	-0.7237	0.001321	-0.6424	0.001687	-3.9E-06	Hrad.plech - výztuha 3	11
76	1.32645	1.1E-07	1.26E-06	3.05E-07	0.1219	0.000787	0.7013	2.5E-05	3.1E-07	Horní stěna - výztuha	12
-75	-1.309	4.2E-07	5.15E-06	-1.4E-06	-0.2260	0.006055	-1.5354	0.000136	-1.4E-06	Dosed - zadní stěna	13
0	0	3.41E-06	3.27E-08	0	-0.1497	0.005734	-1.6918	4.49E-05	-1.3E-08	Nosič - zadní stěna	14
0	0	2.3E-06	4.1E-08	0	-0.2457	0.005469	-1.6873	0.000116	-5.5E-08	Nosič - střední stěna	15
0	0	6.13E-08	2.25E-05	0	-0.2837	0.009851	-1.6203	0.000324	-3.5E-07	Nosič - horní stěna	16
					0.156325			0.102956	-0.00027		



Stanovení průřezových charakteristik navrženého profilu

Schematizace příčného profilu hlavního nosníku stavidla v kritickém profilu

A.4. 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 174,74 m n.m. (provozní hladina + 5 cm, $H = 4,65$ m). Stavidlo je položeno na spodní stavbě a klapka je v maximální vztyčené poloze s úrovní hrany na kótě 174,74 m n.m. Voda nepřepadá, konstrukce je zatížena hydrostatickým tlakem. Vliv dolní vody není uvažován.

Zatěžovací stav 2.

Jedná se o stav předpokládající maximální zatížení konstrukce vodním tlakem při horní hladině na kótě 175,14 m n.m. tj. provozní hladina + 20 cm (tolerance hladiny) + ,25 cm (bezpečnostní marže) - $H = 5,05$ m. Stavidlo je položeno na spodní stavbě a klapka je v maximální vztyčené poloze s úrovní hrany na kótě 174,74 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 zatížena klapka a její připojení na stavidlo. Horní voda je na provozní hladině, kótě 174,14 m n.m. ($H = 4,65$ m). Stavidlo je položeno na spodní stavbě a klapka je nakloněna po vodě o cca 0,2 H tak, aby působení hydrostatického a hydrodynamického tlaku bylo co největší. 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. Stavidlo je položené na spodní stavbě. Horní voda je na kótě 174,14 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 vztahové. 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 174,14 m n.m. Zatížení klaky je přenášeno zejména 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 174,14 m n.m., voda přepadá, vliv spodní vody není uvažován. V tomto zatěžovacím stavu je vyšetřována zdvihová síla hradící konstrukce.

Zatěžovací stav 7.

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

Výpočty jednotlivých zatěžovacích stavů:

Nasazená klapka - stanovení zatížení stavidla od nasazené klapky

Zatěžovací stav 1. - klapka vztyčená, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), voda nepřepadá

Zatížení:

1 $v=$	16.94 kN/m	
α	53.3262 °	0.93072 rad
v_x	13.59 kN/m	
v_y	10.12 kN/m	
2 $G_k=$	6 kN/m	

Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
Horizontální složka vodního tlaku
Vertikální složka vodního tlaku
Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

$l=$	2.065 m	
$l_v=$	1.257 m	
$l_G=$	0.75 m	
β	6.1189 °	0.10679 rad

délka mezi oporami (délka nosníku)
vzdálenost působistě vodního tlaku od levé podpory
vzdálenost působistě vlastní tíhy od levé podpory
směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Výpočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	-12.69 kN	
R_{ky}	7.78 kN	
R_k	14.89 kN	
ρ	301.50 °	5.26225 rad
T_y	8.34 kN	
T_x	-0.89 kN	
T	8.39 kN	
β	186.119 °	3.24839 rad
R_{ky}	7.78 kN	

Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
směrník reakce od jižníku
Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
Vodorovná složka tahu
Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
směrník reakce od jižníku
Momentová kontrola k bodu T

Výpočet celkového zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	22.63 m	
V	383.35 kN	
V_x	307.47 kN	
V_y	228.96 kN	
R_c	336.90 kN	
R_{cx}	287.24 kN	
R_{cy}	176.05 kN	
T	189.77 kN	
$1/2T$	94.88 kN	

šířka klapky
Celkové zatížení vodním tlakem
Vodorovné zatížení vodním tlakem
Svislé zatížení vodním tlakem
Celkové zatížení v ose klapky
Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
Tah přenášený řetězy klapky
Jeden článkový řetěz

Zatěžovací stav 2. - klapka vztyčená, hladina na kótě 175.14 m n.m. (H=5.05 m)

Zatížení:

1 $V=$	24.4 kN/m	
α	51.674 °	0.90188 rad
V_x	19.14 kN/m	
V_y	15.13 kN/m	
2 $G_k=$	6 kN/m	

Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
Horizontální složka vodního tlaku
Vertikální složka vodního tlaku
Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

$l=$	2.065 m	
$l_v=$	1.37 m	
$l_G=$	0.75 m	
β	6.1189 °	0.10679 rad

délka mezi oporami (délka nosníku)
vzdálenost působistě vodního tlaku od levé podpory
vzdálenost působistě vlastní tíhy od levé podpory
směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Výpočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	-17.83 kN	
R_{ky}	8.91 kN	
R_k	19.94 kN	
ρ	296.56 °	5.17592 rad
T_y	12.22 kN	
T_x	-1.31 kN	
T	12.29 kN	
β	186.119 °	3.24839 rad
R_{ky}	8.91 kN	

Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
směrník reakce od jižníku
Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
Vodorovná složka tahu
Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
směrník reakce od jižníku
Momentová kontrola k bodu T

Výpočet zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	22.63 m	
V	552.17 kN	
V_x	433.18 kN	
V_y	342.42 kN	
R_c	451.14 kN	
R_{cx}	403.54 kN	
R_{cy}	201.71 kN	
T	278.07 kN	

šířka klapky
Celkové zatížení vodním tlakem
Vodorovné zatížení vodním tlakem
Svislé zatížení vodním tlakem
Celkové zatížení v ose klapky
Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
Tah přenášený řetězy klapky

1/2T 139.04 kN

Jeden článkový řetěz

Zatěžovací stav 3. - klapka v mezipoloze (-25.98°), hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m)

Zatížení:

1 V=	21.83 kN/m	
α	24.7806 °	0.4325 rad
V_x	9.15 kN/m	
V_y	19.82 kN/m	
2 G_k =	6 kN/m	

Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
Horizontální složka vodního tlaku
Vertikální složka vodního tlaku
Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

l =	1.816 m	
l_v =	0.774 m	
l_G =	1.036 m	
β	4.9198 °	0.08587 rad

délka mezi oporami (délka nosníku)
vzdálenost působíště vodního tlaku od levé podpory
vzdálenost působíště vlastní tíhy od levé podpory
směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Vypočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	-8.13 kN	
R_{ky}	13.95 kN	
R_k	16.14 kN	
ρ	329.77 °	5.7556 rad
T_y	11.87 kN	
T_x	-1.02 kN	
T	11.91 kN	
β	184.92 °	3.22746 rad
R_{ky}	13.95 kN	

Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
směrník reakce od jižníku
Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
Vodorovná složka tahu
Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
směrník reakce od jižníku
Momentová kontrola k boru T

Vypočet zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	22.63 m	
V	494.01 kN	
V_x	207.06 kN	
V_y	448.52 kN	
R_c	365.36 kN	
R_{cx}	183.94 kN	
R_{cy}	315.68 kN	
T	269.62 kN	
1/2T	134.81 kN	

šířka klapky
Celkové zatížení vodním tlakem
Vodorovné zatížení vodním tlakem
Svislé zatížení vodním tlakem
Celkové zatížení v ose klapky
Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
Tah přenášený řetězy klapky
Jeden článkový řetěz

Zatěžovací stav 4. - klapka položena (-65.04°), hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), zavěšena na řetězech

Zatížení:

1 V=	6.15 kN/m	
α	-11.639 °	-0.2031 rad
V_x	-1.24 kN/m	
V_y	6.02 kN/m	
2 G_k =	6 kN/m	

Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
Horizontální složka vodního tlaku
Vertikální složka vodního tlaku
Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

l =	0.97 m	
l_v =	1.073 m	
l_G =	1.074 m	
β	0.817 °	0.01426 rad

délka mezi oporami (délka nosníku)
vzdálenost působíště vodního tlaku od levé podpory
vzdálenost působíště vlastní tíhy od levé podpory
směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Vypočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	1.43 kN	
R_{ky}	-1.28 kN	
R_k	1.92 kN	
ρ	311.89 °	5.44345 rad
T_y	13.31 kN	
T_x	-0.19 kN	
T	13.31 kN	
β	180.817 °	3.15585 rad
R_{ky}	-1.28 kN	

Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
směrník reakce od jižníku
Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
Vodorovná složka tahu
Tahová síla náhradní (na 1 bm) v ovládacím řetězu klapky
směrník reakce od jižníku
Momentová kontrola k boru T

Vypočet zatížení stavidla a článkového řetězu klapkou

b	22.63 m	
V	139.17 kN	
V_x	-28.08 kN	
V_y	136.31 kN	
R_c	43.48 kN	
R_{cx}	-32.37 kN	
R_{cy}	-29.03 kN	
T	301.16 kN	

