

LISA 6. ÕHUKESSEINALISE GRAVITATSIOONIMÜÜRI ARVUTUS

1. LÄHTEANDMED

Geomeetrilised andmed

tugimüüri kõrgus	h	5,2 m
täite kõrgus tugimüüri ees	h_t	0,75 m
konstruktiivne tugimüüri esise täite vähendus	k	0,75 m
talla laius	B	3,2 m
varba pikkus	b_1	0,7 m
kanna pikkus	b_2	1,8 m
seina paksus (allosas)	b_3	0,7 m
seina paksus (ülaosas)	b_4	0,5 m
talla paksus (seina juures)	d	0,4 m
talla paksus (servas)	d_1	0,4 m
tugimüüri ristlõikepindala	A_{tm}	3,83 m ²
veetase tugimüüri taga	H_1	1,5 m
veetase tugimüüri ees	H_2	1,5 m
tugimüüri sein kõrgus	h_1	4,8 m
arvutuslik täite kõrgus tugimüüri ees	h_2	0 m
veetasemete vahe	ΔH	0 m
talla kohale jääva pinnasemassiivi ristlõikepindala	A_p	8,64 m ²

Pinnase andmed

Pinnas 1 - täitepinnas tugimüüri taga

normatiivne mahukaal	$\gamma_{1,k}$	20 kN/m ³
normatiivne sisehõõrdenurk	$\varphi'_{1,k}$	35 °
normatiivne nidusus	$c'_{1,k}$	0 kPa

Pinnas 2 - täitepinnas tugimüüri ees

normatiivne mahukaal	$\gamma_{2,k}$	20 kN/m ³
normatiivne sisehõõrdenurk	$\varphi'_{2,k}$	35 °
normatiivne nidusus	$c'_{2,k}$	0 kPa

Pinnas 3 - aluspinnas

normatiivne mahukaal	$\gamma_{3,k}$	20 kN/m ³
normatiivne sisehõõrdenurk	$\varphi'_{3,k}$	35 °

Koormused

muutuvkoormuse normatiivväärtus (sõiduki koormus ca 1 m sügavusel)	Q_k	20 kN/m ²
pidurdusjõud	$P_{b,k}$	46,5 kN/m
vertikaalne koormus sillasambale liiklusest		38,75 kN/m
vertikaalne koormus sillasambale sillateki omakaalust		21,3 kN/m
tugimüüri materjali normatiivne omakaal (raudbetoon)	$G_{rb,k}$	25,0 kN/m ³

Varutegurid

sisehõõrdenurga varutegur	$\gamma_{\varphi'}$	1,0
nidususe varutegur	$\gamma_{c'}$	1,0
dreenimata pinnase nihketugevuse varutegur	γ_{cu}	1,0
alalise omakaalukoormuse osavarutegur (ebasoodne mõju)	$\gamma_{G,dst}$	1,1
muutuvkoormuse osavarutegur (ebasoodne mõju)	$\gamma_{Q,dst}$	1,35
alalise omakaalukoormuse (s.h pinnas) osavarutegur	$\gamma_{G,stb}$	0,9

2. ARVUTUSED

KOORMUSED JA PINGED

arvutuslik pidurdusjõud	$P_{b,d}$	62,775 kN/m
arvutuslik muutuvkoormus	Q_d	27 kN/m ²
arvutuslik vertikaalne koormus liiklusest		52,31 kN/m
arvutuslik vertikaalne koormus sillateki omakaalust		23,43 kN/m
tugimüüri materjali arvutuslik omakaalukoormus	$G_{rb,d}$	27,5 kN/m ³
tugimüüri taguse pinnase arvutuslik nidusus	$c'_{1,d}$	0 kN/m ²
tugimüüri esise pinnase arvutuslik nidusus	$c'_{2,d}$	0 kN/m ²
tugimüüri taguse pinnase arvutuslik mahukaal	$\gamma_{1,d}$	22 kN/m ³
tugimüüri esise pinnase arvutuslik mahukaal (soodne mõju)	$\gamma_{2,d}$	18 kN/m ³
paigalseisusurve tegur	K_0	0,39
pinnase koormuse vertikaalpinge sügavusel $z=h$	σ'_v	114,4 kN/m ²
pinnase koormuse vertikaalpinge sügavusel $z=h1$	σ'_{vh1}	105,60 kN/m ²
pinnase koormuse vertikaalpinge sügavusel $z=0,67h1$	$\sigma'_{v0,67h1}$	70,75 kN/m ²
pinnase koormuse vertikaalpinge sügavusel $z=0,33h1$	$\sigma'_{v0,33h1}$	34,85 kN/m ²
pinnase koormuse vertikaalpinge sügavusel $z=h2$	σ'_{vh2}	0,00 kN/m ²
muutuvkoormuse paigalseisusurve (aktiivsurve sügavusel $z=0$)	$\sigma'_{a,Q}$	10,51 kN/m ²
pinnase paigalseisusurve sügavusel $z=h$	$\sigma'_{a,h}$	44,52 kN/m ²
pinnase paigalseisusurve sügavusel $z=h1$	$\sigma'_{a,h1}$	41,09 kN/m ²
pinnase paigalseisusurve sügavusel $z=0,67h1$	$\sigma'_{a,0,67h1}$	27,53 kN/m ²
pinnase paigalseisusurve sügavusel $z=0,33h1$	$\sigma'_{a,0,33h1}$	13,56 kN/m ²
pinnase passiivsurve sügavusel $z=h2$	σ'_p	0,00 kN/m ²
veesurve sügavusel $z=h-H2$		0,00 kN/m ²

