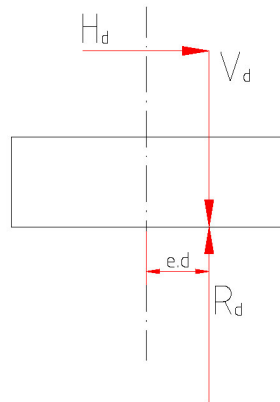

KALLIONVARAINEN PERUSTUS

Tuomas Kaira
Ins.tsto Pontek Oy

MITOITUSTAPA DA2

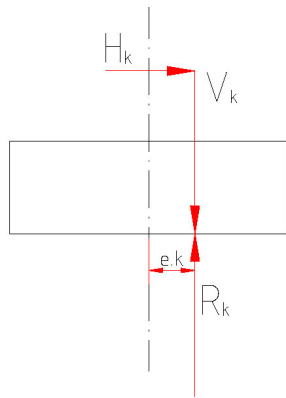
MITOITUSTAPA DA2



- Lasketaan pystykuorman resultantin paikka murtorajatilán STR/GEO yhdistelmán mukaan
- Lasketaan murtorajatilán STR/GEO yhdistelmán mukaisen pystykuorman aiheuttama kolmion muotoinen pohjapainejakauma
- Katsotaan ettei reuna-/nurkkajännitys ylitä kallion geoteknisen kantavuuden mitoitusarvoa

MITOITUSTAPA DA2*

MITOITUSTAPA DA2*



- Lasketaan pystykuorman resultantin paikka käyttörajan ominaisyhdistelmän mukaan
- Lasketaan murtorajan STR/GEO yhdistelmän mukaisen pystykuorman aiheuttama kolmion muotoinen pohjapainejakauma
- Katsotaan ettei reuna-/nurkkajännitys ylitä kallion geoteknisen kantavuuden mitoitusarvoa

DA2* JA DA2

MITOITUSTAPOJEN EROT

- Pienillä silloilla mitoitustapojen ero on merkityksetön
- Isojen siltojen välituilla vaakakuormien ollessa suuria, mitoitustapa DA2 johtaa suurempiin peruslaattoihin
- KÄYTETÄÄN MITOITUSTAPAA DA2*