šířka klapky
Celkové zatížení vodním tlakem
Vodorovné zatížení vodním tlakem
Svislé zatížení vodním tlakem
Celkové zatížení v ose klapky
Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
Tah přenášený řetězy klapky

1/2T

150.58 kN

Jeden článkový řetěz

Zatěžovací stav 5. - klapka položena (-65.04°), hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), položena na stavidle

Zatížení:

1	$V=$	6.15 kN/m		Vodní tlak výsledný (hydrostaticky + hydrodynamicky) na 1 bm
	α	-11.639 °	-0.2031 rad	směr výslednice vodního tlaku od svislé osy (J)
	V_x	-1.24 kN/m		Horizontální složka vodního tlaku
	V_y	6.02 kN/m		Vertikální složka vodního tlaku
2	$G_k=$	6 kN/m		Vlastní váha konstrukce klapky (schematizováno jednotkovou váhou na 1 bm)

Dispozice náhradního nosníku:

$l=$	1.058 m	délka mezi oporami (délka nosníku)	
$l_v=$	1.073 m	vzdálenost působíště vodního tlaku od levé podpory	
$l_G=$	1.074 m	vzdálenost působíště vlastní tíhy od levé podpory	
β	-14.416 °	-0.2516 rad	směr tahu ovládacího řetězu klapky od svislé osy (J)

Vypočet reakcí na 1 bm:

R_{kx}	-1.90 kN		Vodorovná reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_{ky}	-0.18 kN		Svislá reakce v čepu klapky (schematizace na 1 bm)
R_k	1.90 kN		Celková reakce klapky v čepu na 1 bm
ρ	444.69 °	7.76131 rad	směrník reakce od jižníku
T_y	12.20 kN		Reakce náhradního nosníku (vodorovná složky náhradního tahu)
T_x	3.14 kN		Vodorovná složka tahu
T	12.60 kN		Tlaková síla do opěrek na stavidle
β	165.584 °	2.88999 rad	směrník reakce od jižníku
R_{ky}	-0.18 kN		Momentová kontrola k boru T

Vypočet zatížení stavidla

b	22.63 m	šířka klapky
V	139.17 kN	Celkové zatížení vodním tlakem
V_x	-28.08 kN	Vodorovné zatížení vodním tlakem
V_y	136.31 kN	Svislé zatížení vodním tlakem
R_c	43.07 kN	Celkové zatížení v ose klapky
R_{cx}	42.89 kN	Vodorovné zatížení v ose klapky (celkové)
R_{cy}	-3.99 kN	Svislé zatížení v ose klapky (celkové)
T	285.05 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	14.89	19.94	16.14	1.92	1.90
2	R_{kx}	kN/bm	-12.69	-17.83	-8.13	1.43	-1.90
3	R_{ky}	kN/bm	7.78	8.91	13.95	-1.28	-0.18
4	T	kN/bm	8.39	12.29	11.91	13.31	12.60
5	T_x	kN/bm	-0.89	-1.02	-1.02	-0.19	3.14
6	T_y	kN/bm	8.34	11.87	11.87	13.31	12.20

Výslednice reakce v čepu

Vodorovná reakce čepu

Svislá reakce čepu

Výslednice závěsu/opěry

Vodorovná reakce závěsu/opěry

Svislá reakce závěsu/opěry

Stavidlo - stanovení zatížení pro jednotlivé zatěžovací stavy

Konstanty:

1 $\rho =$	1000 kg/m ³	Hustota vody
2 $g =$	9.81 ms ⁻²	tíhové zrychlení

Zatěžovací stav 1. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m)

klapka vztyčená, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), voda nepřepadá

Zatížení:

1 $V_x =$	94.2741 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	1.292 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1.550 m	hloubka menší
$p_h =$	15.206 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	4.650 m	hloubka větší
$p_d =$	45.617 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0.000 m	šířka obrazce
$v_v =$	3.100 m	výška obrazce
$e_h =$	1.808 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	1.292 m	excentricita působíště síly dolní
2 $V_{yz1} =$	16.80667 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0.207 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	3.964 m	hloubka menší
$p_h =$	38.887 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	4.476 m	hloubka větší
$p_d =$	43.905 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0.406 m	šířka obrazce
$v_v =$	0.000 m	výška obrazce
$e_h =$	0.207 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0.199 m	excentricita působíště síly dolní
3 $V_{yz2} =$	10.97077 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0.526 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	4.650 m	hloubka menší
$p_h =$	45.617 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	4.650 m	hloubka větší
$p_d =$	45.617 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0.241 m	šířka obrazce
$v_v =$	0.000 m	výška obrazce
$e_h =$	0.120 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0.120 m	excentricita působíště síly dolní
4 $V_{yti} =$	9.051553 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
$r_x =$	0.254 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
$r_y =$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
výpočet obrazce - lichoběžník		
$h_h =$	1.550 m	hloubka menší
$p_h =$	15.206 kPa	hydrostatický tlak horní
$h_d =$	1.949 m	hloubka větší
$p_d =$	19.120 kPa	hydrostatický tlak dolní
$v_h =$	0.527 m	šířka obrazce
$v_v =$	0.000 m	výška obrazce
$e_h =$	0.274 m	excentricita působíště síly horní
$e_d =$	0.254 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	94.2741	1.292	121.7707			
2 V_{yz1}				-16.8067	0.207	-3.48068
3 V_{yz2}				-10.9708	0.526	-5.77337
4 V_{yti}				9.051553	0.254	2.296167
5 G				24.05	0.822	19.7691
6 R_{kx}	12.69	2.948	37.41855			
7 R_{ky}				7.78	0.604	4.698911

	106.967	1.48821	159.1893	13.10377	1.336267	17.51013
R_s	107.77 kN/m		1.640 m			Výslednice zatížení stavidla
R_h	106.97 kN/m					Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	13.10 kN/m					Vertikální složka (práh)
f	-0.1219 rad		-6.984 °			sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	13.26 kNm/m		0.123 m			Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 2. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 175.14 m n.m. (H=5.05 m)

klapka vztyčená, hladina na kótě 175.14 m n.m. (H=5.05 m), voda přepadá (hydrodynamický tlak)

Zatížení:

1	$V_x =$	106.4385 kN				Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0 m				Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	1.321 m				Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
	výpočet obrazce - lichoběžník					
	$h_h =$	1.950 m				hloubka menší
	$p_h =$	19.130 kPa				hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	5.050 m				hloubka větší
	$p_d =$	49.541 kPa				hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0.000 m				šířka obrazce
	$v_v =$	3.100 m				výška obrazce
	$e_h =$	1.779 m				excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	1.321 m				excentricita působíště síly dolní
2	$V_{yz1} =$	18.40081 kN				Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0.207 m				Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	m				Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník					
	$h_h =$	4.364 m				hloubka menší
	$p_h =$	42.811 kPa				hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	4.876 m				hloubka větší
	$p_d =$	47.834 kPa				hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0.406 m				šířka obrazce
	$v_v =$	0.000 m				výška obrazce
	$e_h =$	0.207 m				excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0.199 m				excentricita působíště síly dolní
3	$V_{yz2} =$	11.91449 kN				Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0.526 m				Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	m				Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník					
	$h_h =$	5.050 m				hloubka menší
	$p_h =$	49.541 kPa				hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	5.050 m				hloubka větší
	$p_d =$	49.541 kPa				hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0.241 m				šířka obrazce
	$v_v =$	0.000 m				výška obrazce
	$e_h =$	0.120 m				excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0.120 m				excentricita působíště síly dolní
4	$V_{ytl} =$	11.12107 kN				Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x =$	0.256 m				Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y =$	m				Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník					
	$h_h =$	1.950 m				hloubka menší
	$p_h =$	19.130 kPa				hydrostatický tlak horní
	$h_d =$	2.349 m				hloubka větší
	$p_d =$	23.044 kPa				hydrostatický tlak dolní
	$v_h =$	0.527 m				šířka obrazce
	$v_v =$	0.000 m				výška obrazce
	$e_h =$	0.272 m				excentricita působíště síly horní
	$e_d =$	0.256 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	106.4385	1.321	140.6255			
2 V_{yz1}				-18.4008	0.207	-3.80436
3 V_{yz2}				-11.9145	0.526	-6.27
4 V_{ytl}				11.12107	0.256	2.841898
5 G				24.05	0.822	19.7691

6 R_{kx}	17.83	2.948	52.56841			
7 R_{ky}				8.91	0.604	5.383717
	124.2704	1.554626	193.1939	13.76921	1.301481	17.92036
R_s	125.03 kN/m		1.688 m			Výslednice zatížení stavidla
R_h	124.27 kN/m					Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	13.77 kN/m					Vertikální složka (práh)
f	-0.11035 rad		-6.323 °			sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	15.63 kNm/m		0.125 m			Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 3. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m)

klapka v mezipoloze (-25,98°), hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), voda přepadá

Zatížení:

1 V_x =	94.2741 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
r_y =	1.292 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník		
h_h =	1.550 m	hloubka menší
p_h =	15.206 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	4.650 m	hloubka větší
p_d =	45.617 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.000 m	šířka obrazce
v_v =	3.100 m	výška obrazce
e_h =	1.808 m	excentricita působíště síly horní
e_d =	1.292 m	excentricita působíště síly dolní
2 V_{yz1} =	16.80667 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0.207 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 =	3.964 m	hloubka menší
p_h =	38.887 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	4.476 m	hloubka větší
p_d =	43.905 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.406 m	šířka obrazce
v_v =	0.000 m	výška obrazce
e_h =	0.207 m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0.199 m	excentricita působíště síly dolní
3 V_{yz2} =	10.97077 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0.526 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 =	4.650 m	hloubka menší
p_h =	45.617 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	4.650 m	hloubka větší
p_d =	45.617 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.241 m	šířka obrazce
v_v =	0.000 m	výška obrazce
e_h =	0.120 m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0.120 m	excentricita působíště síly dolní
4 V_{yt1} =	9.051553 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0.254 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 =	1.550 m	hloubka menší
p_h =	15.206 kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	1.949 m	hloubka větší
p_d =	19.120 kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.527 m	šířka obrazce
v_v =	0.000 m	výška obrazce
e_h =	0.274 m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0.254 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	94.2741	1.292	121.7707			
2 V_{yz1}				-16.8067	0.207	-3.48068
3 V_{yz2}				-10.9708	0.526	-5.77337

4	V_{ytI}				9.051553	0.254	2.296167
5	G				24.05	0.822	19.7691
6	R_{kx}	8.13	2.948	23.96178			
7	R_{ky}				13.95	0.604	8.425506
		102.4022	1.423138	145.7325	19.27362	1.101854	21.23672
	R_s	104.20	kN/m	1.602	m		Výslednice zatížení stavidla
	R_h	102.40	kN/m				Horizontální složka (opěrné kolejnice)
	R_v	19.27	kN/m				Vertikální složka (práh)
	f	-0.18604	rad	-10.659	°		sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
	M_s	13.03	kNm/m	0.125	m		Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 4. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m)

klapka sklopená (-65,04°), ještě zavěšena na řetězech, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), voda přepadá

Zatížení:

1	V_x	94.2741	kN				Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
	r_x	0	m				Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	r_y	1.292	m				Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
	výpočet obrazce - lichoběžník						
	h_h	1.550	m				hloubka menší
	p_h	15.206	kPa				hydrostatický tlak horní
	h_d	4.650	m				hloubka větší
	p_d	45.617	kPa				hydrostatický tlak dolní
	v_h	0.000	m				šířka obrazce
	v_v	3.100	m				výška obrazce
	e_h	1.808	m				excentricita působíště síly horní
	e_d	1.292	m				excentricita působíště síly dolní
2	V_{yz1}	16.80667	kN				Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	r_x	0.207	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	3.964	m				hloubka menší
	p_h	38.887	kPa				hydrostatický tlak horní
	h_d	4.476	m				hloubka větší
	p_d	43.905	kPa				hydrostatický tlak dolní
	v_h	0.406	m				šířka obrazce
	v_v	0.000	m				výška obrazce
	e_h	0.207	m				excentricita působíště síly horní
	e_d	0.199	m				excentricita působíště síly dolní
3	V_{yz2}	10.97077	kN				Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	r_x	0.526	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	4.650	m				hloubka menší
	p_h	45.617	kPa				hydrostatický tlak horní
	h_d	4.650	m				hloubka větší
	p_d	45.617	kPa				hydrostatický tlak dolní
	v_h	0.241	m				šířka obrazce
	v_v	0.000	m				výška obrazce
	e_h	0.120	m				excentricita působíště síly horní
	e_d	0.120	m				excentricita působíště síly dolní
4	V_{yII}	9.051553	kN				Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
	r_x	0.254	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	1.550	m				hloubka menší
	p_h	15.206	kPa				hydrostatický tlak horní
	h_d	1.949	m				hloubka větší
	p_d	19.120	kPa				hydrostatický tlak dolní
	v_h	0.527	m				šířka obrazce
	v_v	0.000	m				výška obrazce
	e_h	0.274	m				excentricita působíště síly horní
	e_d	0.254	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	94.2741	1.292	121.7707			

2	V_{yz1}			-16.8067	0.207	-3.48068
3	V_{yz2}			-10.9708	0.526	-5.77337
4	V_{ytl}			9.051553	0.254	2.296167
5	G			24.05	0.822	19.7691
6	R_{kx}	-1.43	2.948	-4.21707		
7	R_{ky}			-1.28	0.604	-0.77488
		92.84362	1.266147	117.5536	4.041198	2.978408
						12.03634

R_s	92.93 kN/m	1.394 m	Výslednice zatížení stavidla
R_h	92.84 kN/m		Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	4.04 kN/m		Vertikální složka (práh)
f	-0.0435 rad	-2.492 °	sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	11.62 kNm/m	0.125 m	Moment k těžišti profilu

Zatěžovací stav 5. - stavidlo na spodní stavbě, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m)

klapka sklopená (-65,04°), opřená o stavidlo, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), voda přepadá

Zatížení:

1	$V_x=$	94.2741 kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x=$	0 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y=$	1.292 m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h=$	1.550 m	hloubka menší
	$p_h=$	15.206 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d=$	4.650 m	hloubka větší
	$p_d=$	45.617 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h=$	0.000 m	šířka obrazce
	$v_v=$	3.100 m	výška obrazce
	$e_h=$	1.808 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d=$	1.292 m	excentricita působíště síly dolní
2	$V_{yz1}=$	16.80667 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x=$	0.207 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h=$	3.964 m	hloubka menší
	$p_h=$	38.887 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d=$	4.476 m	hloubka větší
	$p_d=$	43.905 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h=$	0.406 m	šířka obrazce
	$v_v=$	0.000 m	výška obrazce
	$e_h=$	0.207 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d=$	0.199 m	excentricita působíště síly dolní
3	$V_{yz2}=$	10.97077 kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x=$	0.526 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h=$	4.650 m	hloubka menší
	$p_h=$	45.617 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d=$	4.650 m	hloubka větší
	$p_d=$	45.617 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h=$	0.241 m	šířka obrazce
	$v_v=$	0.000 m	výška obrazce
	$e_h=$	0.120 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d=$	0.120 m	excentricita působíště síly dolní
4	$V_{ytl}=$	9.051553 kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
	$r_x=$	0.254 m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
	$r_y=$	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od hladiny
	výpočet obrazce - lichoběžník		
	$h_h=$	1.550 m	hloubka menší
	$p_h=$	15.206 kPa	hydrostatický tlak horní
	$h_d=$	1.949 m	hloubka větší
	$p_d=$	19.120 kPa	hydrostatický tlak dolní
	$v_h=$	0.527 m	šířka obrazce
	$v_v=$	0.000 m	výška obrazce
	$e_h=$	0.274 m	excentricita působíště síly horní
	$e_d=$	0.254 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	94.2741	1.292	121.7707			
2 V_{yz1}				-16.8067	0.207	-3.48068
3 V_{yz2}				-10.9708	0.526	-5.77337
4 V_{yt1}				9.051553	0.254	2.296167
5 G				24.05	0.822	19.7691
6 R_{kx}	1.90	2.948	5.58699			
7 R_{ky}				-0.18	0.604	-0.10639
8 T_x	3.14	2.376	7.450921			
9 T_y				12.20	1.662	20.27587
	99.30519	1.357518	134.8086	17.34766	1.901162	32.9807
R_s	100.81	kN/m		1.664	m	
R_h	99.31	kN/m			Výslednice zatížení stavidla	
R_v	17.35	kN/m			Horizontální složka (opěrné kolejnice)	
f	-0.17295	rad		-9.909	°	
M_s	12.60	kNm/m		0.125	m	
					Vertikální složka (práh)	
					sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné	
					Moment k těžišti profilu	

Zatěžovací stav 6. - stavidlo zavěšeno na řetězech, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m)

klapka sklopená (-65,04°), opřená o stavidlo, hladina na kótě 174.74 m n.m. (H=4.65 m), voda přepadá

Zatížení:

1 V_x =	94.2741	kN	Hydrostatický tlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0	m	Působíště hydrostatické síly ve směru x od líce stavidla
r_y =	1.292	m	Působíště hydrostatické síly ve směru y od dna
výpočet obrazce - lichoběžník			
h_h =	1.550	m	hloubka menší
p_h =	15.206	kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	4.650	m	hloubka větší
p_d =	45.617	kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.000	m	šířka obrazce
v_v =	3.100	m	výška obrazce
e_h =	1.808	m	excentricita působíště síly horní
e_d =	1.292	m	excentricita působíště síly dolní
2 V_{yz1} =	16.80667	kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0.207	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 =	3.964	m	hloubka menší
p_h =	38.887	kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	4.476	m	hloubka větší
p_d =	43.905	kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.406	m	šířka obrazce
v_v =	0.000	m	výška obrazce
e_h =	0.207	m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0.199	m	excentricita působíště síly dolní
3 V_{yz2} =	10.97077	kN	Hydrostatický vztlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0.526	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 =	4.650	m	hloubka menší
p_h =	45.617	kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	4.650	m	hloubka větší
p_d =	45.617	kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.241	m	šířka obrazce
v_v =	0.000	m	výška obrazce
e_h =	0.120	m	excentricita působíště síly horní
e_d =	0.120	m	excentricita působíště síly dolní
4 V_{yt1} =	9.051553	kN	Hydrostatický svislý tlak na stavidlo - tlaková síla
r_x =	0.254	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 =	1.550	m	hloubka menší
p_h =	15.206	kPa	hydrostatický tlak horní
h_d =	1.949	m	hloubka větší
p_d =	19.120	kPa	hydrostatický tlak dolní
v_h =	0.527	m	šířka obrazce
v_v =	0.000	m	výška obrazce