KONTROLL ÜMBERLÜKKELE (EQU)

Ümberlüket põhjustavad jõud

muutuvkoormuse aktiivsurve resultantjõud	$P_{a,1}$	54,63 kN
pinnase koormuse aktiivsurve resultantjõud	$P_{a,2}$	115,74 kN
pidurdusjõud	$P_{b,d}$	62,78 kN
veesurve resultantjõud	P_v	0,00 kN

Ümberlüket takistavad jõud

passiivsurve resultantjõud	P_p	0,00 kN
hõõrdejõud seina ja pinnase vahel	T_a	kN
tugimüüri omakaalukoormuse resultantjõud	P_1	105,33 kN
talla kohale jääva pinnasepinnase omakaalukoormuse resultantjõu	P_2	190,08 kN
vertikaalkoormuse resultantjõud	P_3	75,74 kN

muutuvkoormuse aktiivsurve resultantjõu õlg	$Z_{a,1}$	2,60 m
pinnase koormuse aktiivsurve resultantjõu õlg	$Z_{a,2}$	1,73 m
pidurdusjõu õlg	Z_b	4,68 m
vertikaalkoormuse resultantjõu õlg	$Z_{v,k}$	0,825 m
veesurve resultantjõu õlg	Z_v	0,75 m
passiivsurve resultantjõu õlg	Z_p	0,00 m
hõõrdejõu õlg	Z_t	3,20 m
tugimüüri omakaalukoormuse resultantjõu õlg	Z_1	1,99 m
talla kohale jääva pinnasepinnase omakaalukoormuse resultantjõu	Z_2	2,300 m

Ümberlükke kontroll

$$P_{a,1}z_{a,1} + P_{a,2}z_{a,2} + P_v z_v \leq P_1 z_1 + P_2 z_2 + P_p z_p$$

1,11

636,46

<
OK

709,27

KONTROLL LIHKELE TALLA PINNAS (EQU)

omakaalukoormuse aktiivsurve resultantjõu õlg talla keskpunkti suhtes	$z_{1.tk}$	0,40 m
pinnase koormuse aktiivsurve resultantjõu õlg talla keskpunkti suhtes	$z_{2.tk}$	0,62 m
vertikaalkoormuse resultantjõu õlg talla keskpunkti suhtes	$z_{3.tk}$	0,775 m
muutuvkoormuse resultantjõud	P_q	48,60 kN
kõigi jõudude moment talla keskpunkti suhtes	M	295,52 kNm
kõigi tugimüürile mõjuvate vertikaalkomponentide summa	V	419,75 kN
vertikaaljõu ektssentrilisus talla lühema külje suunas	e_B	0,70 m

1 jm talla arvutuslik pindala	A'	1,79 m ²
aluspinna sisehõordenurga arvutusväärtus	$\varphi'_{3,d}$	35 °
aluspinna dreenuvate nihketugevuse arvutusväärtus	$c_{3,u,d}$	0,00 kPa
jaotusvundamendi kandevõime osavarutegur lihele	γ_R	1,2
hõordenurk pinnase ja talla vahel	δ_d	35 °
talla tasapinnas mõjuv arvutuskooormus	H_d	233,15 kN
tallaga risti mõjuv arvutuskooormus	V_d	419,75 kN
lihet takistav jõud dreenuvates tingimustes (arv. lihekindlus)	R_d	244,93
lihet takistav jõud (passiivsurve)	$R_{p,d}$	0,00

Lihkekindluse kontroll (dreenuvates tingimustes)

$$H_d \leq R_d + R_{p,d}$$

233,15

<
OK

244,93

SISEJÕUD (STR)

Ekstsentrilisus

ekstsentrilisuse tingimuse kontroll

e

0,70

>

1/6B

0,53

Surve taldmiku all ($e < 1/6B$)

tallale mõjuva reaktiivsurve maksimumväärtus	σ_{max}	304,33 kN/m ²
tallale mõjuva reaktiivsurve miinimumväärtus	σ_{min}	-41,99 kN/m ²
tallale mõjuva reaktiivsurve väärtus lõikes 1-1	σ_{b1}	228,57 kN/m ²
tallale mõjuva reaktiivsurve väärtus lõikes 2-2	σ_{b2}	109,53 kN/m ²
talla eesmise osa (varba) reaktiivsurve resultantjõud	F_1	186,52 kN
talla tagumise osa (kanna) reaktiivsurve resultantjõud	F_2	60,79 kN
kannale mõjuva reaktiivsurve resultantjõu õlg	x_2	0,90 m