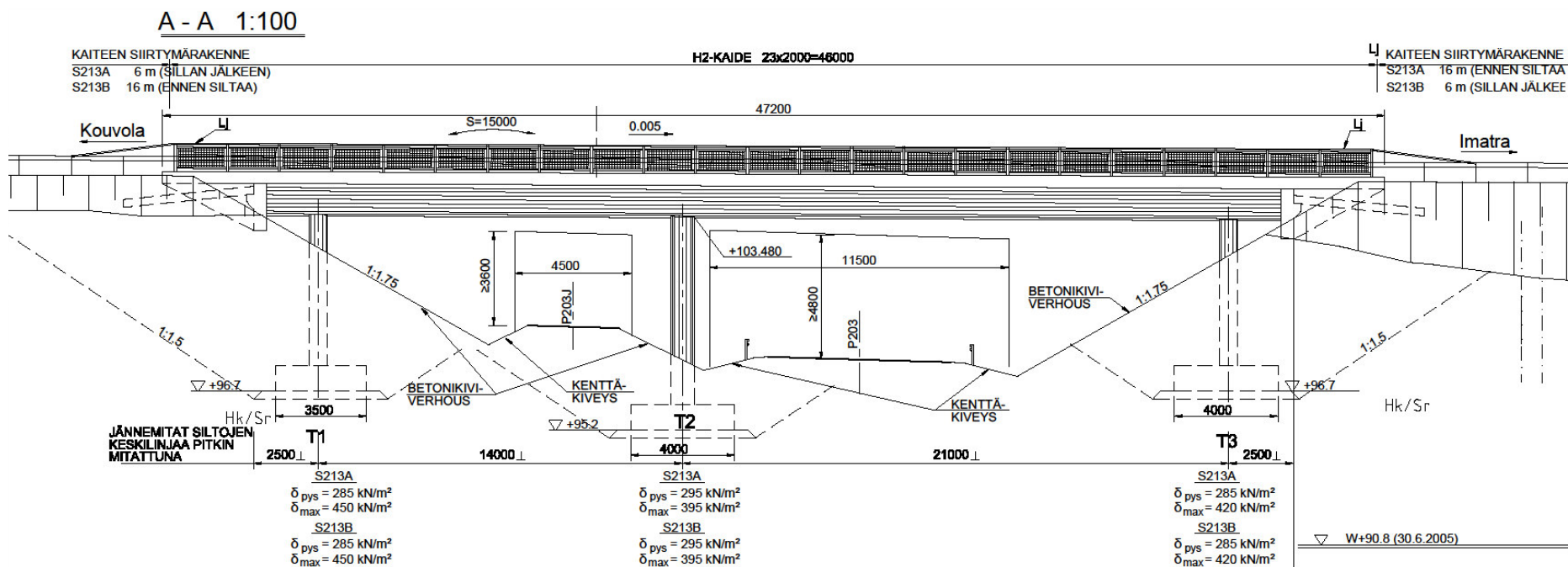
KAATUMISVARMUUS

- Kaatumisvarmuustarkastelu suoritetaan EQU murtorajatilayhdistelmälle
- Rakenteen kaatuminen voidaan olettaa tapahtuvan rakenteen peruslaatan etureunan ympäri
- Jos käytetään mitoitustapaa DA2 kaatumisvarmuus ei yleensä ole määräävä
- Mitoitustavalla DA2* kaatumisvarmuus on usein mitoittava

LASKENTAESIMERKKI

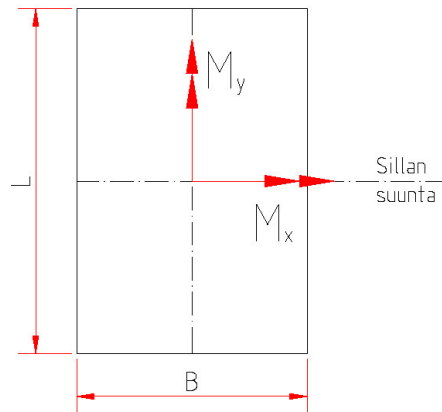
JÄNHIÄLÄN RISTEYSSILTA

- JM (2,50) + 14,0 + 21,0 + (2,50) m
- HL 13,5 m + 13,5 m
- Tarkastellaan välitukea T2, perustamistapana kallionvarainen perustus



KUORMITUKSET

VOIMASUUREET PERUSLAATAN ALAPINNASSA



Käyttörajan ominaisyhdistelmä

KRT (Max)	F_x^+	209	9	3730	-89	657	1
KRT (Max)	F_y^+	84	95	3470	-410	224	-2
KRT (Max)	F_z^+	69	-26	5000	75	191	0
KRT (Max)	M_x^+	33	-102	3950	439	72	2
KRT (Max)	M_y^+	199	2	3690	-63	684	1
KRT (Max)	M_z^+	60	-10	2380	65	140	12
KRT (Min)	F_x^-	-81	-30	2730	171	-369	-12
KRT (Min)	F_y^-	33	-102	3950	439	72	2
KRT (Min)	F_z^-	62	-6	1910	35	159	0
KRT (Min)	M_x^-	77	95	3430	-411	197	-2
KRT (Min)	M_y^-	-74	-29	2580	171	-391	-12
KRT (Min)	M_z^-	-74	-29	2580	171	-391	-12

Murtorajan STR/GEO yhdistelmä

MRT (Max)	F_x^+	267	14	4510	-136	847	2
MRT (Max)	F_y^+	103	130	4160	-568	278	-2
MRT (Max)	F_z^+	66	-48	6370	171	190	-1
MRT (Max)	M_x^+	19	-143	4040	620	24	3
MRT (Max)	M_y^+	255	5	4430	-101	880	2
MRT (Max)	M_z^+	53	-17	1970	105	115	15
MRT (Min)	F_x^-	-130	-44	2390	248	-556	-16
MRT (Min)	F_y^-	19	-143	4040	620	24	3
MRT (Min)	F_z^-	59	-11	1320	61	148	0
MRT (Min)	M_x^-	93	130	4120	-570	242	-3
MRT (Min)	M_y^-	-122	-43	2210	247	-581	-16
MRT (Min)	M_z^-	-122	-43	2210	247	-581	-16

KUORMITUKSET

LOPULLISET KUORMITUSYHDISTELYT

- Lopulliseen yhdistelyyn otettu huomioon anturan omapaino sekä anturan päällä olevan maan massa
- Anturan paksuus 1 m ja maata päällä 2 m