$e_h = 0.274 \text{ m}$ excentricita působistě síly horní
 $e_d = 0.254 \text{ m}$ excentricita působistě 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	94.2741	1.292	121.7707			
2 V_{yz1}				-16.8067	0.207	-3.48068
3 V_{yz2}				-10.9708	0.526	-5.77337
4 V_{yt1}				9.051553	0.254	2.296167
5 G				24.05	0.822	19.7691
6 R_{kx}	0.00	2.948	0			
7 R_{ky}				0.00	0.604	0
8 T_x	0.00	2.376	0			
9 T_y				12.20	1.662	20.27587
	94.2741	1.291667	121.7707	17.52379	1.888124	33.08709
R_s	95.89 kN/m		1.615 m			Výslednice zatížení stavidla
R_h	94.27 kN/m					Horizontální složka (opěrné kolejnice)
R_v	17.52 kN/m					Vertikální složka (zdvih)
f'	-0.18378 rad		-10.530 °			sklon výslednice zatížení stavidla od vodorovné
M_s	2.23 kNm/m		0.023 m			Moment k těžišti profilu
Tr	219.05 kN		25 m			Výsledný tah v 1 závěsu stavidla

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

klapka sklopená (-65,04°), opřená o stavidlo

Uvažované váhy konstrukce

1 stavidlo	60500 kg	593.505 kN
2 klapka	13500 kg	132.435 kN
3 podvozky	2650 kg	25.9965 kN
4 těsnění , trámy	5000 kg	49.05 kN
Celkem	81650 kg	800.9865 kN
I_z	23.80 m	rozpětí závěsů galových řetězů
G	28.09 kN/m	náhradní rovnoměrné zatížení od váhy stavidla
G_k	5.56 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				28.09	0.822	23.09031
7 G_k				5.56	1.667	9.276014
G_{celk}				33.65	0.961712	32.36632
$G_{celk} = R_v$	33.65 kN/m					Výslednice zatížení stavidla, resp. tah v řetězech
Tr	400.49 kN		23.800 m			Výsledný tah v 1 závěsu (řetěze) stavidla
M_s	9.22 kNm/m		0.274 m			Moment k těžišti profilu

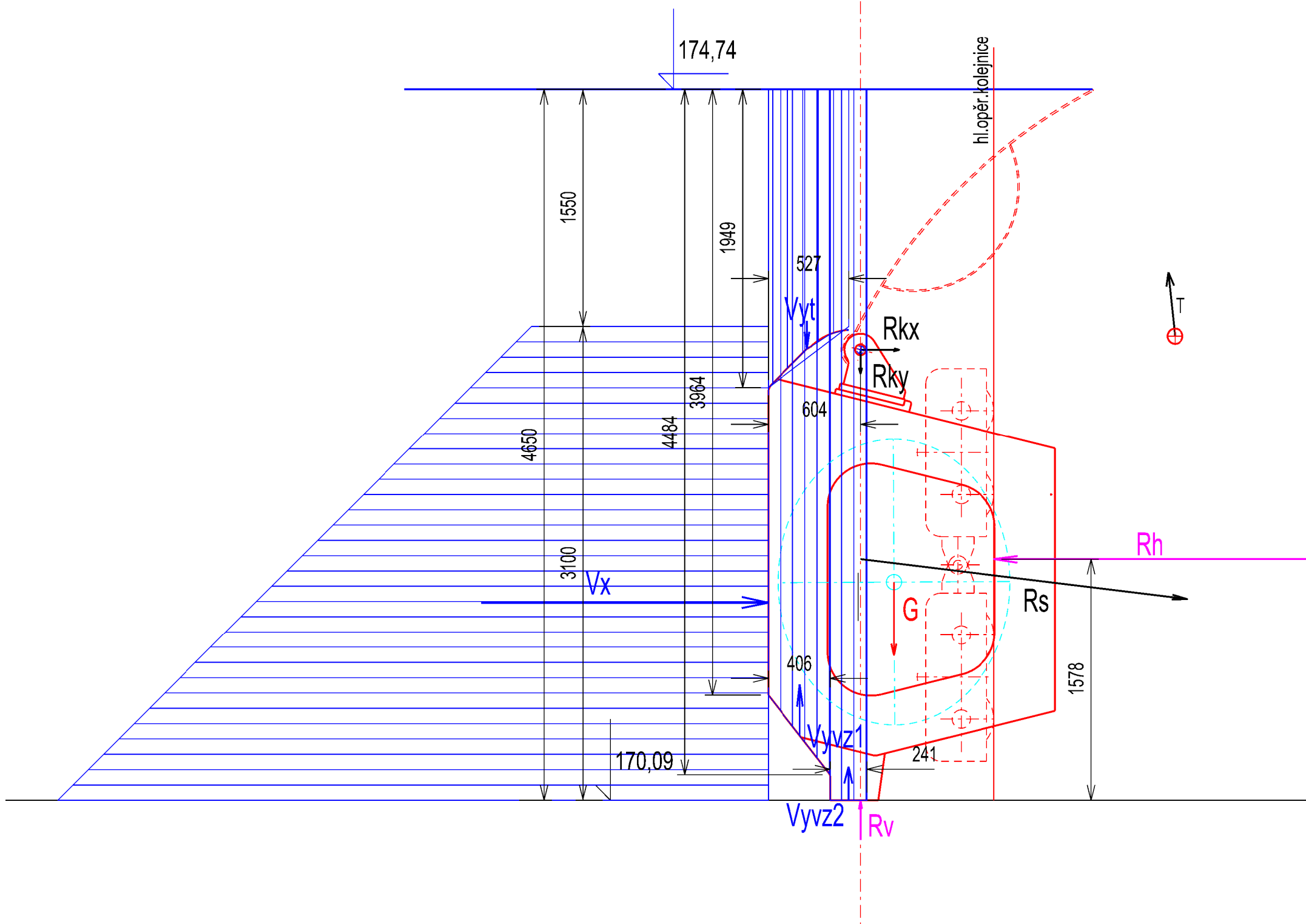
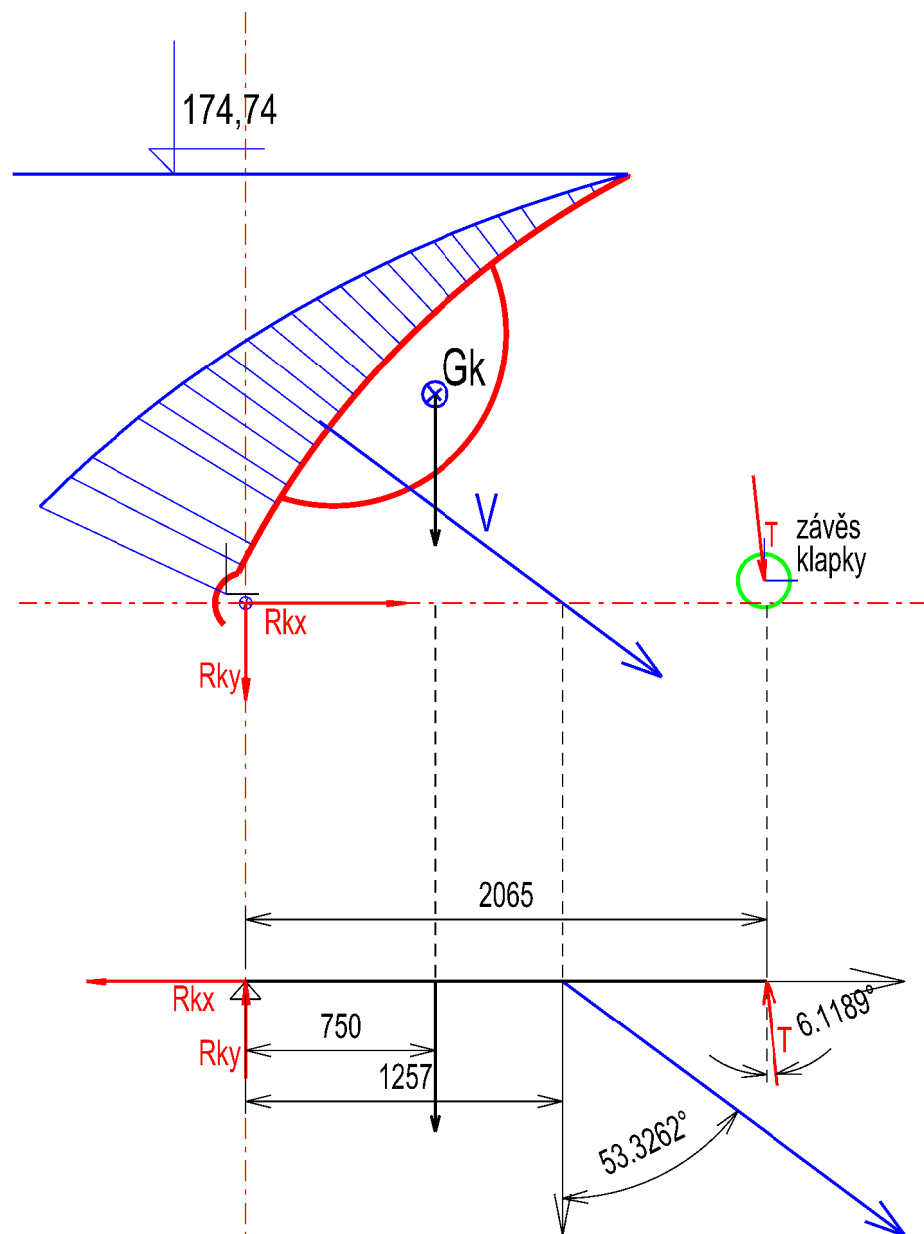
Souhrnná tabulka zatížení a reakcí stavidla