Surve taldmiku all ($e > 1/6B$)

surveepüüri kolmnurkse osa pikkus
tallale mõjuva reaktiivsurve maksimumväärtus
tallale mõjuva reaktiivsurve väärtus lõikes 1-1
tallale mõjuva reaktiivsurve väärtus lõikes 2-2
talla eesmise osa (varba) reaktiivsurve resultantjõud
talla tagumise osa (kanna) reaktiivsurve resultantjõud
kannale mõjuva reaktiivsurve resultantjõu õlg

B'	2,688 m
σ_{\max}	312,33 kN/m ²
σ_{b1}	230,99 kN/m ²
σ_{b2}	109,53 kN/m ²
F_1	190,16 kN
F_2	70,53 kN
x_2	0,43 m

talla eesmise osa (varba) reaktiivsurve resultantjõud
talla tagumise osa (kanna) reaktiivsurve resultantjõud
varbale mõjuva reaktiivsurve resultantjõu õlg
kannale mõjuva reaktiivsurve resultantjõu õlg

F_1	190,16 kN
F_2	70,53 kN
x_1	0,35 m
x_2	0,43 m

Paindemomendid

arvutuslik paindemoment lõikes 1-1 (varvas)
arvutuslik paindemoment lõikes 2-2 (kand)
arvutuslik paindemoment lõikes 3-3 (sein)
arvutuslik paindemoment lõikes 4-4 (sein 1/3 kõrguselt)
arvutuslik paindemoment lõikes 5-5 (sein 2/3 kõrguselt)

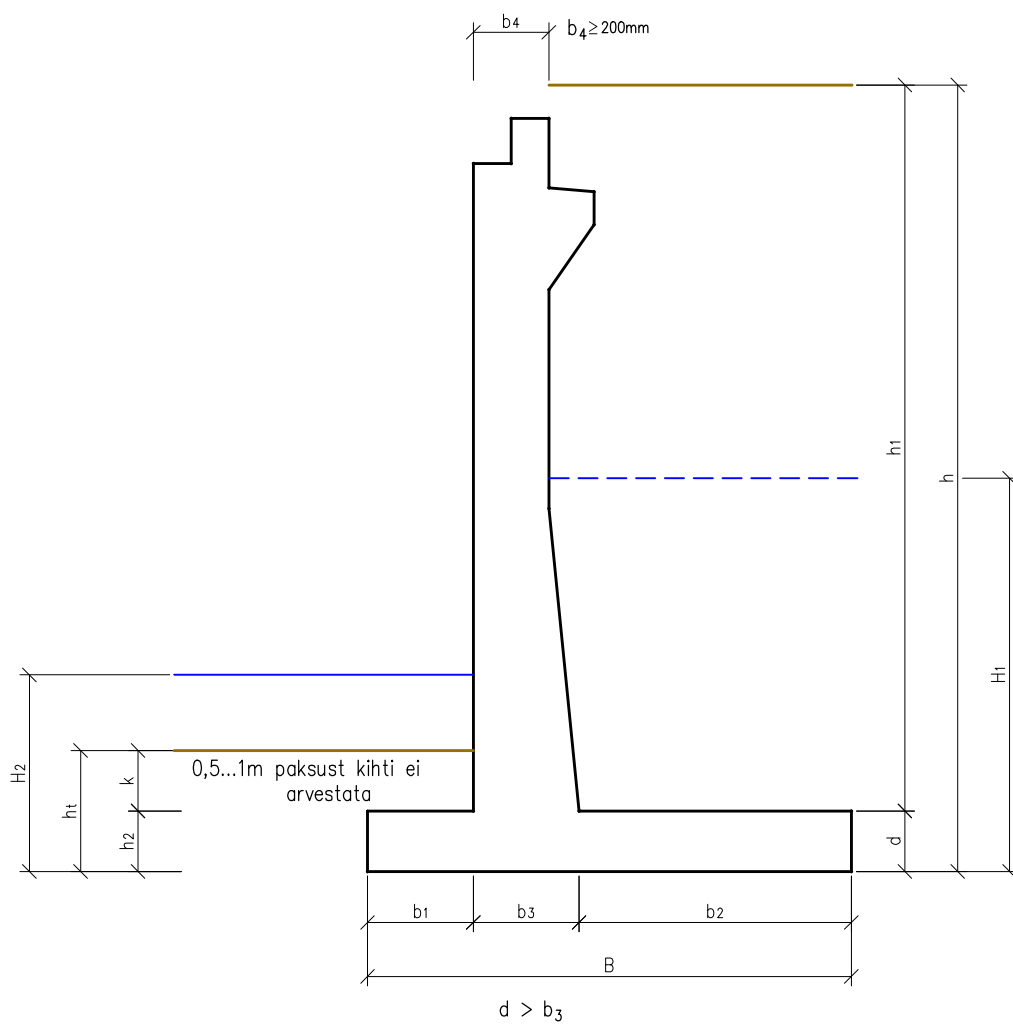
M_{1-1}	66,56 kNm
M_{2-2}	30,28 kNm
M_{3-3}	278,83 kNm
M_{4-4}	151,93 kNm
M_{5-5}	57,13 kNm