JÄNNITYKSET

- Tässä esimerkissä peruslaatan ollessa kokonaan puristettu lasketaan suurin jännitys kaavalla

$$\sigma = \frac{R}{A} + \frac{R \cdot e_x}{W_x} + \frac{R \cdot e_y}{W_y}$$

JÄNNITYKSET DA2

R.max	Mxmax	Mymax	R.min
q.antura 36	q.antura 36	q.antura 36	q.antura 36
q.maa 61	q.maa 61	q.maa 61	q.maa 61
6370	4040	4430	1320
R = 6482	R = 4128	R = 4518	R = 1408
H.x = 66	H.x = 19	H.x = 255	H.x = 59
M.y = 190	M.y = 24	M.y = 880	M.y = 148
H.y = -48	H.y = -143	H.y = 5	H.y = -11
M.x = 171	M.x = 620	M.x = -101	M.x = 61

B	L
1.207	1.207

Murtorajatilan mukaiset voimasuureet

Kallion geotekninen kantavuus

Kantokestävyyden osavarmuusluku

σ.sall 10	σ.sall 10	σ.sall 10	σ.sall 10
γ.R;v 1.55	γ.R;v 1.55	γ.R;v 1.55	γ.R;v 1.55
W.x 0.293	W.x 0.293	W.x 0.293	W.x 0.293
W.y 0.293	W.y 0.293	W.y 0.293	W.y 0.293
A 1.457	A 1.457	A 1.457	A 1.457
e.x 0.03	e.x 0.01	e.x 0.19	e.x 0.11
e.y 0.03	e.y 0.15	e.y 0.02	e.y 0.04
σ.max 5.681	σ.max 5.031	σ.max 6.448	σ.max 1.680
σ.min 3.218	σ.min 0.636	σ.min -0.246	σ.min 0.253

Pystykuorman resultantin epäkeskeisyydet

Suurin jännitys

Sallittu jännitys kalliolle

σ.sall.d 6.452	σ.sall.d 6.452	σ.sall.d 6.452	σ.sall.d 6.452
sall/max 1.136	sall/max 1.282	sall/max 1.000	sall/max 3.841

JÄNNITYKSET DA2*

R.max	Mxmax	Mymax	R.min
q.antura 35	q.antura 35	q.antura 35	q.antura 35
q.maa 59	q.maa 59	q.maa 59	q.maa 59
5000	3950	3690	1910
R = 5094	R = 4044	R = 3784	R = 2004
H.x = 69	H.x = 33	H.x = 199	H.x = 62
M.y = 191	M.y = 75	M.y = 684	M.y = 159
H.y = -26	H.y = -102	H.y = 2	H.y = -6
M.x = 75	M.x = 439	M.x = -63	M.x = 35

B	L
1.184	1.184

← Käyttörajan ominaisyhdistelmän mukaiset voimasuureet

R.max	Mxmax	Mymax	R.min
q.antura 35	q.antura 35	q.antura 35	q.antura 35
q.maa 59	q.maa 59	q.maa 59	q.maa 59
6370	4040	4430	1320
R = 6478	R = 4125	R = 4515	R = 1405

← Murtorajan mukainen pystykuorma

← Kallion geotekninen kantavuus

← Kantokestävyyden osavarmuusluku

σ.sall 10	σ.sall 10	σ.sall 10	σ.sall 10
γ.R;v 1.55	γ.R;v 1.55	γ.R;v 1.55	γ.R;v 1.55
W.x 0.277	W.x 0.277	W.x 0.277	W.x 0.277
W.y 0.277	W.y 0.277	W.y 0.277	W.y 0.277
A 1.402	A 1.402	A 1.402	A 1.402
e.x 0.04	e.x 0.02	e.x 0.18	e.x 0.08
e.y 0.01	e.y 0.11	e.y 0.02	e.y 0.02
σ.max 5.844	σ.max 4.837	σ.max 6.442	σ.max 1.493
σ.min 3.398	σ.min 1.047	σ.min -0.001	σ.min 0.510

← Pystykuorman resultantin epäkeskeisyydet

← Suurin jännitys

← Sallittu jännitys kalliolle

σ.sall.d 6.452	σ.sall.d 6.452	σ.sall.d 6.452	σ.sall.d 6.452
sall/max 1.104	sall/max 1.334	sall/max 1.001	sall/max 4.320

KAATUMISVARMUUS

Nykyisillä ohjeilla mitoittaessa kallionvaraisen perustuksen mitoittaa yleensä kaatumisvarmuus.