Zatěžovací stavy

č.	akce/reakce	jedn.	1	2	3	4	5	6	7	
1	R_s	kN/bm	107.77	125.03	104.20	92.93	100.81	95.89	33.65	Výslednice zatížení stavidla
2	R_h	kN/bm	106.97	124.27	102.40	92.84	99.31	94.27	0.00	Horizontální složka (opěrné kolejnice)
3	R_v	kN/bm	13.10	13.77	19.27	4.04	17.35	17.52	33.65	Vertikální složka (práh/závěs)
4	f'	°	-6.9841	-6.3226	-10.6592	-2.4923	-9.9090	-10.530	0	sklon výslednice zatížení od vodorovné osy
5	M_s	kNm/bm	13.26	15.63	13.03	11.62	12.60	2.23	9.22	Moment výslednice k těžišti základního profilu

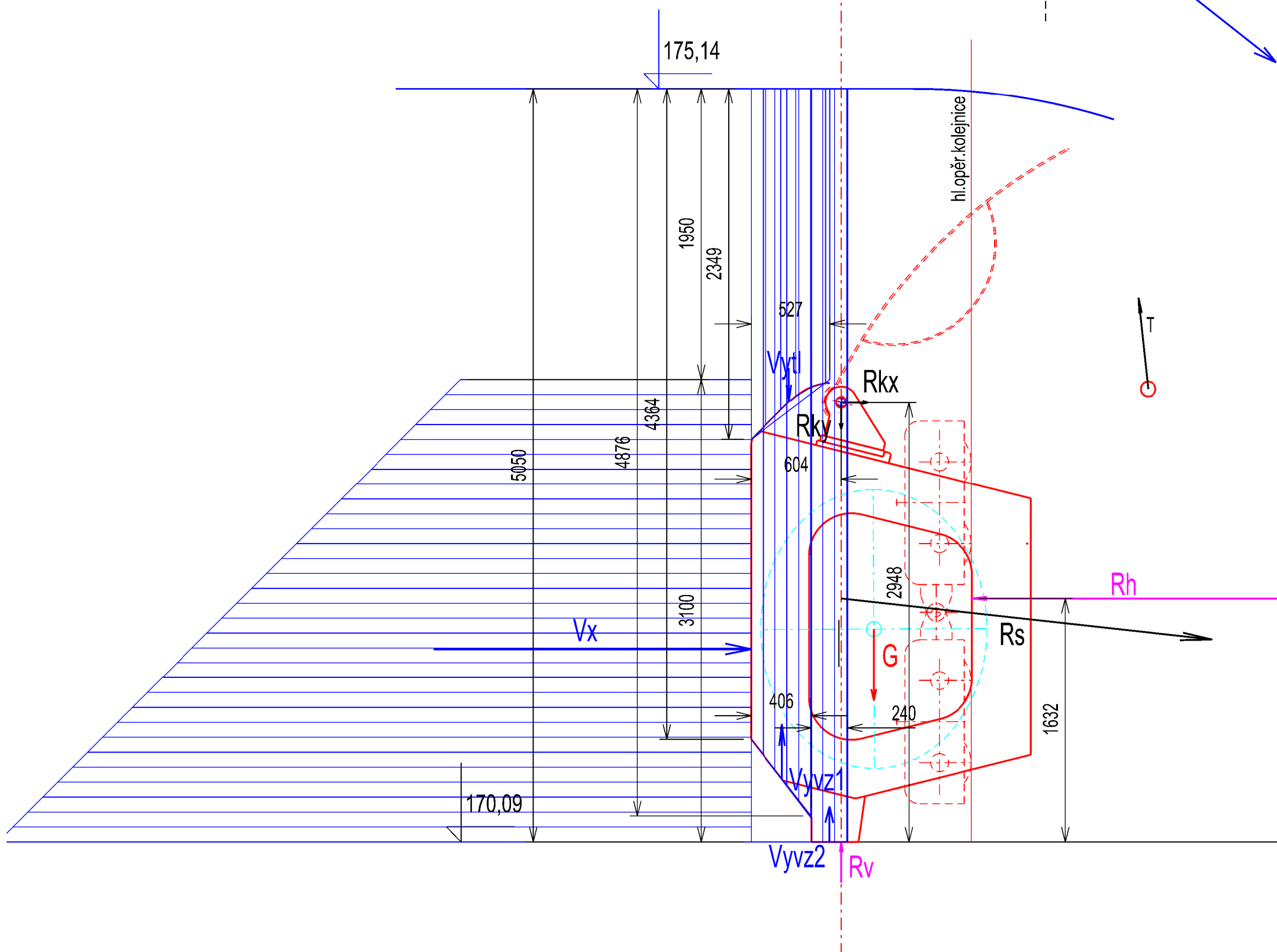
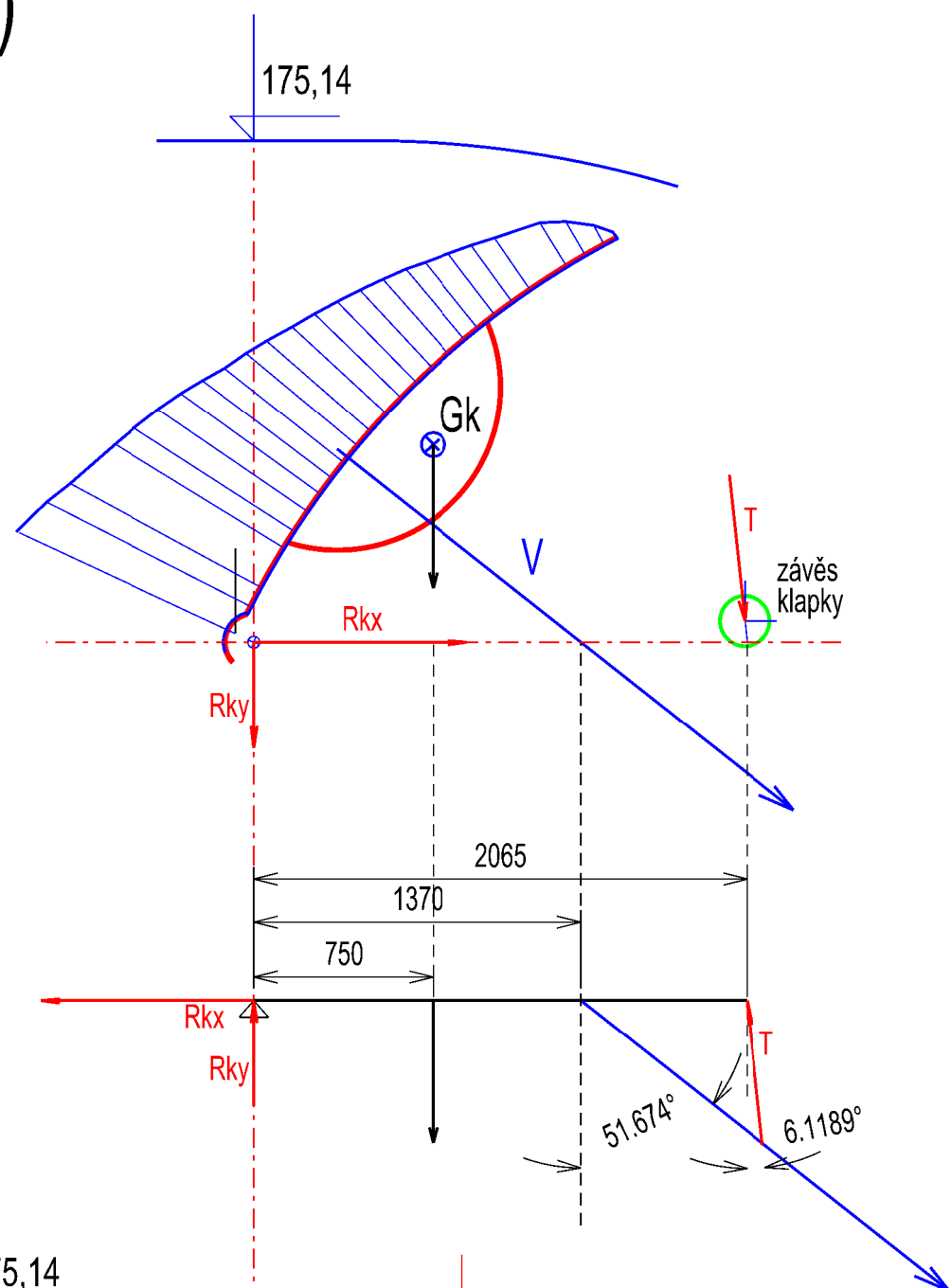
Zatěžovací stav 1.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka vztyčená max.
- hladina na kótě 174,74 m n.m. ($H=4,65$)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda nepřepadá (hydrostat.tlak)