Põikjõud

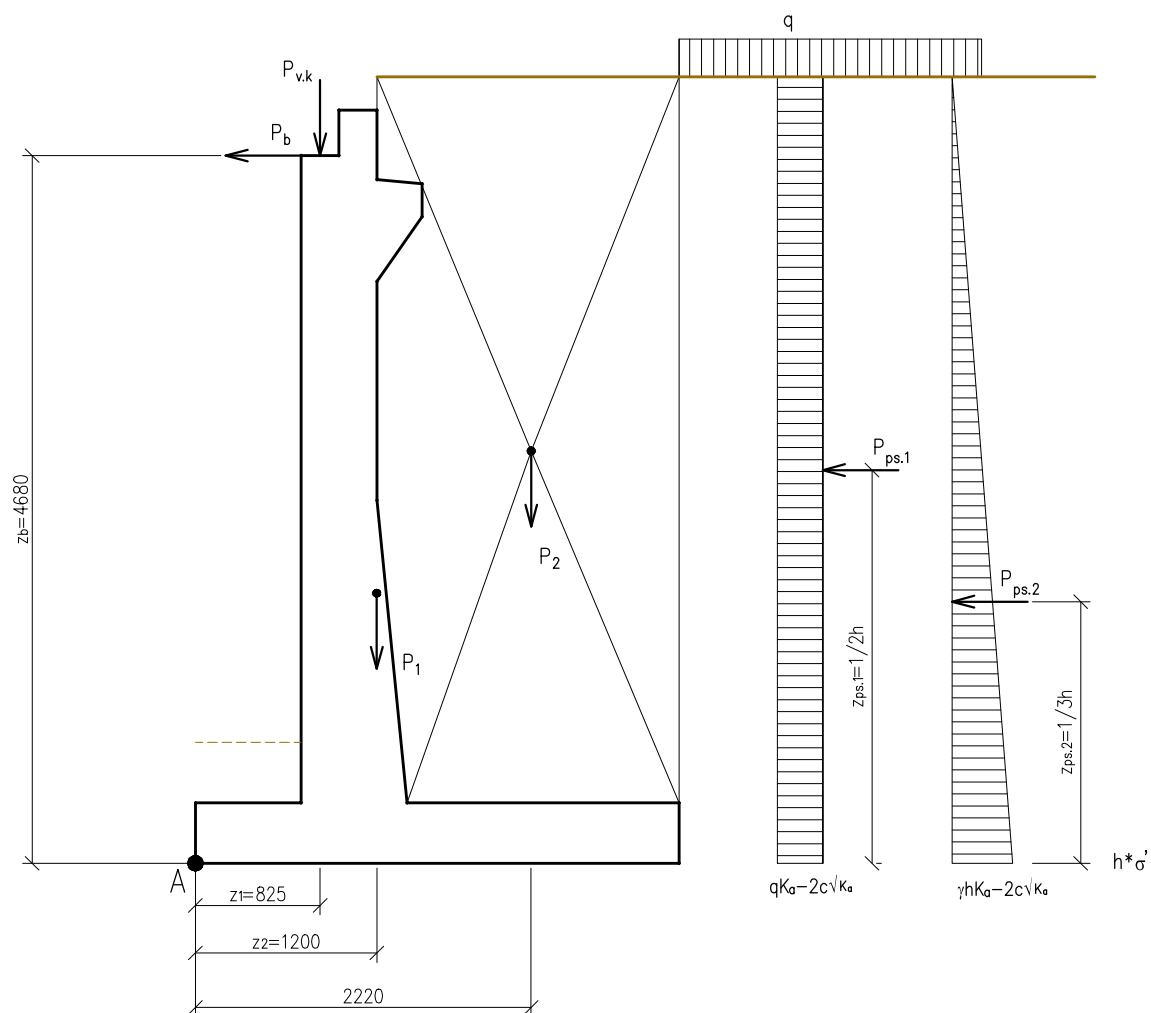
arvutuslik põikjõud lõikes 1-1 (varvas)
arvutuslik põikjõud lõikes 2-2 (kand)
arvutuslik põikjõud lõikes 3-3 (sein)
arvutuslik põikjõud lõikes 4-4 (sein 1/3 kõrguselt)
arvutuslik põikjõud lõikes 5-5 (sein 2/3 kõrguselt)

$V_{Sd,1-1}$	190,16 kN
$V_{Sd,2-2}$	70,53 kN
$V_{Sd,3-3}$	149,05 kN
$V_{Sd,4-4}$	78,06 kN
$V_{Sd,5-5}$	27,38 kN