Eurokoodin mukaan mitoittaessa kaatumisvarmuus lasketaan murtorajatilassa (EQU) ja varmuuden kaatumista vastaan tulee olla vähintään 1.

Kaatumisvarmuuden ollessa 1, pystykuorman resultantti sijaitsee sillä linjalla minkä ympäri kaatumisen oletetaan tapahtuvan, yleensä peruslaatan reuna. Kun käytetään mitoitusapua DA2 ja käytössä on lähes samat kuormat, perustuksen puristettu pinta-ala on lähellä nollaa ja puristusjännitys lähellä ääretöntä.

Käytettäessä mitoitusapua DA2* kuorman epäkeskeisyys ei ole niin suuri kuin EQU yhdistelmällä, joten kaatumisvarmuus saattaa tulla määrääväksi.

	Leveys B	
kuormat	DA2*	KV
1x	1.164	0.396
2x	1.392	0.788
3x	1.640	1.170
5x	2.160	1.894
10x	3.383	3.426

← Suurilla vaakakuormilla kaatumisvarmuus voi olla määräävä

YHTEENVETO

- Kyseessä olevalla pienellä sillalla mitoitustavoilla DA2 ja DA2* ei ole juurikaan eroa lopputuloksen kannalta.
- Mitoitustavasta riippumatta kaatumisvarmuus ei mitoiteta, sillä vaakakuormat ovat suhteellisen pienet.
- Jos murtorajatilayhdistelyn vaakakuormat moninkertaistetaan, tulee kaatumisvarmuus määrääväksi mitoitustavalla DA2*.

- →Lasketaan toinen esimerkki

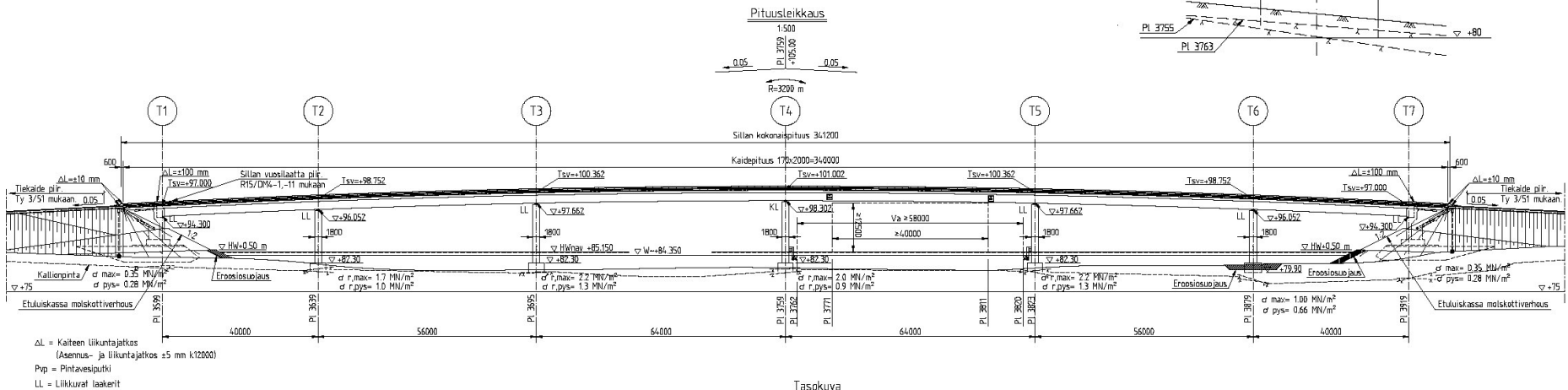
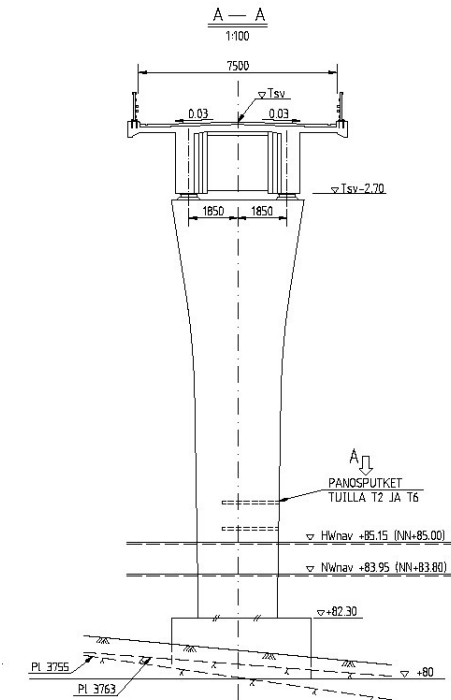
ESIMERKKI 2

Toisessa esimerkissä tarkastellaan Mönnin sillan kallionvaraista välitukea.