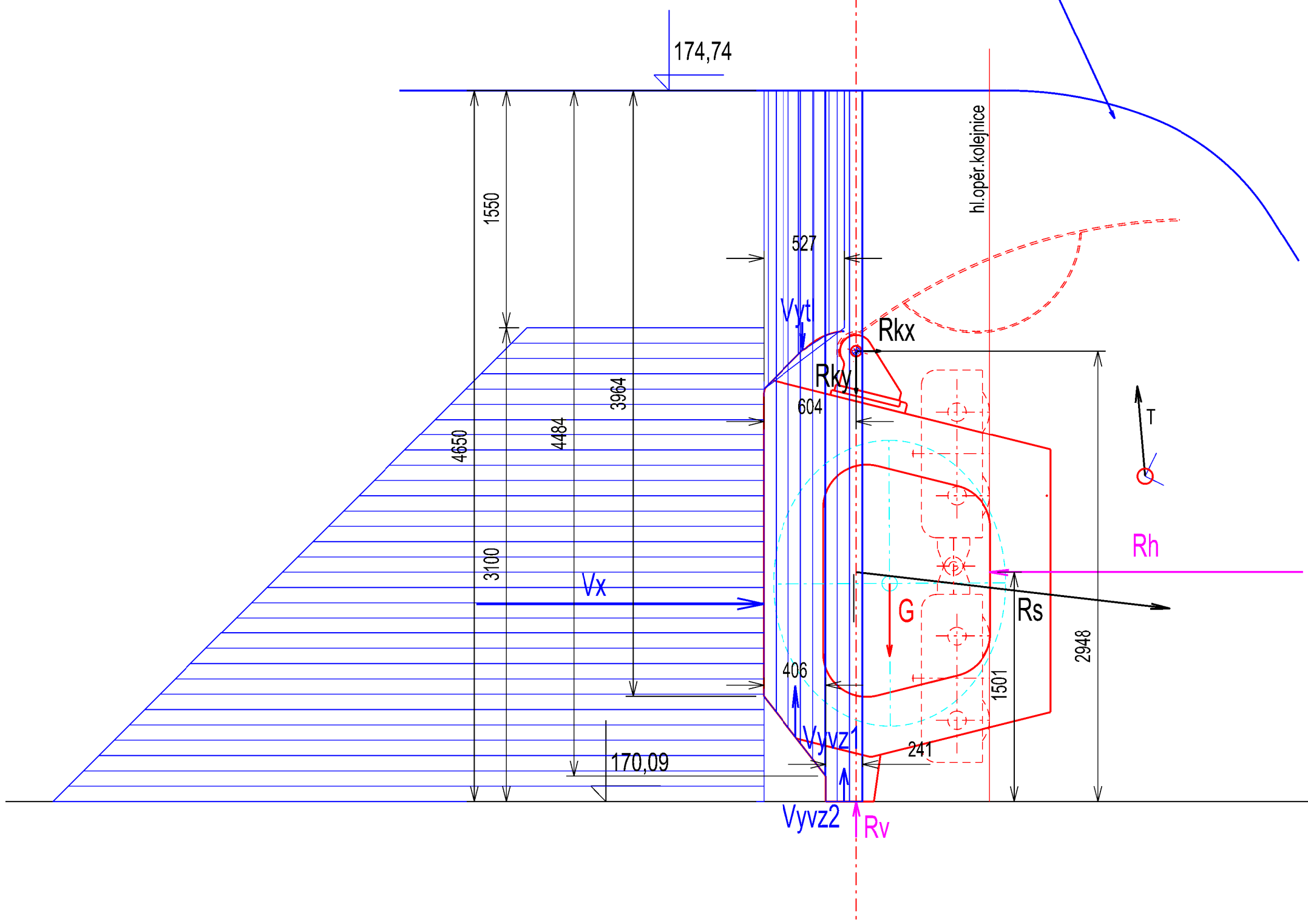
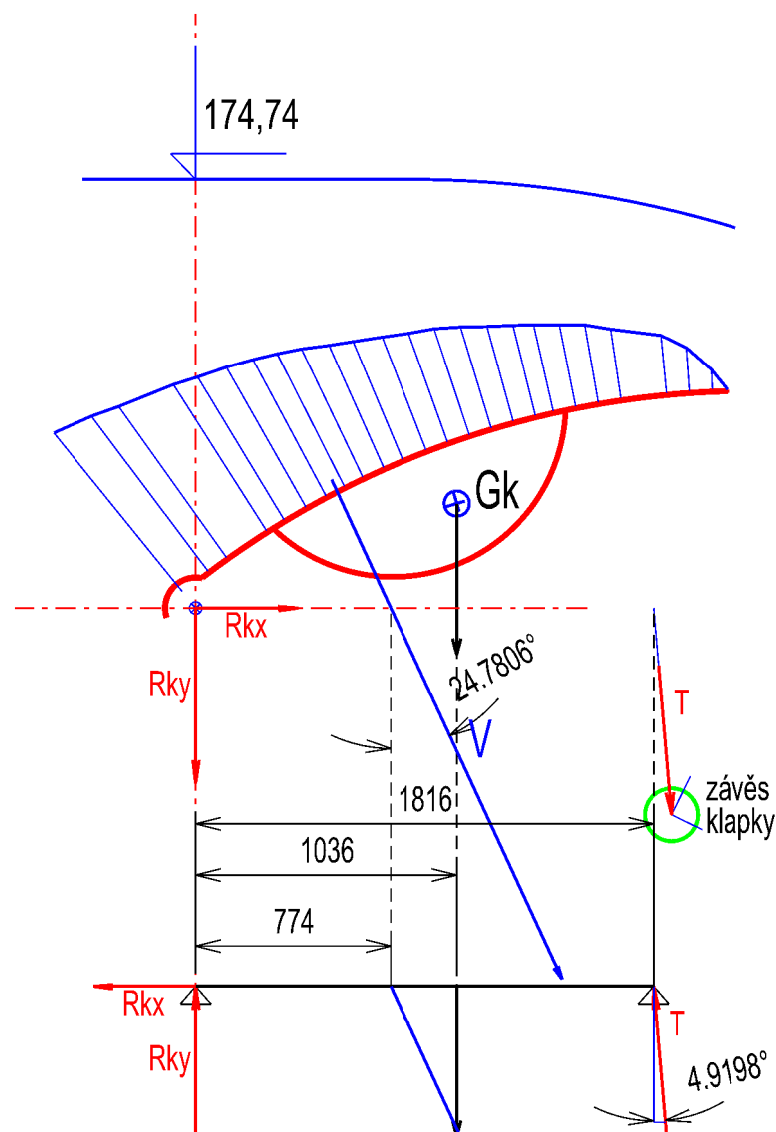
Zatěžovací stav 2. (max. zatížení)

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka vztyčená max.
- hladina na kótě 175,14 m n.m. ($H=5,05$ m)
(prov.hladina+0,2m+0,25m)
- voda přepadá (hydrodynamický tlak)



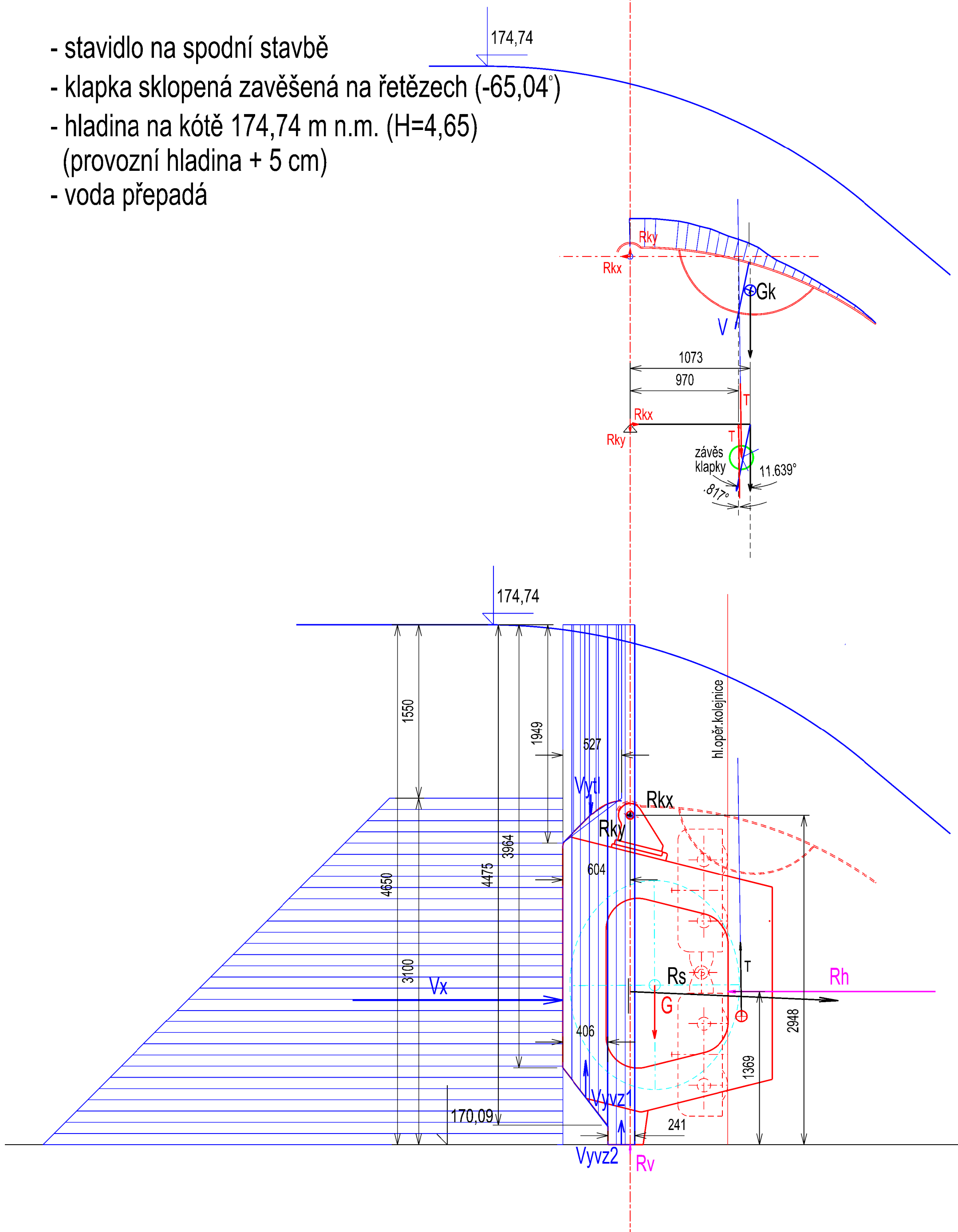
Zatěžovací stav 3.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka v mezipoloze cca 0,2 H (-25,98°)
- hladina na kótě 174,74 m n.m. (H=4,65)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá
- maximální zatížení klapky