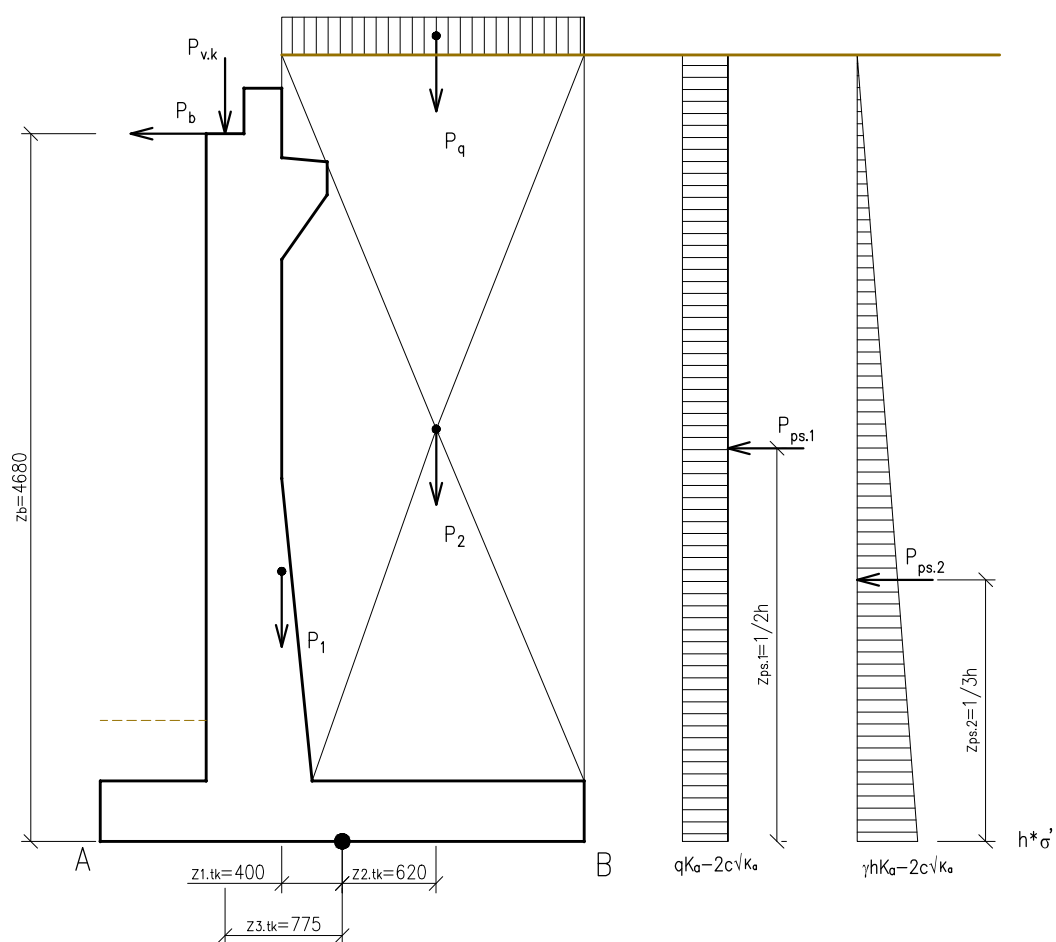
Tugiseina geomeetrilised tähistused



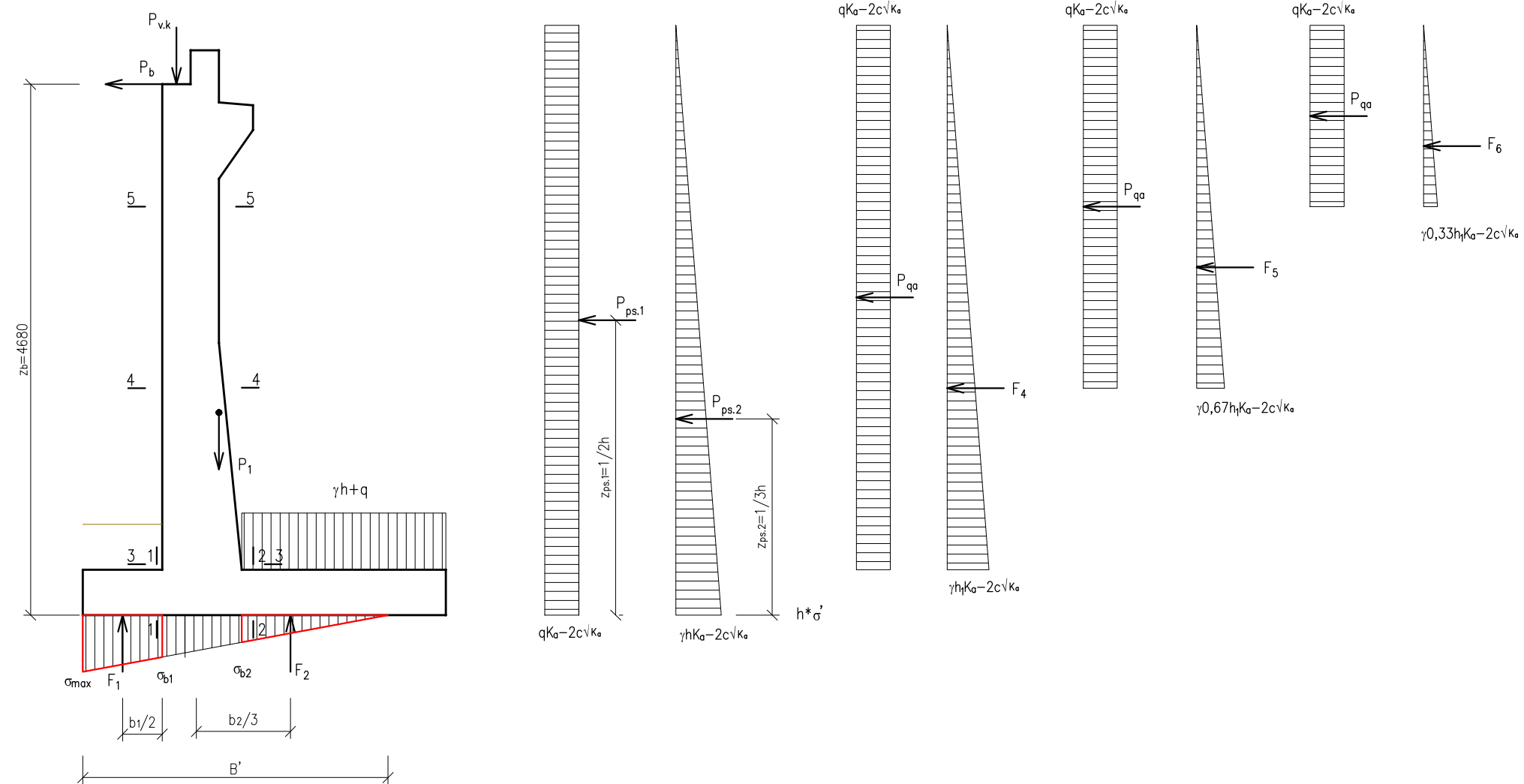
Tugiseinale mõjuvad jõud - kontroll ümberlükkele