JM 40 + 56 + 64 + 64 + 56 + 40 m

HL 7,5 m

Kyseessä oleva silta on huomattavasti edellistä suurempi ja sen välituet korkeampia. Vaakakuormien kasvaessa erot mitoitustapojen DA2 ja DA2* välillä kasvavat.



Tasokuva

KUORMITUKSET

Yksinkertaistetaan tilanne niin, että otetaan huomioon vain määrävien kuormien pystykomponentit sekä sillan suuntaiset momentit.

Ensimmäisessä taulukossa on esitetty voimasuureet (yksiköt MN ja MNm), osavarmuusluvut (γ) ja yhdistelykertoimet (ψ). Jälkimmäisessä on määrävä kuormitusyhdistelmä sekä murto- että käyttörajatilassa.

Kuormat	R	My	MRT		KRT ominaisyhd	
			γ	ψ	γ	ψ
Pysyvät kuormat	10.80		0.9	1	1	1
Liikennekuorma R.max	2.33					
R.min	-0.38		1.35	0.6	1	0.6
Laakerikitka		8.2	1.5	1	1	1
Jääkuorma sillan suuntaan		1.81	1.5	0.7	1	0.7

Arvio tavallisen arvon kertoimesta

$$\approx (0,75 + 0,4)/2$$

M.max + R.min.vast	R	My
MRT	9.412	14.201
KRT ominaisyhdistelmä	10.572	9.467

e.x

1.51

0.90

Epäkeskeisyys on huomattavasti suurempi murtorajatilassa

LASKENTA

Alla on laskettu pienimmät mahdolliset neliön muotoisen peruslaatan sivumitat mitoitustavoilla DA2 ja DA2*

Jännitys on laskettu kaavalla $\sigma_{\max} = \frac{2 \cdot R}{L \cdot x}$ missä $x = 3 \cdot \left(\frac{B}{2} - e_x \right)$

DA2	B	3.564	m
	L	3.564	m
	x	0.820	m
	σ_{\max}	6.443	MN/m ²

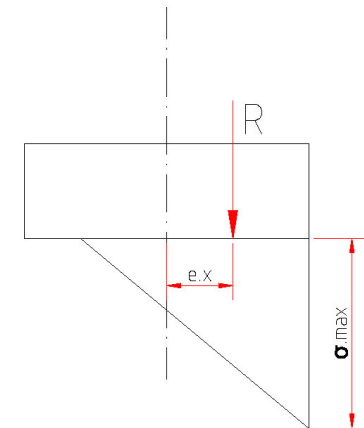
DA2*	B	2.553	m
	L	2.553	m
	x	1.143	m
	σ_{\max}	6.451	MN/m ²

Kallion kantavuus	10	MN/m ²
$\gamma \cdot R; \nu$	1.55	
σ_{sall}	6.452	MN/m ²

Seuraavassa on laskettu peruslaatan mitat kaatumisvarmuuden peruslaatan etureunan ympäri ollessa 1

$$M_{\text{stab}} = \frac{B}{2} \cdot R$$

Kaatumisvarmuus	B	L
	3.018	3.018
M.kaat		14.201
M.stab		14.203



VERTAILU

Alla on vertailtu pienimpiä mahdollisia peruslaatan mittoja mitoitustavoilla DA2 ja DA2* sekä otettu mukaan kaatumisvarmuustarkastelu (KV).

Kaatumisvarmuus on otettu nollassa, sillä se on nyt mitoitettava. Mitoitustapa DA2* antaisi ilman kaatumisvarmuustarkastelua 28 % pienemmän peruslaatan.

Mitoitustavalla DA2 kaatumisvarmuus ei olisi määräävä ja peruslaatan koko kasvaisi 39 % suuremmaksi mitä kaatumisvarmuustarkastelu edellyttää.

	DA2	DA2*	KV
B	3.564	2.553	3.018
A	12.702	6.518	9.108
ΔA%	39	-28	0