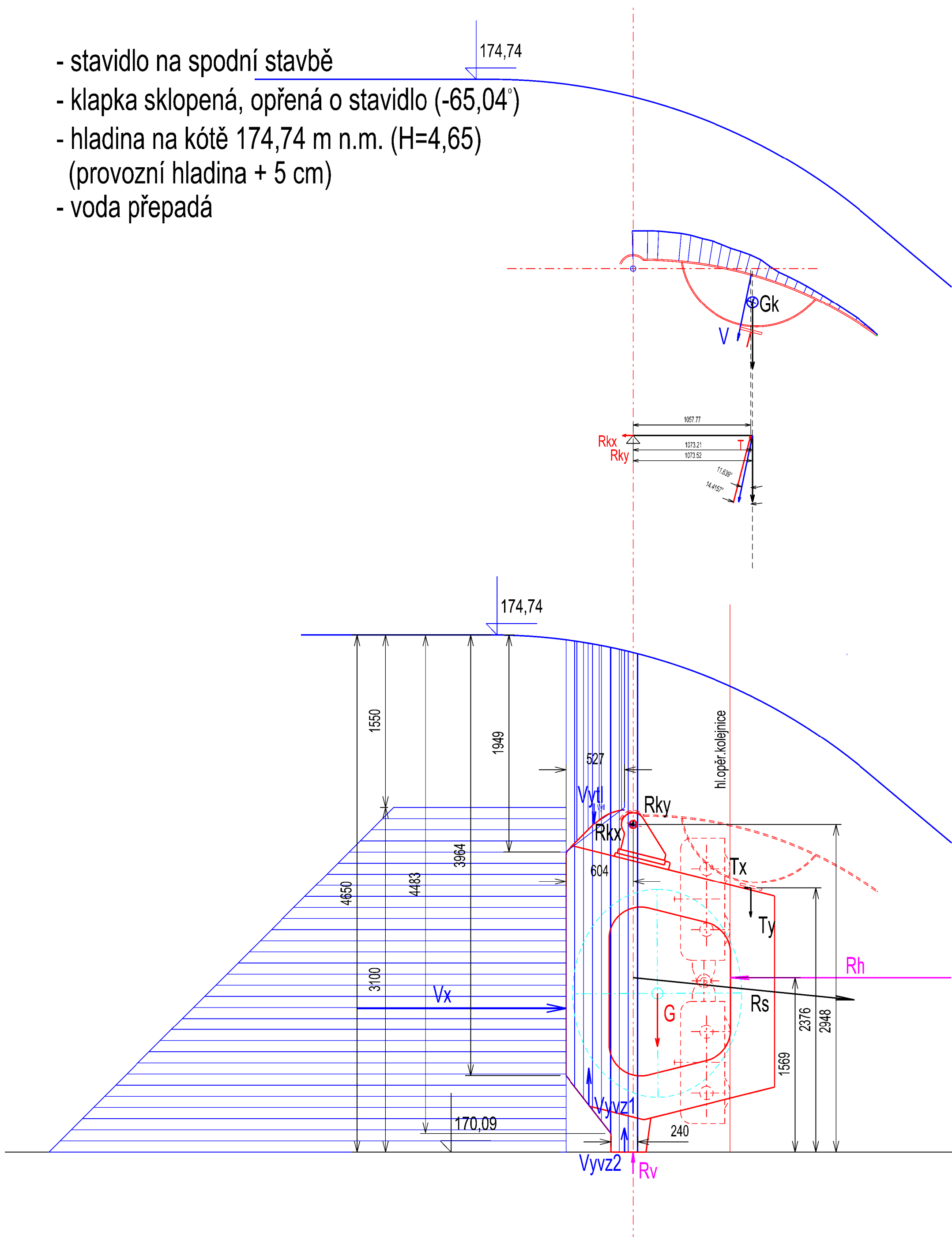
Zatěžovací stav 4.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka sklopená zavěšená na řetězech (-65,04°)
- hladina na kótě 174,74 m n.m. (H=4,65)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá



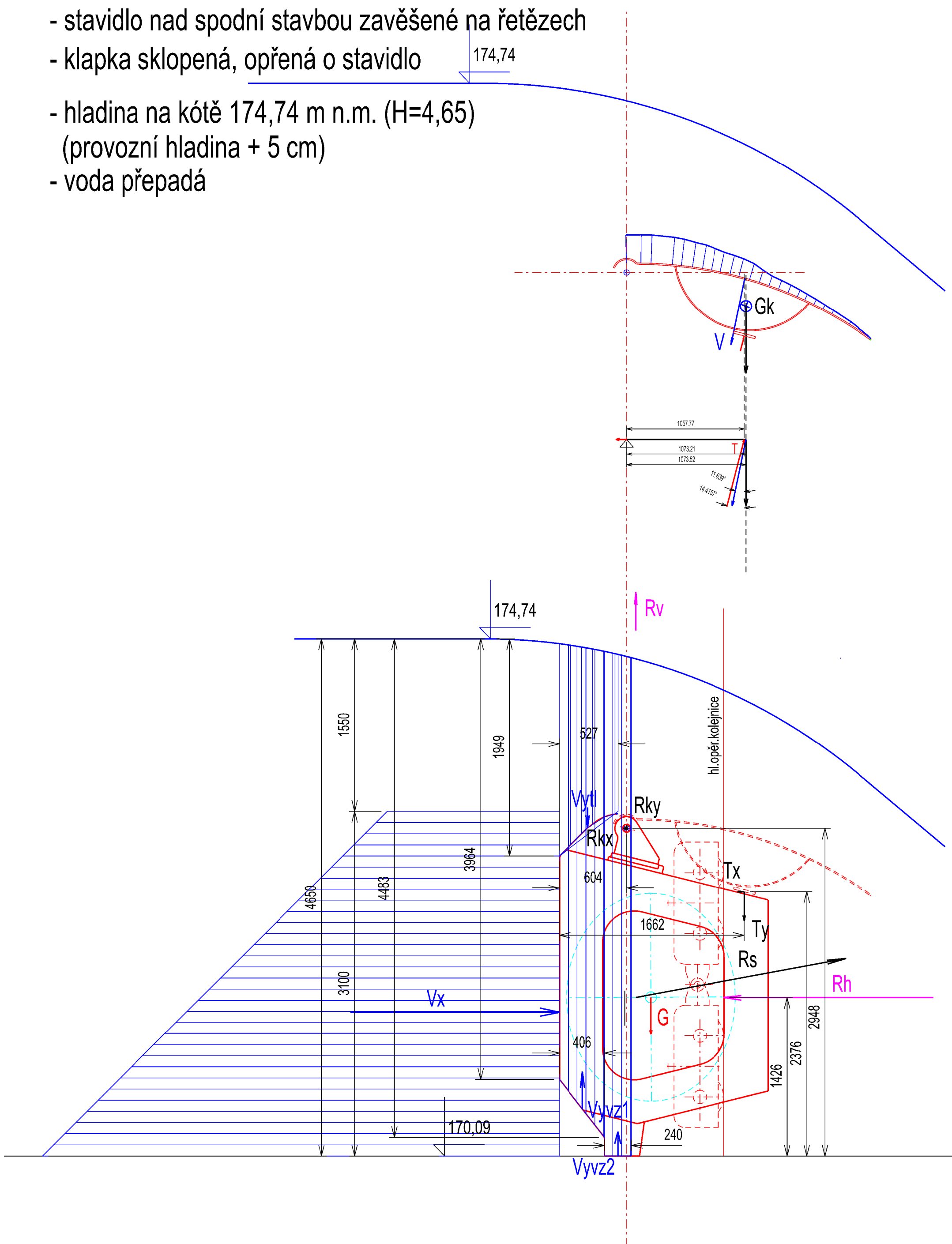
Zatěžovací stav 5.