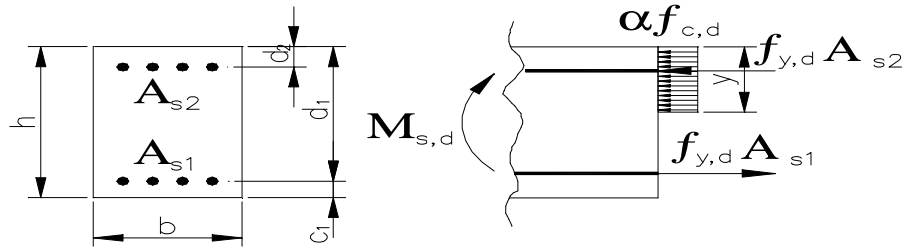


Tugiseinale mõjuvad jõud - kontroll lihkele



Tugiseinale mõjuvate koormuste epüürid





Tõmbe- ja survearmatuuri dimensioneerimine paindel *

*ristkülikuline ristlõige

Algandmed:

Ristlõige

b=	1000 mm
h=	400 mm
d ₁ =	344 mm
d ₂ =	56 mm

Armatuur

Teras klass	A(B) 500 ▼
f _{yk} =	500 MPa
f _{yd} =	435 MPa
f _{yed} =	400 MPa
μ _c =	0,372
ω _c =	0,495

Betoon

Klass	C 30/37 ▼
f _{ck} =	30 MPa
f _{cd} =	20 MPa

Jõud

M _{Sd} =	67,00 kNm
-------------------	-----------

Tulemused:

μ=	0,033
ω=	0,034

Vajalik armatuuri pindala

A _{s2} =	0 mm ²
A _{s1} =	456 mm ²

Valik

<u>A_{s1}</u>	5	Ø 12	▼ A _s =	565 mm ²	Samm	200mm
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A _{s1} =	565 mm ²		
<u>A_{s2}</u>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
<input type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A _{s2} =	0 mm ²		

Kontroll:

ω =	0,042	
μ =	0,041	
M_{Rd} =	82,77 kNm	124%

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{yc}}$$

$$f_{yed} = f_{yd}$$

$$f_{yed} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{\alpha f_{cd} b d_1^2}$$

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\mu \leq \mu_c \Rightarrow$$

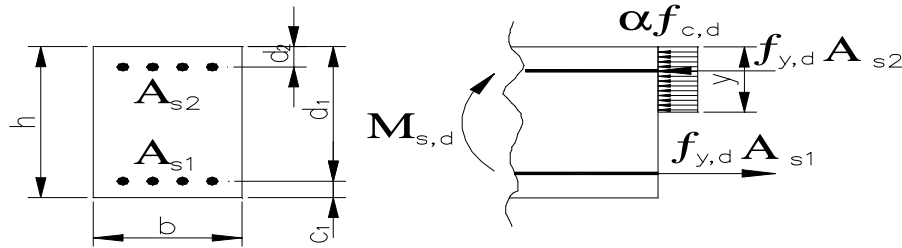
$$A_{s2} = 0$$

$$A_{s1} = \frac{\omega \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}}$$

$$\mu > \mu_c \Rightarrow$$

$$A_{s2} = \frac{M_{sd} - \mu_c \alpha f_{cd} b d_1^2}{f_{yed} (d_1 - d_2)}$$

$$A_{s1} = \frac{\omega_c \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}} + \frac{f_{yed}}{f_{yd}} A_{s2}$$