- stavidlo na spodní stavbě
- klapka sklopená, opřená o stavidlo ($-65,04^\circ$)
- hladina na kótě 174,74 m n.m. ($H=4,65$)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá



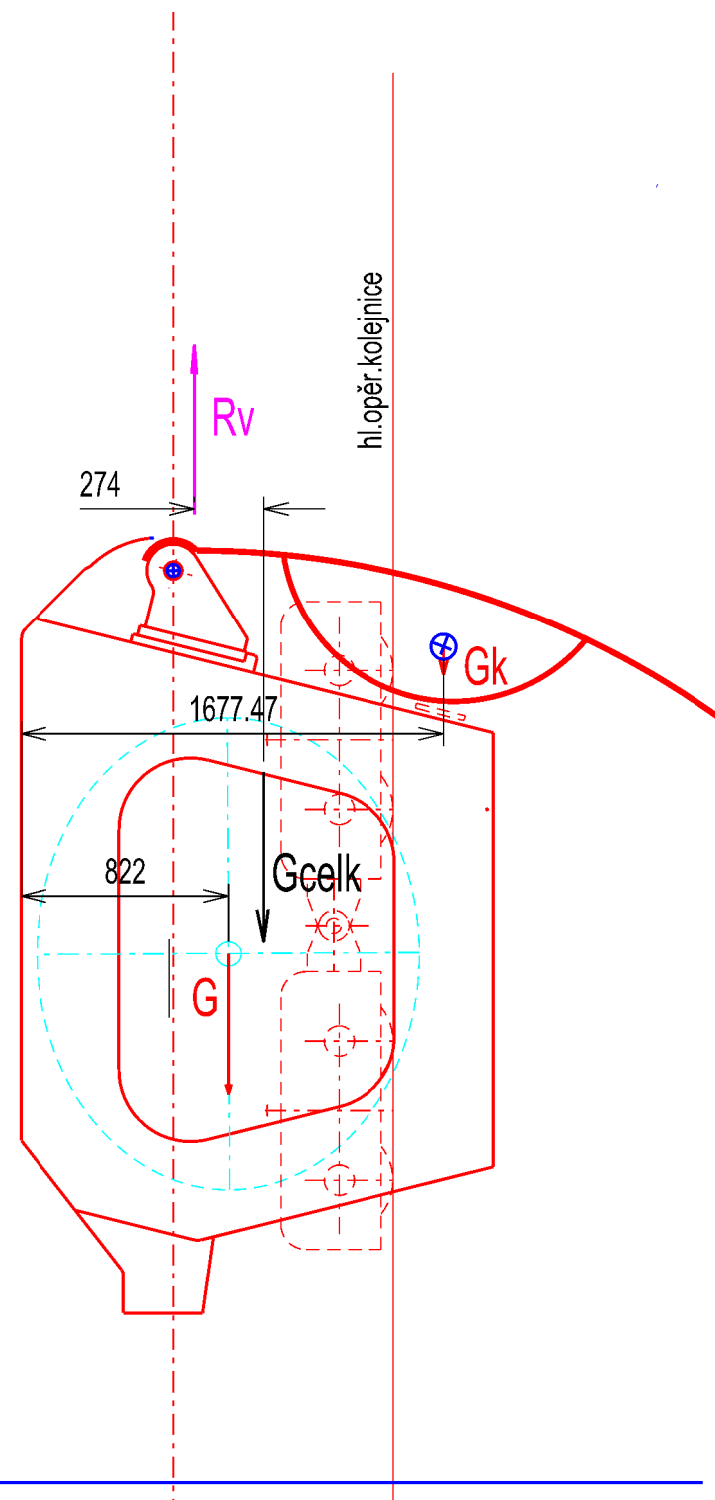
Zatěžovací stav 6.

- stavidlo nad spodní stavbou zavěšené na řetězech
- klapka sklopená, opřená o stavidlo
- hladina na kótě 174,74 m n.m. (H=4,65)
(provozní hladina + 5 cm)
- voda přepadá



Zatěžovací stav 7.

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



B. Posouzení konstrukce

B.1. Výpočet zatížení

B.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

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

B.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 zatížena vlastní vahou a vodním tlakem s tím, že nasazená klapka je nahrazena externími přitížením stavidla působícím v ose otáčení klapky, resp. v profilu dosednutí na dosedací desky klapky. Tato externí zatížení jsou schematizována jako rovnoměrné, nikoliv bodové zatížení nosníku - stavidla.

B.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

B.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:

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

B.1.5. Posouzení

Pro stanovení maximálního napětí v horizontálním i vertikálním směru je zanedbán jak vliv natočení hlavních os setrvačnosti jenž je u navrhovaného profilu pouze 0,3° ale také zatížení od vázaného kroucení s ohledem na výstřednost výslednice zatížení pouze 0,18 m.

B.1.5.1. 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 5,05 m (175,14 m n.m.).

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

l = 25,0 m rozpětí stavidla mezi opěrnými kolejnicemi
 R_x = 124,3 kN/bm horizontální složka výslednice zatížení

$P1, P2 = l \cdot R_x \cdot \frac{1}{2}$
 $P1, P2 = 3\,107,5$ kN reakce v opěrných kolejnicích

$M_{max} = \frac{R_x \cdot l^2}{8}$
 $M_{max} = 9\,710,9$ kNm maximální moment uprostřed rozpětí

Průřezové charakteristiky profilu

A 0,1786 m² plocha příčného řezu
 I_{ty} 0,103 m⁴ Moment setrvačnosti v těžišti k ose y
 e_x 1,053 m vzdálenost
 W_{ely} 0,09777 m³ průřezový modul

$\sigma = \frac{M_{max}}{W_{ely}}$
 $\sigma_{max} = 99,3$ MPa maximální napětí v kritickém profilu

$$\underline{\underline{S_{\max} = 99,3 \text{ MPa} \leq f_s = 174,9 \text{ MPa}}}$$

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 29 mm velikost vodorovné složky průhybu při max. zatížení

Při uvažování hodnoty maximálního průhybu 1/800 rozpětí což činí 31,25 mm je takový průhyb akceptovatelný.

B.1.5.2. Maximální zatížení ve vertikálním směru

Pro vertikální směr vychází největší zatížení při zatěžovacím stavu 7. při kterém je stavidlo zavěšeno na řetězech nad vodou, klapka je sklopená. V případě zatěžovacího stavu 6, kdy je stavidlo zavěšeno na řetězech, ale dosud ponořeno ve vodě je nadlehčováno a výsledná vertikální složka zatížení je menší,

Konstrukce je uvažována jako prostý nosník zatížený pouze vlastní vahou konstrukce působící v jejím těžišti. Podepřena je v osách závěsných gallových řetězů umístěných zhruba v ose těžiště celé konstrukce.

l	=	23,8	m	rozpětí mezi závěsnými řetězy
G	=	28,09	kN/m	zatížení od váhy stavidla
G_k	=	5,56	kN/m	zatížení od váhy klapky
G_{celk}	=	33,65	kN/m	celkové zatížení vl. vahou

$$P1, P2 = G_{\text{celk}} \cdot l \cdot \frac{1}{2}$$

$P1, P2 = 400,4$ kN tah v závěsných řetězech

$$M_{\max} = \frac{g \cdot l^2}{8}$$

$M_{\max} \quad 2\,382,6$ kNm maximální moment uprostřed rozpětí

Průřezové charakteristiky profilu

A	0,1786	m^2	plocha příčného řezu
I_{tx}	0,156	m^4	Moment setrvačnosti v těžišti k ose y
e_{xy}	1,540	m	vzdálenost krajních vláken
W_{elx}	0,10151	m^3	průřezový modul

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

$\sigma_{\max} \quad 23,5$ MPa maximální napětí v kritickém profilu

$$\underline{\underline{S_{\max} = 23,5 \text{ MPa} \leq f_s = 174,9 \text{ MPa}}}$$

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 4,3 mm velikost vertikální složky průhybu při zatížení vlastní
váhou stavidla s nasazenou klapkou**

Při uvažování hodnoty maximálního průhybu 1/800 rozpětí což činí 31,25 mm je tento průhyb minimální.

C. Závěr

Z výše uvedených orientačních výpočtů vyplývá, že hlavní nosník lze s ohledem na posouzení maximálních účinků zatížení ve vztahu k dovoleným napětím za vyhovující. V rámci zpracování podrobné realizační dokumentace však bude nutné posoudit nejen tento hlavní nosník ale také některé konstrukční detaily ve kterých může docházet k nadlimitním koncentracím napětí. Vhodným se jeví použití výpočetního modelu konstrukce založeného na řešení napětí a deformací konstrukce metodou konečných prvků.

Kriteriem pro návrh konstrukce bude v první řadě maximální průhyb konstrukce, která by neměl překročit cca 30 mm uprostřed rozpětí. Druhým kriteriem pro návrh konstrukce bude její únosnost jako celku i jejích jednotlivých součástí s ohledem na použité materiály (ocel).

Zpracoval
Ing Mojmír Dadejík