Tõmbe- ja survearmatuuri dimensioneerimine paindel *

*ristkülikuline ristlõige

Algandmed:

Ristlõige

b=	1000 mm
h=	400 mm
d ₁ =	344 mm
d ₂ =	56 mm

Armatuur

Teras klass	A(B) 500 ▼
f _{yk} =	500 MPa
f _{yd} =	435 MPa
f _{yed} =	400 MPa
μ _c =	0,372
ω _c =	0,495

Betoon

Klass	C 30/37 ▼
f _{ck} =	30 MPa
f _{cd} =	20 MPa

Jõud

M _{Sd} =	30,00 kNm
-------------------	-----------

Tulemused:

μ=	0,015
ω=	0,015

Vajalik armatuuri pindala

A _{s2} =	0 mm ²
A _{s1} =	202 mm ²

Valik

<u>A_{s1}</u>	2	Ø 12	▼ A _s =	226 mm ²	Samm	500mm
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A _{s1} =	226 mm ²		
<u>A_{s2}</u>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
<input type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A _{s2} =	0 mm ²		

Kontroll:

$\omega=$	0,017	
$\mu=$	0,017	
$M_{Rd}=$	33,53 kNm	112%

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{yc}}$$

$$f_{yed} = f_{yd}$$

$$f_{yed} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{\alpha f_{cd} b d_1^2}$$

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\mu \leq \mu_c \Rightarrow$$

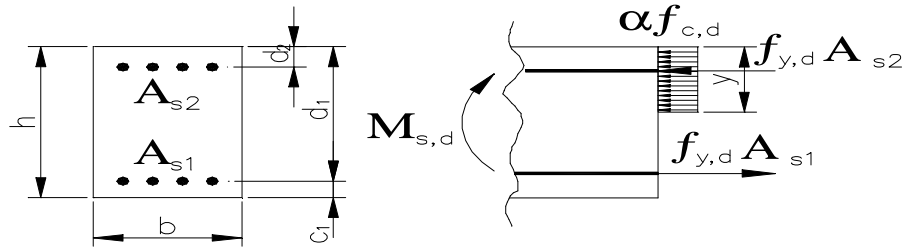
$$A_{s2} = 0$$

$$A_{s1} = \frac{\omega \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}}$$

$$\mu > \mu_c \Rightarrow$$

$$A_{s2} = \frac{M_{sd} - \mu_c \alpha f_{cd} b d_1^2}{f_{yed} (d_1 - d_2)}$$

$$A_{s1} = \frac{\omega_c \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}} + \frac{f_{yed}}{f_{yd}} A_{s2}$$



Tõmbe- ja survearmatuuri dimensioneerimine paindel *

*ristkülikuline ristlõige

Algandmed:

Ristlõige

b=	1000 mm
h=	700 mm
d ₁ =	642 mm
d ₂ =	56 mm

Armatuur

Teras klass	A(B) 500 ▼
f _{yk} =	500 MPa
f _{yd} =	435 MPa
f _{yed} =	400 MPa
μ _c =	0,372
ω _c =	0,495

Betoon

Klass	C 30/37 ▼
f _{ck} =	30 MPa
f _{cd} =	20 MPa

Jõud

M _{Sd} =	279,00 kNm
-------------------	------------

Tulemused:

μ=	0,040
ω=	0,041

Vajalik armatuuri pindala

A _{s2} =	0 mm ²
A _{s1} =	1020 mm ²

Valik

<u>A_{s1}</u>	6	Ø 16	▼ A _s =	1206 mm ²	Samm	166mm
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A_{s1}=	1206 mm²		
<u>A_{s2}</u>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
<input type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A_{s2}=	0 mm²		

Kontroll:

ω =	0,048	
μ =	0,047	
M_{Rd} =	328,71 kNm	118%

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{yc}}$$

$$f_{yed} = f_{yd}$$

$$f_{yed} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{\alpha f_{cd} b d_1^2}$$

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\mu \leq \mu_c \Rightarrow$$

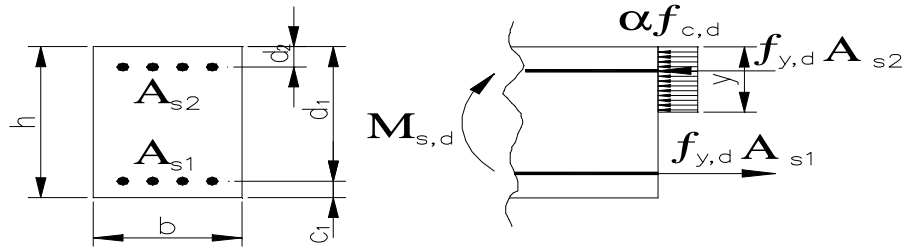
$$A_{s2} = 0$$

$$A_{s1} = \frac{\omega \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}}$$

$$\mu > \mu_c \Rightarrow$$

$$A_{s2} = \frac{M_{sd} - \mu_c \alpha f_{cd} b d_1^2}{f_{yed} (d_1 - d_2)}$$

$$A_{s1} = \frac{\omega_c \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}} + \frac{f_{yed}}{f_{yd}} A_{s2}$$



Tõmbe- ja survearmatuuri dimensioneerimine paindel *

*ristkülikuline ristlõige

Algandmed:

Ristlõige

b=	1000 mm
h=	500 mm
d ₁ =	444 mm
d ₂ =	56 mm

Armatuur

Teras klass	A(B) 500 ▼
f _{yk} =	500 MPa
f _{yd} =	435 MPa
f _{yed} =	400 MPa
μ _c =	0,372
ω _c =	0,495

Betoon

Klass	C 30/37 ▼
f _{ck} =	30 MPa
f _{cd} =	20 MPa

Jõud

M _{Sd} =	152,00 kNm
-------------------	------------

Tulemused:

μ=	0,045
ω=	0,046

Vajalik armatuuri pindala

A _{s2} =	0 mm ²
A _{s1} =	806 mm ²

Valik

<u>A_{s1}</u>	5	Ø 16	▼ A _s =	1005 mm ²	Samm	200mm
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A_{s1}=	1005 mm²		
<u>A_{s2}</u>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
<input type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A_{s2}=	0 mm²		

Kontroll:

ω =	0,058	
μ =	0,056	
M_{Rd} =	188,48 kNm	124%

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{yc}}$$

$$f_{yed} = f_{yd}$$

$$f_{yed} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{\alpha f_{cd} b d_1^2}$$

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\mu \leq \mu_c \Rightarrow$$

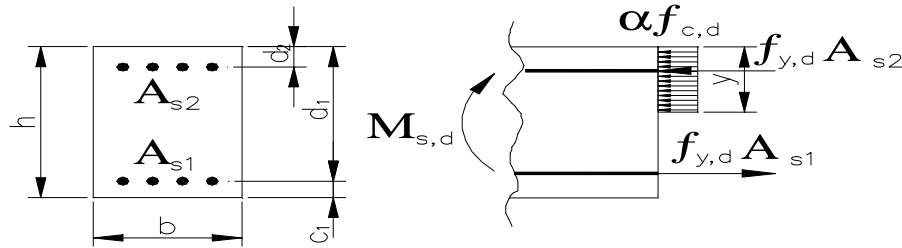
$$A_{s2} = 0$$

$$A_{s1} = \frac{\omega \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}}$$

$$\mu > \mu_c \Rightarrow$$

$$A_{s2} = \frac{M_{sd} - \mu_c \alpha f_{cd} b d_1^2}{f_{yed} (d_1 - d_2)}$$

$$A_{s1} = \frac{\omega_c \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}} + \frac{f_{yed}}{f_{yd}} A_{s2}$$



Tõmbe- ja survearmatuuri dimensioneerimine paindel *

*ristkülikuline ristlõige

Algandmed:

Ristlõige

b=	1000 mm
h=	500 mm
d ₁ =	444 mm
d ₂ =	56 mm

Armatuur

Teras klass	A(B) 500 ▼
f _{yk} =	500 MPa
f _{yd} =	435 MPa
f _{yed} =	400 MPa
μ _c =	0,372
ω _c =	0,495

Betoon

Klass	C 30/37 ▼
f _{ck} =	30 MPa
f _{cd} =	20 MPa

Jõud

M _{Sd} =	57,00 kNm
-------------------	-----------

Tulemused:

μ=	0,017
ω=	0,017

Vajalik armatuuri pindala

A _{s2} =	0 mm ²
A _{s1} =	298 mm ²

Valik

<u>A_{s1}</u>	3	Ø 12	▼ A _s =	339 mm ²	Samm	333mm
<input checked="" type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A _{s1} =	339 mm ²		
<u>A_{s2}</u>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
<input type="checkbox"/>	0	Ø 12	▼ A _s =	0 mm ²		
		Kokku	A _{s2} =	0 mm ²		

Kontroll:

$\omega=$	0,020	
$\mu=$	0,019	
$M_{Rd}=$	64,83 kNm	114%

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_{yc}}$$

$$f_{yed} = f_{yd}$$

$$f_{yed} \leq 400 \text{ MPa}$$

$$\mu = \frac{M_{sd}}{\alpha f_{cd} b d_1^2}$$

$$\omega = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$\mu \leq \mu_c \Rightarrow$$

$$A_{s2} = 0$$

$$A_{s1} = \frac{\omega \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}}$$

$$\mu > \mu_c \Rightarrow$$

$$A_{s2} = \frac{M_{sd} - \mu_c \alpha f_{cd} b d_1^2}{f_{yed} (d_1 - d_2)}$$

$$A_{s1} = \frac{\omega_c \alpha f_{cd} b d_1}{f_{yd}} + \frac{f_{yed}}{f_{yd}} A_{s2}$$